

Unidos bajo una misma estrella: comparación del movimiento diario del Sol observado desde distintas localidades.

Diego Galperin, Josué Dionofrio, Marcelo Alvarez, Leonardo Heredia y Eduardo Arias Navarro.

Cita:

Diego Galperin, Josué Dionofrio, Marcelo Alvarez, Leonardo Heredia y Eduardo Arias Navarro (2023). *Unidos bajo una misma estrella: comparación del movimiento diario del Sol observado desde distintas localidades. Nuevas Perspectivas, II (3), 12-23.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/diegogalperin/66>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/pnsZ/akg>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

Unidos bajo una misma estrella: comparación del movimiento diario del Sol observado desde distintas localidades

Together below the same star: comparison of the daily motion of the Sun observed from different cities

Diego Galperin^{1,2}

Josué Dionofrio³

Marcelo Alvarez¹

Leonardo Heredia²

Eduardo Arias Navarro⁴

Galperin, D. et al. (2023). Unidos bajo una misma estrella: comparación del movimiento diario del Sol observado desde distintas localidades. *Nuevas Perspectivas*, II (3) Pp. 12-23.

Resumen: El proyecto “Unidos bajo una misma estrella” propone que estudiantes de secundaria de localidades distantes reconstruyan la trayectoria diaria del Sol en el cielo a partir de observaciones llevadas a cabo desde sus propias casas. Cada estudiante debe medir la dirección y el largo de la sombra de un gnomon en cuatro horarios distintos del día, volcando luego sus datos en una planilla de cálculo que representa los valores medidos en un gráfico polar. El proyecto se implementó en cuatro ciudades, tres de Argentina y una de Costa Rica, lo que permitió elaborar conclusiones sobre el carácter local del movimiento diario solar. Los resultados obtenidos evidencian la precisión de la metodología utilizada y la necesidad de incorporar la corrección por declinación magnética. La propuesta favoreció la vinculación de los estudiantes con su entorno celeste y el desarrollo de competencias científicas relacionadas con la medición, el análisis de datos y la modelización.

Palabras Clave: Observación, movimiento diario del Sol, gráfico polar, declinación magnética.

¹ Laboratorio de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Negro, Bariloche, Argentina. Contacto: dgalperin@unrn.edu.ar.

² Instituto de Formación Docente Continua de El Bolsón, Río Negro, Argentina.

³ Colegio Highest College Hull Cordell, Buenos Aires, Argentina.

⁴ Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente.

Abstract: The "Together below the same star" project proposes that high school students living in distant locations reconstruct the daily path of the Sun in the sky from observations carried out from their own homes. Each student must measure the direction and length of a gnomon's shadow at four different times and enter their data into a spreadsheet that represents the measured values on a polar graph. The implementation in four cities, three from Argentina and one from Costa Rica, allowed drawing conclusions about the local nature of the daily solar motion. The results show the precision of the methodology used and the need to incorporate the magnetic declination correction. The proposal favored the connection between the students and their celestial environment and the development of scientific skills related to measurement, data analysis and modeling.

Keywords: Observation, daily solar motion, polar graph, magnetic declination.

Introducción

La Astronomía es un área de gran interés y fascinación para personas de todas las edades. Los planetas, estrellas y demás cuerpos celestes despiertan enorme curiosidad, cuestionamientos, formulación de preguntas y, sobre todo, la revisión de nosotros mismos, y de nuestro lugar en el universo. Es así como las series, películas, artículos y demás materiales referidos a este tema son de habitual lectura y admiración por gran parte de la población. Sin embargo, la mayoría de la gente no se encuentra acostumbrada a levantar la vista para observar el cielo y los fenómenos que allí ocurren, tal como hizo la humanidad durante siglos. Esto no llama demasiado la atención dado que la mayor parte de los materiales educativos y de divulgación sobre la temática presentan habitualmente información relacionada con cómo se desplazan los astros vistos desde el espacio exterior, dejando de lado explicaciones que se centren en describir cómo gran parte de los mismos son visibles a simple vista en el cielo.

Una de las causas de esta situación se relaciona con la importante contaminación lumínica que caracteriza los cielos de las grandes ciudades, lo que dificulta la posibilidad de observación de astros de escaso brillo. Sin embargo, existen cuerpos astronómicos sencillos de reconocer con una guía adecuada: varios planetas, ciertas estrellas de gran luminosidad, tales como aquellas que integran las constelaciones más representativas del cielo, la Luna y, sin dudas, el Sol. Esto brinda a los estudiantes la oportunidad de aprender cuestiones de Astronomía cotidiana que no suelen ser desarrolladas en las instituciones educativas.

