

Enrique Calderón Alzati

Las diferencias climáticas de la Tierra como consecuencia de la inclinación del eje terrestre

La labor docente invita a despertar la curiosidad y capacidad de asombro de los estudiantes ante los fenómenos de nuestro universo. El apasionante descubrimiento de nuestra realidad abre las posibilidades para cuestionar, razonar y experimentar de diversas maneras. Los laboratorios de ciencias son un recurso disponible para los docentes con el fin de encaminar a los estudiantes al maravilloso mundo de la comprensión de lo que ocurre en nuestro entorno y hacia la inagotable fuente de conocimiento.

En este artículo exploraremos las posibilidades didácticas que ofrece el laboratorio virtual Vivero Electrónico, desarrollado por Instituto Galileo y actualizado por el ILCE, para el entendimiento de la trayectoria del sol en diferentes puntos de la Tierra y con ello, propiciar la investigación entre los estudiantes en temas como los cambios en las estaciones del año y el clima en nuestro planeta.



Estaciones del año

inmemoriales el sol ha sido motivo de estudio y de adoración por los seres humanos de todos los confines de la Tierra. Sabemos así, que hace más de 5,000 años los antiguos habitantes de Inglaterra, probablemente de origen Celta, estudiaban sus movimientos diarios sobre la esfera celeste, al igual que lo hacían los habitantes de Egipto, pensando estos que se trataba de un dios, que con su luz los prodigaba de alimentos como el trigo, el cual crecía en las riberas del río que bañaba sus tierras en períodos determinados del ciclo anual que el mismo dios les comunicaba mediante sus posiciones en el firmamento.



Figura 1a. Salida del sol en Stonehenge el 21 de Marzo.

Figura 1b. Vista superior del observatorio solar.

En la Figura 1a aparece el observatorio solar de Stonehenge mostrando la salida del sol correspondiente a los equinoccios de primavera y otoño, con lo cual los seres humanos de la región podían saber con bastante precisión las fechas óptimas de siembra de los granos básicos que constituían la base de su alimentación.

Algo similar sucedió en Latinoamérica, con las civilizaciones Inca y Maya (más recientes), que construyeron con objetivos similares los observatorios de Chankillo, en Perú, y de Chichen Itzá, en Yucatán, aunque sus alimentos no fuesen los mismos.

En tiempos mas modernos las poblaciones rurales de latinoamerica, y de todas las regiones del mundo, al ser dependientes del agua y de las temperaturas y niveles de energía solar para asegurar el crecimiento de las plantas y de lograr buenas cosechas, han seguido con cuidado las instrucciones de sus abuelos, creándose así una cultura propia en torno a la importancia del sol y el seguimiento de sus trayectorias, sabiendo que de ello dependen su alimentación y sus ingresos.

