

Menos focos más estrellas, en busca del cielo perdido

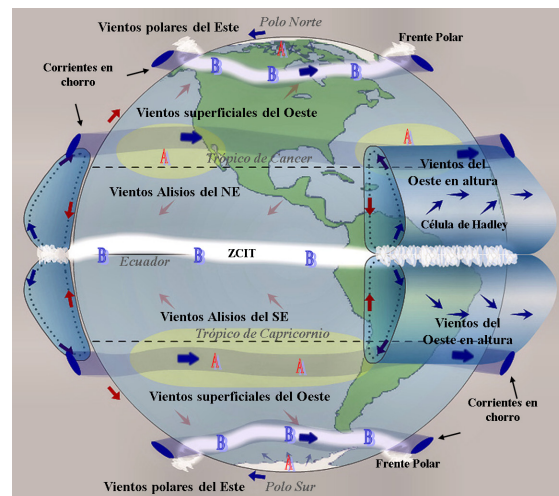
Cómo se mide y se incrementa la transparencia del cielo

UNA DE LAS MÁS IMPORTANTES ACTIVIDADES del hombre en su ascenso a la cultura ha sido la contemplación del cielo, y ha estudiado la posición y el movimiento de los astros inclusive antes de hacerse sedentario. No obstante, tuvieron que pasar cientos de miles de años, hasta 1609, cuando Galileo Galilei construyó su primer telescopio refractor y comenzó develar los secretos que entrañan los objetos brillantes del cielo nocturno; a partir de entonces la astronomía y la tecnología convergieron para desarrollar una instrumentación cada vez más especializada.

Isaac Newton, en 1668, diseñó y construyó el primer telescopio reflector. Entre otras cosas lo utilizó para confirmar su experimento en un laboratorio cerrado, de la descomposición de la luz del Sol en los colores del arcoíris. En aquél tiempo resultaba complicado fabricar espejos cóncavos, así que sólo se hacían telescopios refractores con lentes cada vez más grandes. Sin embargo, entre más grande eran las lentes del telescopio su fabricación se hacía más complicada, y más aún su manejo. El telescopio refractor más grande que primero se construyó fue en París en el año 1900, tenía una lente de 1.25 metros de diámetro y una distancia focal de 57 metros; su manejo era tan complicado que sólo llegó a utilizarse como exhibición, desmantelándose más tarde. Actualmente en el Observatorio Yerkes de Wisconsin, **EUA**, aún se sigue operando un telescopio refractor de 19.4 metros de distancia focal, con una lente de 1.02 metros de diámetro.

Conforme evolucionó la astronomía se requirieron mejores instrumentos, también se desmolvó la idea de hacer telescopios reflectores, pues su manejo es más amable que el de los telescopios refractores. Se fue logrando perfeccionar los espejos cada vez más grandes. Aun así, aparecieron otro tipo de dificultades al observar el cielo nocturno,

ahora debido a la atmósfera terrestre. Al tiempo que se comprendía mejor el comportamiento de la luz y sus características, se buscaba la forma de solucionar los inconvenientes a los que los astrónomos se enfrentan al hacer sus observaciones. La Luz, como cualquiera onda electromagnética, tiene diversas propiedades que se manifiestan principalmente al cambiar el medio de su propagación; dependiendo del medio la luz se refleja, se refracta, se dispersa, también es absorbida y difractada; por tanto, la luz proveniente de las estrellas, al penetrar la atmósfera terrestre es afectada por los gases de los que está constituida, de manera que, cuando llega la luz estelar a los telescopios, ya ha perdido parte de su luminosidad, su brillantez y padecido otras alteraciones. La atmósfera de la Tierra, y las propiedades de la luz mencionadas dan lugar a una serie de variables y parámetros que deben considerarse cuando se va a construir un observatorio astronómico. El principal de ellos es el sitio de observación estelar, deben considerarse variables atmosféricas como la humedad, densidad, nubo-



sidad, temperaturas y el viento. Asimismo, la inclinación del eje de rotación de la Tierra, que da origen a las estaciones del año, también ocasiona importantes variaciones en el clima, lo que da lugar a las variaciones atmosféricas. El Sol, al calentar los gases que componen la atmósfera, genera movimientos de convección en el aire; de la misma forma al calentar el agua de los océanos genera el vapor de agua que se convertirá en nubosidad; estos fenómenos viento y nubosidad, generan patrones en su movimiento y variaciones en el clima; gracias a estos patrones de viento y humedad se forma una franja conocida como "cinturón de calma" que se encuentra alrededor de los 30 grados de latitud norte y sur, la que es aprovechada para buscar los sitios más apropiados en donde construir observatorios astronómicos.