En este sentido, el movimiento diario del Sol en el cielo presenta características locales que deben ser enseñadas y para las cuales no basta con explicar que el mismo es una consecuencia de la rotación terrestre dado que, visto de ese modo, parecería que dicho desplazamiento es idéntico para todos los observadores situados en la superficie de nuestro planeta. Por el contrario, si se presta atención es sencillo visualizar diferencias sustanciales relacionadas con la época del año y con nuestra posición respecto al Ecuador. En consecuencia, se torna posible relacionar la forma en que se produce dicho recorrido diario con la ubicación del observador.

A partir de estas ideas se elaboró una propuesta didáctica para la reconstrucción del recorrido diario del Sol en el cielo a partir de unas pocas mediciones de la longitud y la dirección de la sombra de una estaca vertical (gnomon) llevadas a cabo por cada estudiante desde su propia casa. La misma fue implementada previamente con un curso de secundaria en contexto de no presencialidad escolar, mostrando una evolución favorable de los conocimientos del alumnado (Galperin et al., 2021).

A partir de dicha propuesta se creó el proyecto “*Unidos bajo una misma estrella*” en el cual se utiliza la misma metodología con escuelas de distintas ciudades con el objetivo de comprender cómo es la trayectoria diaria del Sol en el cielo en cada una de ellas y de compararlas con el fin de elaborar conclusiones sobre la relación entre las diferencias observables y la latitud del lugar. Como primera experiencia, se intentó determinar si las incertezas producidas durante el proceso de medición de cada estudiante permitían obtener resultados que hagan posible extraer conclusiones posteriores.

A continuación se detallan los resultados del proyecto llevado a cabo para el equinoccio de marzo de 2022, del cual participaron estudiantes y docentes de cuatro ciudades, tres del hemisferio sur y una del hemisferio norte: Buenos Aires, Bariloche y El Bolsón (de Argentina) y San Ramón (de Costa Rica). Dado que este proyecto marca una continuidad con la propuesta desarrollada anteriormente (ibid.), se reiteran sus aspectos teóricos más importantes y se sugiere su visualización completa [aquí](#).

Marco teórico

Sistemas de referencia y enseñanza de la astronomía

Dadas las dificultades detectadas en diferentes investigaciones en relación a la comprensión de los fenómenos astronómicos cotidianos (día/noche, estaciones del año y fases lunares) por parte de estudiantes de todos los niveles educativos (Baxter, 1989; Schoon, 1992; Trumper, 2001; Chiras y Valanides, 2008; Alvarez et al., 2018), algunos trabajos sugieren que las mismas pueden relacionarse con la utilización de explicaciones basadas en los movimientos de la Tierra y de la Luna vistos desde el espacio exterior (sistema de referencia heliocéntrico). Esto implica determinadas habilidades visoespaciales para su comprensión dado que requiere superponer dos puntos de vista diferentes: el externo a la Tierra junto con el visible desde su superficie (Black, 2005; Plummer et al., 2014). Por su parte, otro enfoque posible propone utilizar el sistema de referencia topocéntrico, centrado en un punto de la superficie terrestre, el cual permite construir explicaciones a partir de la descripción de los movimientos que realizan los astros en el cielo local vistos desde la propia posición del observador (Galperin, 2016).

Pese a las dificultades mencionadas, la mayoría de los libros escolares y recursos audiovisuales que se utilizan para la enseñanza de la astronomía presentan los fenómenos celestes explicados utilizando el sistema de referencia heliocéntrico: a partir de los movimientos de los astros vistos desde el espacio exterior (Galperin y otro, 2017; Galperin et al., 2020). Esto deja de lado la posibilidad de explicar en forma sencilla el ciclo día/noche a partir del movimiento diario del Sol en

el cielo, del horizonte oriental al occidental, con su plano de movimiento inclinado hacia el norte o el sur (según el hemisferio).

La utilización del sistema de referencia topocéntrico permite acercar a los estudiantes a sus propias vivencias astronómicas cotidianas posibles de percibir desde sus propias casas. Esto favorece la enseñanza de tópicos de relevancia, como sistema de referencia y modelo científico, además de promover el desarrollo de competencias vinculadas al trabajo científico, tales como la generación de hipótesis, la modelización, la elaboración de predicciones y la confrontación de las propias ideas con los fenómenos del mundo natural.