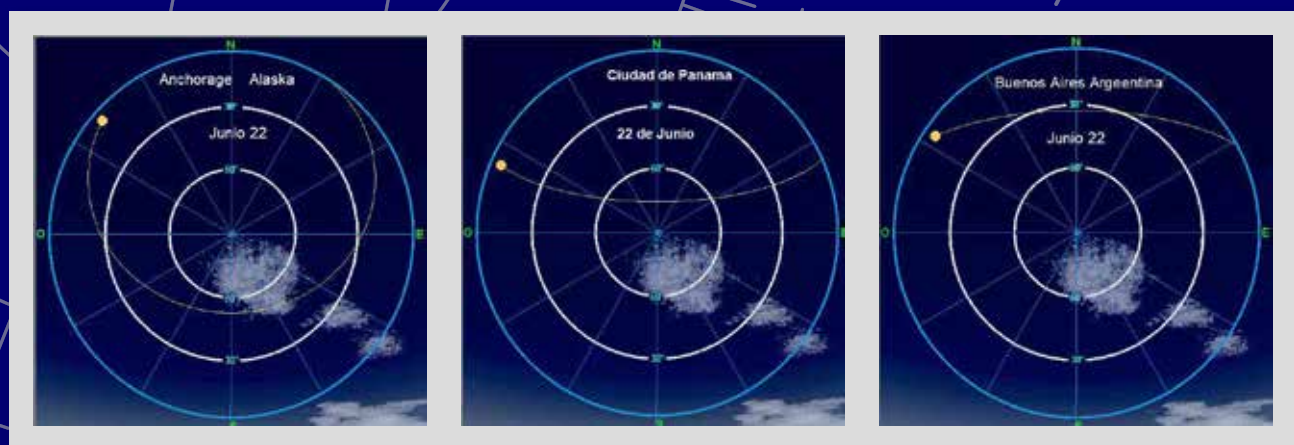


Figuras 2a y 2b. Observatorios solares de Chankillo y Chichen Itzá

¿Pero qué ha pasado con la población de las ciudades, en torno al conocimiento de las trayectorias del sol? La respuesta es **La ignorancia total**, al grado de que el 99% de las personas, incluyendo a los estudiantes y sus maestros piensan que el sol aparece por el Este y se oculta por el Oeste todos los días del año! y también, que todos los días del año el sol llega al cenit a las 12 horas, siendo por ello necesario modificar los planes de estudio y darle a las ciencias naturales un enfoque y una metodología de enseñanza radicalmente diferente a la que se ha venido utilizando, la cual ha sido esencialmente dogmática y memorística.

Para lograr este cambio, los sistemas educativos necesitan desde luego contar con recursos para adquirir laboratorios que faciliten la experimentación, y es aquí donde habrá de lograrse pronto un cambio fundamental, en virtud de los avances tecnológicos que hoy nos permiten contar con laboratorios virtuales de muy bajo costo, de manera que pronto la enseñanza dogmática quede realmente en el pasado.

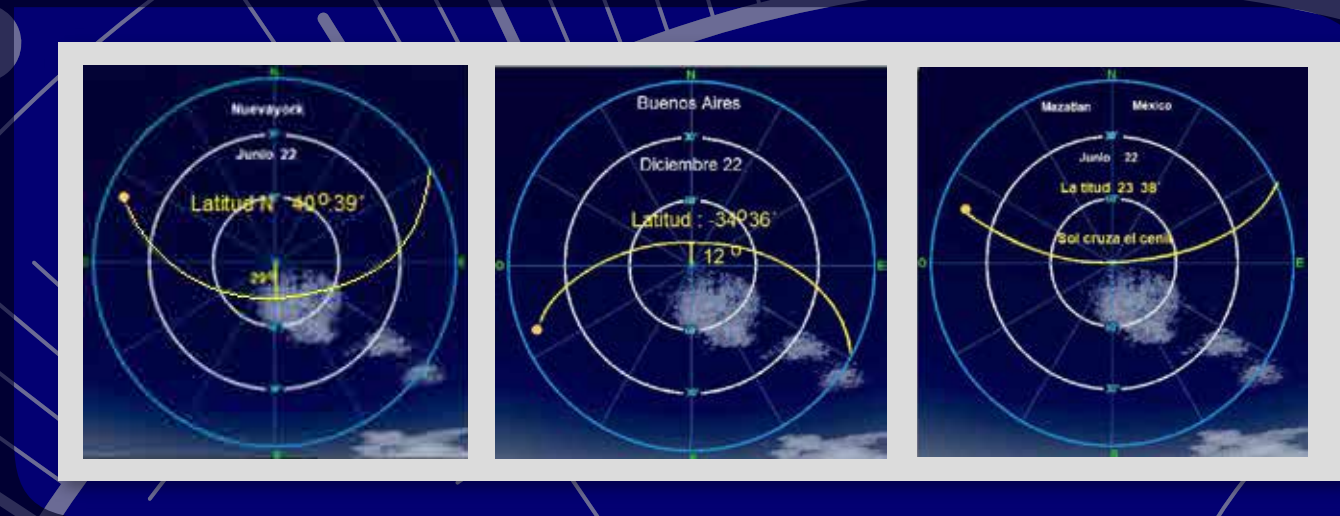
En las Figuras 3a, 3b y 3c se aparecen las trayectorias del sol, tal como se observarían el 22 de Junio en Anchorage Alaska, en Buenos Aires Argentina y en la ciudad de Panamá, obtenidas con un laboratorio virtual que permite observar las diferentes trayectorias del sol para todas las fechas del año y todos los puntos y regiones de la Tierra, de manera que las observaciones que hasta el siglo pasado requerían viajar a esas ciudades, ahora se pueden realizar desde una computadora en el momento que las necesitemos y para los lugares que estemos estudiando.



Figuras 3a, 3b y 3c . Trayectorias del sol correspondientes al solsticio de Verano.