Los parámetros que se generan por las variables antes mencionadas son:

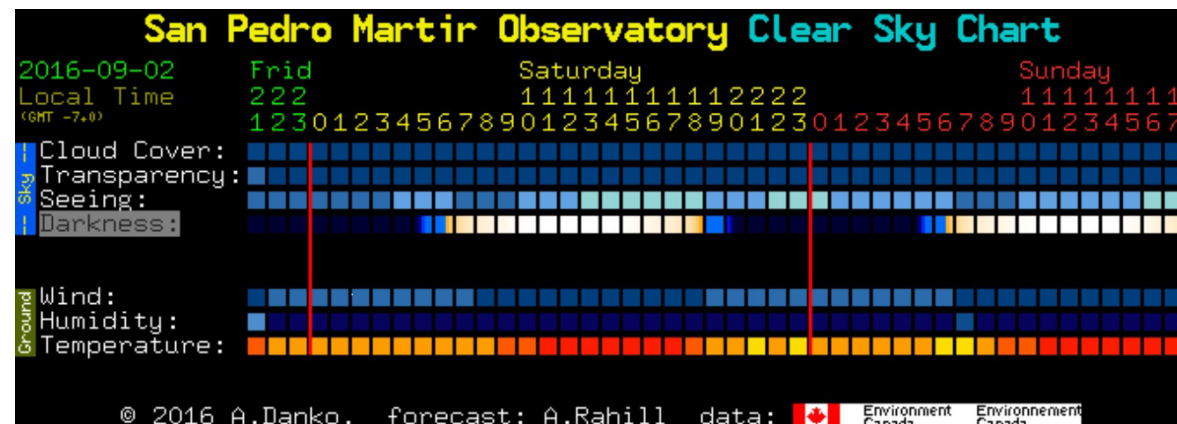
- **Transparencia del cielo:** se refiere a la claridad del cielo y se mide como la capacidad de observación de astros débiles según su brillantez o magnitud. Los factores que afectan la transparencia del cielo son: el vapor de agua o nubosidad y las partículas suspendidas como polvo, polen, humos industriales y vehiculares o sea la contaminación ambiental en general.
- **Obscuridad:** se refiere a la cantidad de luz natural o artificial presente en el sitio de observación. Hay dos tipos de factores que afectan la obscuridad del sitio de observación, los naturales como el Sol y la luna, y los artificiales como la contaminación lumínica, que es la cantidad de luz artificial presente en los centros urbanos.
- **Extinción:** se refiere a la absorción de luz que los astros, incluyendo el Sol, la luna y los pla-

netas, sufren al momento de pasar o atravesar diferentes medios como aire, agua, etc. Entre más largo sea el camino que recorre la luz, en este caso la atmósfera de la Tierra, mayor será la disminución de luz o la afectación en el color de la estrella; esta afectación en el color la podemos ver en el Sol al amanecer o en el ocaso, la luz del Sol cambia de blanco a rojo pasando por amarillo y naranja conforme el astro desciende hacia el horizonte.

- **Seeing o distorsión de la imagen:** se refiere a la estabilidad del aire, entre más turbulencias haya menos estable será la imagen del objeto observado; el centelleo de las estrellas es debido a este efecto de la atmósfera terrestre; además, entre más grande sea un telescopio mayor será la distorsión de imagen. Los factores que hacen variar o incrementan este parámetro son la temperatura y el viento.