El movimiento diario del Sol en el cielo: el día y la noche

Para describir el movimiento de los astros en el cielo local se define el horizonte astronómico, el cual se caracteriza como el plano tangente a la Tierra en una determinada ubicación. A partir de ello, la posición de un astro puede indicarse mediante dos coordenadas que dependen de la ubicación del observador. La altura (h) indica el ángulo vertical que hay que medir desde el horizonte local hasta llegar al astro. Por su parte, el acimut (z) es el ángulo horizontal medido desde una dirección de referencia girando en sentido horario hasta la proyección vertical del astro sobre el horizonte. En este proyecto se decidió tomar como referencia la dirección norte con el fin de compatibilizar los valores medidos con lo que indica el software astronómico Stellarium (www.stellarium.org).

Dado que la esfera celeste gira constantemente debido a la rotación terrestre, los astros van modificando su acimut y altura en forma continua. De este modo, es posible describir el movimiento diario del Sol como aquel que realiza desde que sale por un punto del horizonte oriental (el levante) hasta que se pone, varias horas después, por algún punto del horizonte occidental (el poniente). En ambas situaciones su altura es 0° , aunque su acimut varía debido a que su lugar de salida y puesta cambia a lo largo del año. Luego de su salida, el Sol aumenta continuamente su altura hasta llegar al mediodía solar, instante en que posee su altura máxima del día al cruzar el meridiano local. En ese momento, el Sol se ubica mirando en dirección hacia el norte (para latitudes medias del hemisferio sur) y, por lo tanto, la sombra de un gnomon se proyectará justo en la dirección sur, siendo su longitud la menor de todo el día. En latitudes medias del hemisferio norte, en cambio, el Sol se ubica hacia el sur en el mediodía solar, por lo que la sombra del gnomon apunta hacia el norte en ese instante. Luego del mediodía solar, el Sol continúa su movimiento disminuyendo paulatinamente su altura hasta su puesta.

El ascenso y descenso del Sol en el cielo no se produce en forma vertical dado que su plano de movimiento (llamado eclíptica) forma un cierto ángulo α respecto al horizonte local, cuyo valor tiene relación con la latitud ϕ del lugar: $\alpha = 90^\circ - \phi$ (Figura 1). En el hemisferio sur dicho plano se encuentra inclinado hacia el norte respecto a la vertical, mientras que se encuentra inclinado hacia el sur en el otro hemisferio. Por ese motivo, el Sol nunca se ubicará justo encima de nuestras cabezas (el cenit) si estamos fuera de la franja comprendida entre los trópicos (latitudes mayores a $23,5^\circ$), por lo que un gnomon proyectará sombra todos los días del año. A su vez, es posible medir el

largo de las sombras de un gnomon en fecha de equinoccio, hallar la más corta de ellas correspondiente al mediodía solar y, a partir de ello, calcular la latitud ϕ del lugar: $\phi = 90^\circ - h_{\text{SOL}}$.

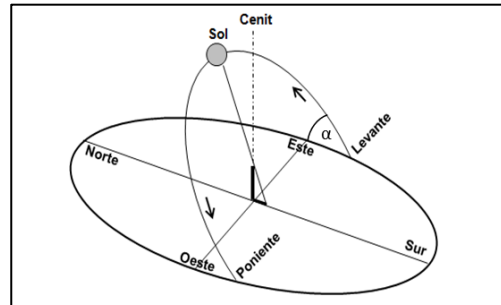


Figura 1. Movimiento diario del Sol en el cielo y posición del Sol en el mediodía solar para una localidad situada en latitudes medias del hemisferio sur, con el plano de movimiento inclinado hacia el norte.

El proyecto “Unidos bajo una misma estrella”

Este proyecto propone comparar la trayectoria diaria solar al ser observada en la misma fecha desde distintas latitudes con el fin de construir un modelo topocéntrico acerca de cómo se desplaza el Sol en el cielo que pueda ser útil para cualquier ubicación sobre la superficie terrestre. Se plantea que cada estudiante realice unas pocas mediciones desde su casa, registrando la dirección y la longitud de la sombra de un gnomon en cuatro horarios distintos, volcando luego sus mediciones en una planilla de cálculo online para cada localidad. A partir de los datos medidos, la planilla representa el acimut y la altura del Sol en un gráfico polar, pudiéndose reconstruir de este modo el recorrido que siguió el Sol en el cielo ese día. La propuesta completa puede consultarse [aquí](#).

Para el diseño de la actividad se consideró que las diferencias en los valores de acimut y altura debidas a que los estudiantes se encuentran en distintos lugares de observación dentro de la misma ciudad debían ser menores que las incertezas experimentales presentes al realizar cada medición. Del mismo modo, se consideró poco significativo el efecto experimental de la variación del recorrido diario del Sol en un lapso de pocos días. En consecuencia, se propuso que las mediciones se realicen en un lapso de una semana en fecha cercana a un equinoccio. Esto evita introducir anticipadamente un fenómeno adicional: que los lugares de salida y puesta del Sol cambian durante el año.