Así por ejemplo, sabemos que los trópicos se ubican inmediatamente al norte y el sur del ecuador, como una especie de cinturón que rodea a la Tierra entre las latitudes $23^{\circ}26'14''$ y $-23^{\circ}26'14''$ ¿Pero de dónde salen dichas latitudes máximas o mínimas?

La respuesta es que fuera de esas latitudes el sol nunca llega al cenit, como es el caso de de las ciudades de Nueva York y Buenos Aires, para las cuales sus mayores cercanías al cenit se dan en los solsticios de verano y de invierno respectivamente y son de 29° y 12° , tal como se observan en la figura 4, mientras que en el caso de Mazatlán ubicado en la latitud $29^{\circ}38'$, el sol pasa exactamente por el cenit el 22 de Junio.



Figuras 4a, 4b y 4c. Distancias angulares entre el sol y el cenit para las ciudades de Nueva York, Buenos Aires y Mazatlán, durante los solsticios de verano e invierno.

Desde luego este laboratorio nos puede mostrar muchas otras cosas importantes para la realización de diferentes investigaciones relacionadas con las estaciones del año, así como con los diferentes climas que existen en nuestro planeta.

Una de estas es la relacionada con los cambios de las temperaturas medias a lo largo del año de acuerdo con su latitud. Imaginemos por ejemplo que quisieramos conocer las temperaturas medias (diarias) a lo largo del año para la ciudad de Nueva York y compararlas con las de Buenos Aires en el hemisferio sur, para determinar si ello tiene una relación con sus latitudes

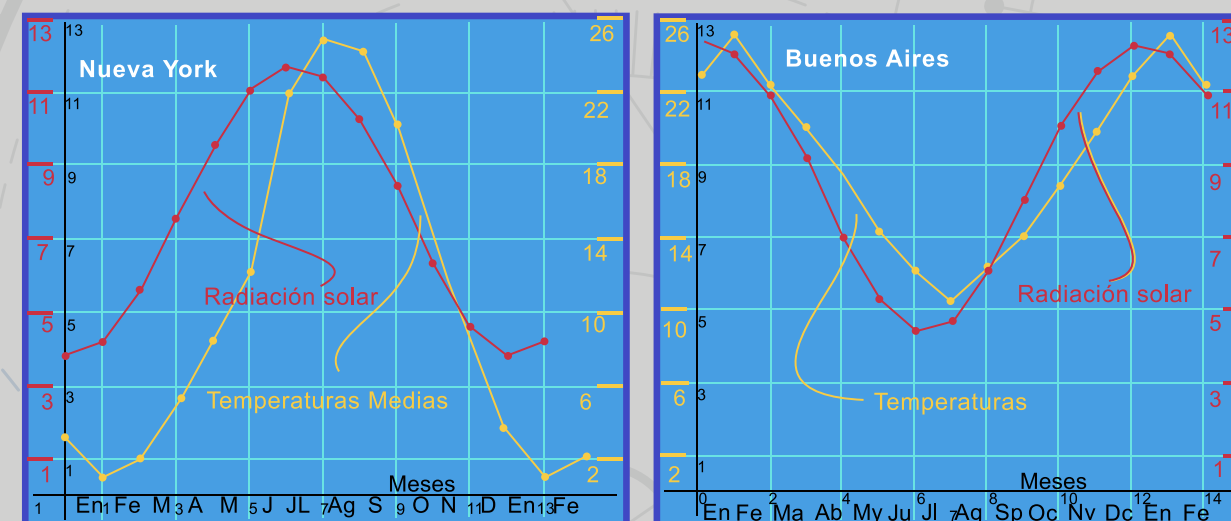
Lugar	Fecha	Latitud	Horas de sol visi...	Altura m...	Primer rayo últi...	Radiación solar
Nueva York	15 Enero	40.43...	9.4298	28.3894	9.9462	4.1635
Nueva York	15 Febrero	40.43...	10.5158	36.8022	9.9462	5.6176
Nueva York	15 Marzo	40.43...	11.7333	47.2241	9.9462	7.5056
Nueva York	15 Abril	40.43...	13.0893	59.0397	9.9462	9.5742
Nueva York	15 Mayo	40.43...	14.2273	68.2132	9.9462	11.0101
Nueva York	15 Junio	40.43...	14.8670	72.8490	9.9462	11.6500
Nueva York	15 Julio	40.43...	14.6332	71.2036	9.9462	11.4024
Nueva York	15 Agosto	40.43...	13.6565	63.7423	9.9462	10.2747
Nueva York	15 Septi...	40.43...	12.3534	52.6771	9.9462	8.4178
Nueva York	15 Octu...	40.43...	11.0312	41.1260	9.9462	6.3513
Nueva York	15 Novi...	40.43...	9.8035	31.1600	9.9462	4.6021
Nueva York	15 Dicie...	40.43...	9.1361	26.3130	9.2808	3.8126