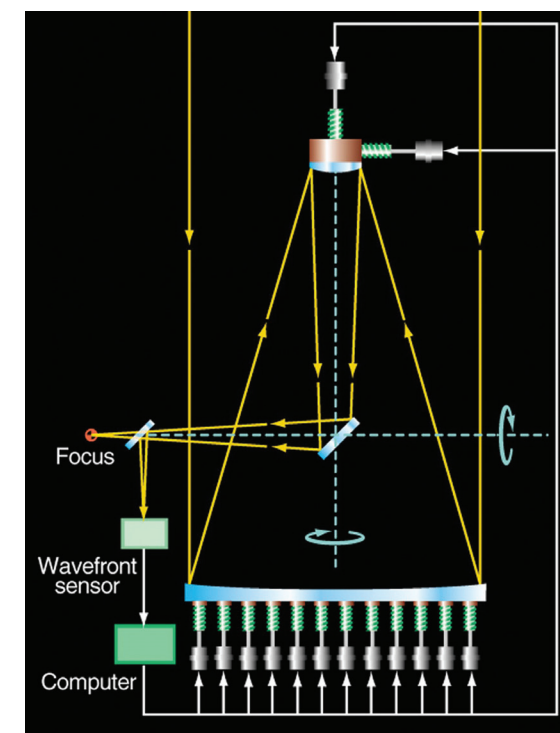
En el caso de la "Transparencia del cielo" y la "Obscuridad", los investigadores poco pueden hacer para evitarlas. Lo único es solicitar que se legisle para detener el aumento la contaminación lumínica y, de ser posible, se disminuya la cantidad de partículas contaminantes que diariamente se arrojan a la atmósfera.

Contra la "Extinción" de la luz de las estrellas al atravesar la atmosfera terrestre, tampoco es posible evitarla. Sin embargo, lo que los investigadores hacen en su trabajo es obtener mediciones de la magnitud o brillantez de estrellas estándar (estrellas bien conocidas) que se encuentren cerca del astro a estudiar. Estas mediciones se realizan a lo largo de la noche de observación para así obtener una extinción de referencia, que servirá para comparar con las mediciones obtenidas de las estrellas programadas para su estudio y de esta forma obtener los datos requeridos.

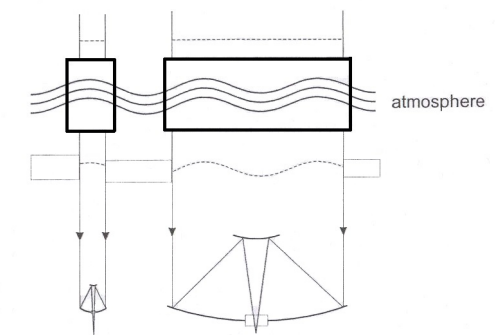


Por otro lado, para compensar el *Seeing* también es muy interesante lo que hacen los astrónomos. Desde el siglo XIX ya se tenía conciencia de este fenómeno. No obstante, las propuestas para solucionarlo tardaron en llegar. En los años 40 del siglo pasado se pensó como solución disponer observatorios fuera de la atmósfera terrestre. El diseño del *Telescopio Espacial Hubble*, de 2.4 metros de diámetro, se hizo entre los años 70's y 80's colocándolo en órbita hasta 1990. Los resultados de este proyecto han sido magníficos, sobre todo porque no solo se evitó el *Seeing*, sino que además se evitaron todos los problemas generados por la atmósfera terrestre. Aun así tiene el inconveniente de que el mantenimiento es muy caro y complicado, además de que la durabilidad de los satélites artificiales es finita. Actualmente el *Hubble* ya cumplió 26 años de servicio y esto significa que pronto acabara su vida útil. Afortunadamente ya tiene reemplazo, para el 2018 se enviará al espacio el *Webb Telescope*, que tiene un espejo 6.5 metros de diámetro y sustituirá al *Hubble*.

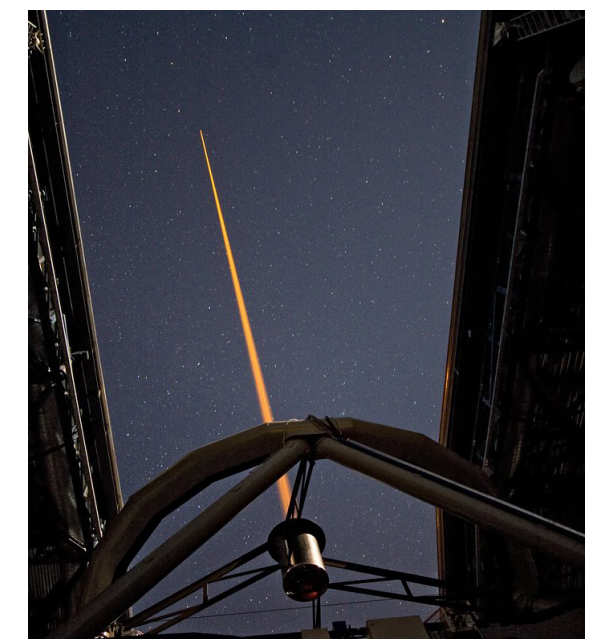
Otra solución para resolver el problema del *Seeing* en el caso de los telescopios terrestres, fue aprovechar los estudios y mediciones que se hacen de este parámetro, de tal forma que se pensó en una solución científico-tecnológica y en los años 50 se propuso la "Óptica Activa" y años después surgió la "Óptica Adaptativa".

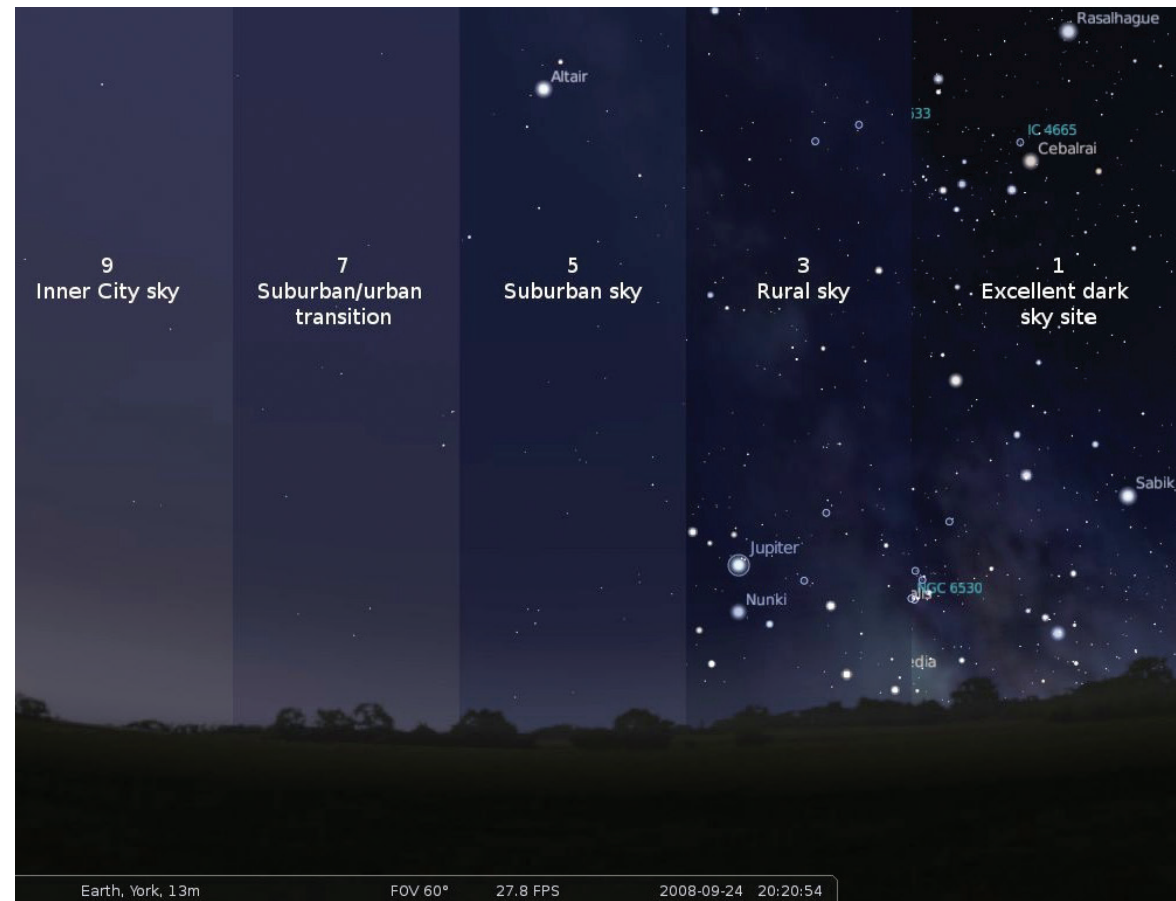


Uno de los métodos para medir el *Seeing* se conoce como **DIMM**, por sus siglas en inglés *Differential Image Motion Monitor*. Consiste en detectar y medir los desplazamientos que se observan de la imagen de una estrella por medio con un telescopio de dimensión mediana, pero con dos oculares separados entre sí a una distancia de entre 10 y 20 cms. Dicho telescopio se monta a cierta distancia del observatorio y se apunta a una estrella conocida, se hacen varias mediciones a diferentes alturas (entre dos y veinte metros aproximadamente), ya que las diferencias de temperatura que existen en las capas superficiales de la atmósfera provocan también distorsiones de imagen.



Otro método utilizado para este propósito es el **SCIDAR**, por sus siglas en inglés *Scintillation Detection and Ranging*, que consiste en medir los índices de refracción de la luz al





penetrar la atmósfera terrestre. Un tercer método es usar como guía artificial (o sustituto de estrella), un rayo láser que al llegar a altas capas atmosféricas, más o menos a 90 kilómetros de altura, excita átomos de Sodio, de esa forma se crea artificialmente una “estrella guía” a la que se le podrá medir con facilidad la distorsión de imagen que sufre al desplazarse por la atmósfera terrestre. Los datos que se obtienen por estos métodos son analizados en una computadora que se conecta a un sistema de control, el cual tiene como propósito comandar a una serie de actuadores neumáticos que modifican la forma de él o los espejos primarios del telescopio al que estén conectados, a esta tecnología se le llama “Óptica Activa”.

Por otro lado, en la “Óptica Adaptativa” se utiliza además un sistema de *software* que controla y hace mover (aproximadamente 2000 veces por segundo) una serie de pequeñas lentes conectadas a una cámara **CCD**, por sus siglas en inglés *charged-couple device*, para compensar la distorsión

de la imagen provocada por pequeñas masas de aire y de esa manera obtener la mejor imagen posible.

Se han encontrado cuatro sitios privilegiados en la Tierra con las mejores condiciones de cielo transparente para observaciones astronómicas: la Isla de Mauna Kea, en Hawái **EUA**; el volcán Roque de los Muchachos, en las islas Canarias, España; el Desierto de Atacama, en Chile y la Sierra de San Pedro Mártir, en Baja California, México. Son sitios de considerable altitud sobre el nivel del mar, condición necesaria para disminuir la distancia que la luz de las estrellas recorre al penetrar la atmósfera terrestre y llegar a los telescopios; igualmente todos ellos se encuentran en la franja del cinturón de calma que antes se mencionó. Dos de estos sitios son islas, los otros dos están al inicio de cadenas montañosas; que es otro y muy importante detalle, ya al llegar el viento a las primeras elevaciones montañosas es desviado sin que alcance a formar corrientes de aire por encima del observatorio, como sucedería tierra adentro. Estos si-

Observatorios	Observatorio Roque de los Muchachos	Observatorio Mauna Kea	Observatorio Paranal	Observatorio Astronómico Nacional SPM
Organización	Instituto de Astrofísica de Canarias	Instituto de Astronomía Universidad de Hawái	Organización: eso Unión Europea	Instituto de Astronomía UNAM
Localización	La Palma, Islas Canarias España	Mauna Kea, Hawái Estados Unidos	Cerro Paranal, Atacama Chile	Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México
Coordenadas	28° 45' 35" N 17° 53' 12" O	19° 49' 28" N 155° 20' 24" O	24° 37' 38" S 70° 24' 15" O	31° 02' 39" N 115° 27' 49" O
Altitud	2,396 metros	4,205 metros	2,635 metros	2,830 metros

tios también se encuentran lo suficientemente alejados de centros urbanos para evitar la contaminación lumínica.

Como puede observarse, no es fácil resolver los problemas generados por la atmósfera de la tierra para tener un cielo transparente. Sin embargo, sí es posible es disminuir la cantidad de contaminantes que continuamente son arrojados al medio ambiente. Por otro lado, respecto a la contaminación lumínica, lo que podemos hacer es sustituir luminarias o adecuarlas, que en lugar de iluminar el cielo dirijan

su energía hacia el suelo. En el estado de Baja California ya existe una ley en contra de la contaminación lumínica, que esperamos pronto se expanda a todo el país.

Abraham Rubí Vázquez, responsable del Fisilab y coordinador de las conferencias *El Universo Hoy*, de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, **UNAM**.