Cada docente recibió un material escrito en el que se explicaba el dispositivo a construir por cada estudiante, el cual consiste en un cartón cuadrado de unos 50 cm de lado al que deben pegarle en su centro un círculo graduado de 0° a 360° que se les entrega para recortar. En el centro tienen que colocar un palillo (gnomon) de unos 10 cm de alto con el fin de medir la longitud y el ángulo correspondiente a su sombra (Figura 2). Se les indica que deben medir la altura del palillo con precisión, que tienen que apoyar el dispositivo sobre una superficie horizontal y que es importante asegurar la verticalidad del gnomon (con un hilo y un peso colgado de él a modo de plomada). A su vez, el dispositivo debía ser orientado para que los 180° indicados en el transportador apunten hacia el norte. Para ello se debía utilizar una brújula o una aplicación del celular que cumpla con tal

función. Se aclaró que la brújula no indica justo el norte geográfico, pero que se analizará al finalizar si esta diferencia es o no relevante dado que todos la tendrán incorporada en sus mediciones.



Figura 2. Imagen del dispositivo experimental.

Como primer paso, cada docente debía brindar a sus estudiantes una breve explicación acerca de las coordenadas astronómicas locales que utilizarán, acimut y altura, y sobre cómo podrán obtener la posición del Sol en el cielo en dichas coordenadas a partir de la medición de la sombra del gnomon. Para ello el cartón se debía orientar con el valor 180° apuntando hacia el norte (opuesto a la convención de acimut elegida), con el fin de que el ángulo correspondiente a la sombra coincida con el valor del acimut del Sol en ese momento. De esa forma, cuando la sombra del gnomon apunte hacia el sur su ángulo en el círculo graduado será de 0° y coincidirá con el valor del acimut del Sol en ese momento (ubicado hacia el norte). A su vez, los estudiantes podrán calcular la altura del Sol (h_{SOL}) a partir de medir el largo de la sombra L y la altura de la varilla H : $h_{\text{SOL}} = \arctg (H/L)$.

Luego de realizada la experiencia, cada estudiante debía volcar sus mediciones en una planilla online diseñada con el fin de sistematizar y representar la trayectoria solar en un gráfico polar en el que quedarían indicadas las coordenadas acimut y altura del Sol para cada horario. Para simplificar su interpretación, el gráfico polar se orientó del mismo modo que los planisferios que se suelen utilizar en las escuelas: con el norte hacia arriba (acimut 0°) y el este a la derecha (acimut 90°). De este modo, se simuló la posición de los puntos cardinales en el horizonte local tal como se “observarían” imaginariamente desde el cenit. El gráfico posee círculos concéntricos que representan la altura del astro en el cielo, siendo el círculo de mayor diámetro el horizonte (altura 0°) y el punto central el cenit (altura 90°). De este modo, diferentes mediciones de la posición del Sol realizadas en fechas próximas y desde ubicaciones cercanas pueden ser representadas y analizadas mediante un modelo bidimensional con el cual es posible extraer conclusiones y efectuar predicciones (Figura 3).

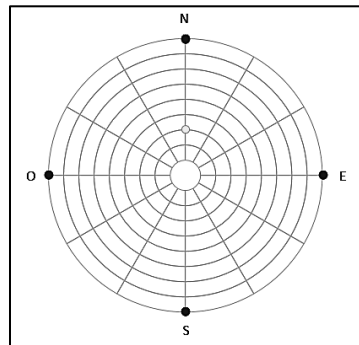


Figura 3. Gráfico polar diseñado para representar el acimut y la altura del Sol. La posición central es el cenit (altura 90°) y el círculo mayor el horizonte local (altura 0°). Se brinda un punto de ejemplo con acimut 0° y altura 60°.

Luego de tener todas las medidas de cada localidad representadas en el gráfico, se planteó la realización de un encuentro sincrónico entre todos los docentes y estudiantes con el fin de analizar si las mediciones son coherentes entre sí o si, por el contrario, se visualizan errores importantes de medición. A su vez, se analizaron las similitudes y diferencias entre los gráficos obtenidos en cada ciudad, logrando concluir que los lugares aproximados de salida y puesta del Sol no cambiaron al modificar la ubicación, aunque sí se modificó la altura del Sol. En función de ello, se propuso hallar la relación entre la altura del Sol al mediodía y la latitud del lugar ϕ en la fecha de equinoccio ($h = 90^\circ - \phi$). Como cierre del encuentro se planteó como desafío que los estudiantes puedan brindar una explicación del ciclo día/noche a partir del movimiento diario solar medido, lo que provoca que el Sol se ubique por encima (día) o por debajo (noche) del horizonte a medida que pasa el tiempo.

Metodología

El proyecto se llevó a cabo con estudiantes de nivel medio de una ciudad de Costa Rica y tres de Argentina: San Ramón (10,2° N), Buenos Aires (34,6° S), Bariloche (41,2° S) y El Bolsón (42,0° S). En las dos primeras localidades la propuesta fue implementada en las aulas como parte de las clases de Física de nivel medio, mientras que en las dos últimas la misma fue desarrollada como parte de las actividades semanales de un club de ciencias extraescolar. La cantidad de estudiantes participantes y de mediciones realizadas por los distintos grupos se detallan en la Tabla 1.

Localidad	Cantidad de estudiantes	Edad (años)	Cantidad de mediciones
San Ramón	15	15 - 16	65
Buenos Aires	16	14 - 15	64
Bariloche	9	14 - 16	34
El Bolsón	18	14 - 16	84

Tabla 1. Cantidad de participantes y de mediciones realizadas en cada localidad.

Análisis de resultados obtenidos

Los datos obtenidos se volcaron en una planilla online con la que se realizaron los gráficos polares para cada ciudad con el fin de compararlos y extraer conclusiones durante el encuentro sincrónico planificado (Figura 4).

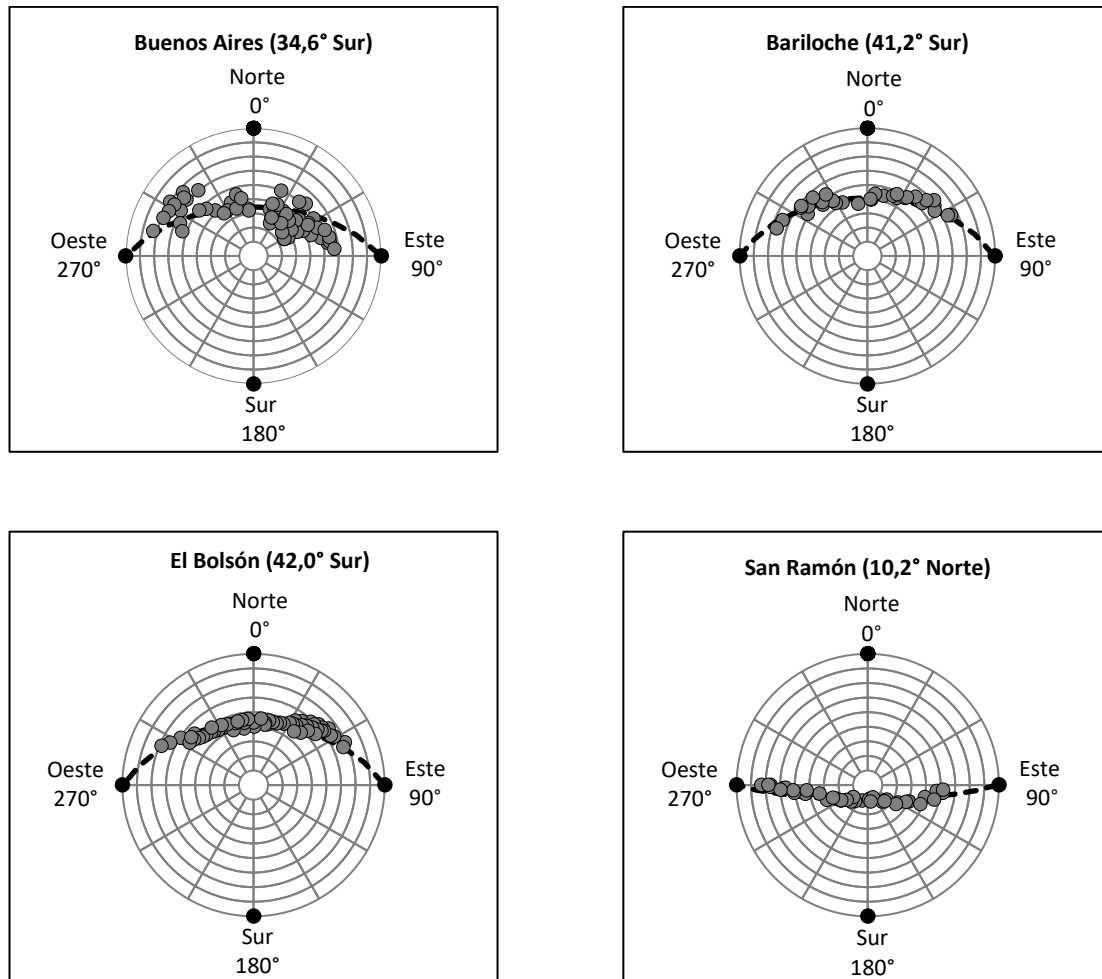


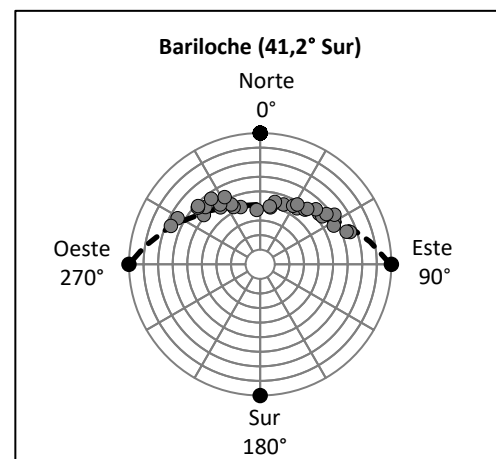
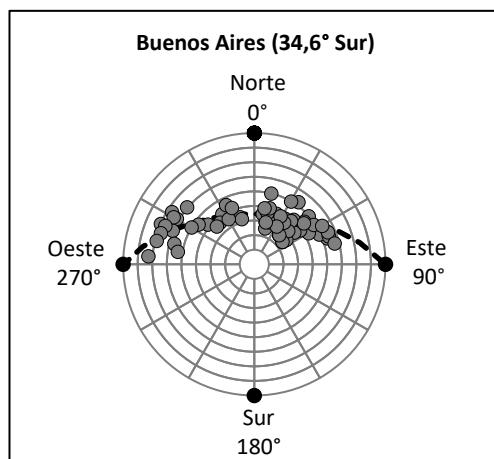
Figura 4. Gráficos polares del recorrido diario del Sol en el cielo en fecha de equinoccio en cada ciudad. La línea punteada corresponde a los valores teóricos obtenidos utilizando el programa Stellarium.

Como puede notarse, es posible trazar una línea de tendencia entre todos los valores medidos, la cual puede compararse con la línea teórica trazada utilizando datos del programa Stellarium. Más allá de las incertezas experimentales visualizadas, el análisis de los gráficos obtenidos indica que el procedimiento utilizado posee una precisión razonable para un trabajo escolar con fines educativos. En este sentido, se nota una mayor dispersión de valores en las mediciones realizadas por los estudiantes de la ciudad de Buenos Aires.

Por su parte, al analizar con mayor detalle los gráficos de la Figura 4, se pudo visualizar que los valores medidos se desviaban levemente de la simetría esperable respecto a la línea norte – sur y

que dicha desviación era distinta para cada localidad. Por lo tanto, se propuso que esta “desviación” podría tener su origen en haber alineado los 180° del transportador del dispositivo con la línea norte indicada por la brújula, sabiendo que existe una diferencia entre el norte magnético y el geográfico y que la misma depende de la ubicación sobre la superficie terrestre. En consecuencia, se corrigieron los valores de acimut medidos incorporando la declinación magnética (δ) en cada ciudad (Figura 5).

Una vez obtenidos los gráficos se llevó a cabo un encuentro virtual con los estudiantes de las cuatro ciudades con el fin de examinar los resultados hallados. Durante el mismo se analizó el grado de dispersión de los valores obtenidos y se compararon las trayectorias diarias del Sol en cada localidad. Como puede visualizarse en la Figura 5, en tres de los gráficos los valores medidos poseen una dispersión pequeña, permitiendo identificar una línea de tendencia que guarda estrecha relación con la trayectoria solar teórica para la fecha de equinoccio (representada en línea punteada). Por su parte, en el gráfico de la ciudad de Buenos Aires se visualiza una dispersión mayor, lo que puede estar provocado por una distancia mayor entre los distintos observadores y por dificultades técnicas al tener que realizar la actividad desde un espacio físico ubicado dentro de un departamento, con escaso tiempo de ingreso del Sol por una determinada ventana. Esto hizo difícil identificar una línea de tendencia para la trayectoria solar local, aunque es posible notar que los valores medidos se encuentran centrados en la línea punteada teórica para dicha ciudad.



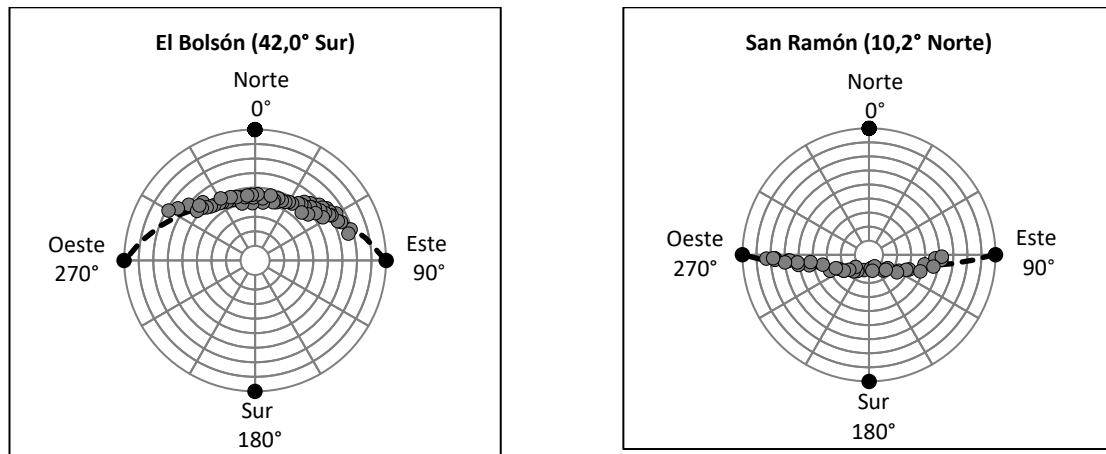


Figura 5. Gráficos polares para cada ciudad incorporando la corrección por declinación magnética (21/3/2022): 9,6° O (Bs. As.), 6,2° E (Bariloche), 6,9° E (El Bolsón) y 2,1° E (S. Ramón). Fuente: <https://www.ngdc.noaa.gov/>.

Por otro lado, al comparar los gráficos fue posible identificar que en las localidades del hemisferio sur el recorrido solar se visualiza inclinado hacia el norte, dirección en la que se observa el Sol en el mediodía solar, y que lo contrario ocurre en San Ramón, donde el Sol se posiciona hacia el sur en ese instante. A su vez, el análisis de cada gráfico permitió conocer el valor correspondiente a la altura del Sol en el mediodía solar en cada localidad en fecha de equinoccio, el cual resulta coincidente con su posición sobre la línea norte – sur: 55° para Buenos Aires, 50° para Bariloche, 45° para El Bolsón y 80° para San Ramón. A partir de ellos fue posible estimar la latitud de cada ciudad ($\phi = 90^\circ - h$) dentro de la incertezas correspondientes al proceso de medición utilizado (aprox. $\pm 5^\circ$): 35° Sur para Buenos Aires, 40° Sur para Bariloche, 45° Sur para El Bolsón y 10° Norte para San Ramón. Los mismos difieren en menos de un 10% de los valores correspondientes a cada localidad.

En relación con los aprendizajes de los estudiantes, quedó a cargo de cada docente dar continuidad al proyecto con su grupo propiciando el armado de una maqueta que represente la trayectoria local del Sol en cada localidad y de la construcción de una explicación topocéntrica que relacione el lugar de observación y el movimiento solar. Pese a que no se propuso evaluar formalmente estos aprendizajes al finalizar el proyecto internacional, algunas evidencias mostraron una evolución favorable de las concepciones de los estudiantes acerca de este fenómeno tan cotidiano. Por ejemplo, la mayoría del alumnado pudo dar cuenta de que las diferencias observables eran una consecuencia de la esfericidad terrestre y de que la altura del Sol al mediodía en los equinoccios guarda relación directa con la latitud del lugar de observación.

Los resultados hallados permiten extraer conclusiones en relación a la metodología utilizada y a sus posibilidades para la construcción de un modelo descriptivo de la trayectoria diaria del Sol.

Conclusiones

El proyecto “Unidos bajo una misma estrella” propuso que estudiantes de localidades distantes realicen mediciones desde sus propias casas con el fin de reconstruir la trayectoria diaria que realiza el Sol en el cielo y de comparar las mismas utilizando una planilla de cálculo programada para generar un gráfico polar del desplazamiento solar para cada ciudad. Los resultados hallados indican que la metodología utilizada posee una precisión adecuada para los fines educativos de este trabajo, haciendo posible comparar las trayectorias e incluso esbozar resultados cuantitativos relativos a la altura del Sol en el mediodía solar, a la ubicación geográfica de cada ciudad y a la necesidad de corregir el acimut incorporando la declinación magnética. En este sentido, se observó que los gráficos iniciales no eran simétricos a la dirección norte –sur, por lo que se concluyó que podía ser consecuencia de haber usado la brújula para ubicar dicha dirección. Al incorporar la declinación magnética se observó que la simetría este – oeste mejoró notablemente y que la línea de tendencia para cada ciudad se ajustó adecuadamente a la trayectoria diaria teórica trazada usando el programa Stellarium. Esto parece indicar una buena precisión de la metodología utilizada dado que dicha corrección no estaba prevista originalmente y que su valor depende de cada localidad. En este sentido, la propuesta diseñada parece “compensar” adecuadamente las razonables incertezas presentes en las mediciones de los distintos estudiantes.

Por su parte, la inclusión de los estudiantes en el proceso de medición permitió que sean partícipes activos de su propio aprendizaje, lo que favoreció el desarrollo de competencias de relevancia tales como la observación, el armado del dispositivo experimental, la utilización de instrumentos de medición y el registro adecuado de los valores medidos. A su vez, la comparación de los gráficos obtenidos hizo posible la construcción de un modelo del movimiento del Sol en el cielo y de su relación con la ubicación del observador, algo muy poco desarrollado dentro del sistema educativo.

En este sentido, fue posible visualizar que, pese a que el Sol sale y se pone el mismo día aproximadamente por los mismos lugares en todas las localidades, en las del hemisferio sur el Sol se ubicó hacia el norte en el mediodía solar, mientras que se ubicó hacia el sur en la del otro hemisferio. De este modo fue posible concluir que el plano de movimiento del Sol posee una cierta inclinación que depende de la latitud del lugar y que la misma tiene su causa en la esfericidad de nuestro planeta. Este resultado marca importantes diferencias con el modo en que suele explicarse el movimiento del Sol en el cielo en los materiales educativos, donde se lo suele relacionar únicamente con la rotación terrestre, lo que brinda la idea inadecuada de que dicho movimiento es idéntico para cualquier observador ubicado sobre la superficie terrestre.

De este modo, este proyecto favoreció el desarrollo de competencias científicas relevantes relacionadas con la medición, la representación gráfica, el análisis de los datos obtenidos y la modelización. A su vez, permitió la comprensión por parte del alumnado de la relación entre la trayectoria solar y la latitud del lugar de observación, haciendo posible la vinculación de los estudiantes con su propio entorno celeste brindando herramientas valiosas para la construcción de un modelo descriptivo adecuado del movimiento diario del Sol.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, M., Galperin, D. y Quinteros, C. (2018). Indagación de las concepciones de estudiantes primarios y secundarios sobre los fenómenos astronómicos cotidianos. En Papini, M. (Comp.), *Las ciencias de la naturaleza y la matemática en el aula: nuevos desafíos y paradigmas*, 129-142. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513. doi: 10.1080/0950069890110503
- Black, A. (2005). Spatial ability and Earth science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 402-414. doi: 10.5408/1089-9995-53.4.402
- Chiras, A. y Valanides, N. (2008). Day/night cycle: mental models of primary school children. *Science Education International*, 19(1), 65-83.
- Galperin, D. (2016). *Sistemas de referencia y enseñanza de las ciencias: el caso de los fenómenos astronómicos cotidianos* (Tesis doctoral). Tandil: UNICEN.
- Galperin, D. y Raviolo, A. (2017). Análisis de imágenes relacionadas con día/noche, estaciones y fases lunares en textos de enseñanza primaria. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 12 (1), 1-11.
- Galperin, D., Alvarez, M., Heredia, L. y Haramina, J. (2020). Análisis de videos educativos y de divulgación sobre día/noche, estaciones y fases lunares. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32 (nro. extra), 125-133.
- Galperin, D., Dionofrio, J. y Raviolo, A. (2021). Uso de la planilla de cálculo para la comprensión del movimiento diario del Sol a partir de observaciones del cielo realizadas durante la no presencialidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(3), 89-100.
- Plummer, J., Kocareli, A., Slagle, C. (2014). Learning to explain astronomy across moving frames of reference: Exploring the role of classroom and planetarium-based instructional contexts. *International Journal of Science Education*, 36(7), 1083-1106. doi: 10.1080/09500693.2013.843211
- Schoon, K. (1992). Students alternative conceptions of Earth and space. *Journal of Geological Education*, 40(3), 209-214. doi: 10.5408/0022-1368-40.3.209
- Trumper, R. (2001). Assessing students' basic astronomy conceptions from junior high school through university. *Australian Science Teachers Journal*, 47(1), 21-31.