Lugar	Fecha	Latitud	Horas de sol visi...	Altura m...	Primer rayo últi...	Radiación solar
Buenos Aires	15 Enero	-34.3...	14.0475	76.8306	13.8835	12.0379
Buenos Aires	15 Febrero	-34.3...	13.1879	68.4178	13.8835	10.8877
Buenos Aires	15 Marzo	-34.3...	12.2139	57.9959	13.8835	9.1828
Buenos Aires	15 Abril	-34.3...	11.1272	46.1803	13.8835	7.0141
Buenos Aires	15 Mayo	-34.3...	10.2225	37.0068	13.8835	5.2841
Buenos Aires	15 Junio	-34.3...	9.7200	32.3710	13.8835	4.4240
Buenos Aires	15 Julio	-34.3...	9.9031	34.0164	13.8835	4.6862
Buenos Aires	15 Agosto	-34.3...	10.6749	41.4777	13.8835	6.0155
Buenos Aires	15 Septi...	-34.3...	11.7165	52.5429	13.8835	8.0338
Buenos Aires	15 Octu...	-34.3...	12.7764	64.0940	13.8835	10.0250
Buenos Aires	15 Novi...	-34.3...	13.7532	74.0600	13.8835	11.5545
Buenos Aires	15 Dicie...	-34.3...	14.2775	78.9071	14.4086	12.2453

Figura 5. Radiaciones solares a lo largo del año para Nueva York y Buenos Aires.

Para ello utilizamos el mismo observatorio solar, obteniendo la energía (radiación solar) que reciben cada una de las dos ciudades, (por metro cuadrado de su superficie) como se observa en la figura 5, comparando los niveles de la radiación solar con las temperaturas registradas por los centros meteorológicos de ambas ciudades a lo largo del año.

Desde luego el análisis resulta mas sencillo, si a partir de estas tablas nosotros obtenemos las gráficas correspondientes a las radiaciones, así como a las temperaturas medias de cada mes, tal como se observan en la figura 6.



Figuras 6a y 6b. Niveles de radiación solar y temperaturas medias en Nueva York y Buenos Aires.

De hecho lo que nosotros observamos de estas dos ciudades, (ambas situadas al nivel del mar) es que las curvas de radiación solar, son bastante parecidas a las de las temperaturas medias de cada día, correspondiendo las diferencias a los otros dos componentes del clima, el viento y el agua (humedad y lluvia).

Para comprender ambas diferencias, es más fácil analizar lo que sucede en un solo día, en el que la radiación es máxima a las 12 horas del día mientras que las mayores temperaturas se registran entre las 2 pm y las 3:30 pm, dependiendo del grado de humedad y de los vientos, indicándonos que a ello se debe el retraso en el ascenso y descenso de la temperatura que se observa en ambas gráficas de Nueva York y Buenos Aires.

Así mismo, las gráficas nos señalan con bastante claridad como al tener mayor latitud Nueva York, las diferencias de temperaturas entre el verano y el invierno son mayores que en el caso de la capital de Argentina. Con lo anterior, terminamos este breve análisis de las diferencias climáticas de nuestro planeta como un efecto natural de la inclinación de nuestro eje terrestre.

En conclusión, los laboratorios virtuales son un invaluable recurso de enseñanza de las ciencias que permite conocer el mundo y su funcionamiento de manera lúdica, explorar, experimentar, razonar e intentar nuevas formas de comprensión, sembrando las semillas necesarias en los científicos del futuro.

Ficha de autor

Enrique Calderón Alzati: ecalderon@ilce.edu.mx

Doctor en Ciencias de la Computación y la Información por la Universidad de Pennsylvania. Autor de varios libros, articulista de *La Jornada*. Actualmente es Director General del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE).