

**DETERMINAÇÃO OBSERVACIONAL DO ANALEMA.
PROJETO DE OBSERVAÇÃO COMUM SULAMERICANO.
OBSERVATIONAL DETERMINATION OF THE ANALEMMA.
A JOINT SOUTH AMERICAN PROJECT**

Néstor CAMINO (Coordinador general) ¹ y muchos otros ²

¹ Complejo Plaza del Cielo – CONICET – Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales UNPSJB
nestor.camino@speedy.com.ar

² Deben considerarse Co-Autores del presente trabajo las siguientes personas, cuyas Instituciones de pertenencia se indican en el Cuadro 1: Cristina Terminiello, Marianela Zaninetti, Alejandro Gangui, Cecilia Lastra, Rafael Girola, Norma Racchiussa, Jorge Escudero, Verónica Pernicone, Sergio Rinaudo, Nestor Vinet, Hugo Lanás, Sandra Mocchetti, Paola Ricci, Odilon Giovannini Jr., Francisco Catelli, Elisa Danda de Oliveira, Joici Rizzo, Eliana Borragini, Ana Maria Pereira, João Carlos de Oliveira, Janer Vilaça, Stéfany Cristina dos Reis Farina, Rodolfo Langhi, Rosa M. F. Scalvi, Samanta Ferreira, Fabiana Andrade de Oliveira, Vanessa Míra Dos Santos, Bianca Gellacic, Marcos Daniel Longhini, Hanny Angeles Gomide, Mariana Ferreira de Deus, Telma Cristina Dias Fernandes, Andrés Ovalle, María Cristina Zárate Rodríguez, Marleny Tarquino C., Álvaro José Cano Mejía.

Resumo: *Apresentamos neste trabalho uma síntese de um processo realizado ao longo de pouco mais do um ano (março 2015 a março 2016) entre muitos grupos de docentes, estudantes e investigadores da América do Sul (Brasil, Argentina, Chile, Venezuela e Colômbia), como marco de um projeto sobre Didática da Astronomia para construir um Analema. Baseado na observação da máxima altura angular do Sol e no instante do tempo do meio-dia solar verdadeiro, durante todo o ano, a declinação do Sol e a equação do tempo foram medidas, fazendo depois o gráfico do Analema (em gráfico cartesiano, sobre o chão, etc.). Consideramos que os resultados obtidos são muito satisfatórios, especialmente pela importância de desenhar e concretizar uma experiência de observação direta e real, do entorno astronômico, de grande duração, rigorosa do ponto de vista conceitual, com uma forte intencionalidade didática, focada no estudo da curva de grande importância para a Astronomia como é o Analema. Ressaltamos, assim, a grande riqueza deste projeto no que diz respeito ao trabalho compartilhado entre pessoas e instituições educativas de nossa região.*

Palavras-chave: *Analema, Observação, Máxima altura angular do Sol, Meio-dia solar verdadeiro, Colaboração.*

Abstract: *Here we present an overview of a process carried out over little more than one year (march 2015 to march 2016) among many groups of teachers, students and researchers from South America (Brazil, Argentina, Chile, Venezuela and Colombia), as part of a project on the Teaching of Astronomy, in order to build an Analemma. Based on the observation of the maximum angular height of the Sun and the instant of time of true solar noon, during the whole year, the declination of the Sun and the equation of time were measured, drawing later the Analemma (in a cartesian graph or in the ground). We believe that the results are very satisfactory, especially because of the importance of designing and realizing a direct experience, long-term actual observation of the astronomical environment, with a strong didactic intent, conceptually rigorous and wealthy in terms of the work shared between individuals and educational institutions in our Region, focused on the study of a curve of great importance to Astronomy as it is the Analemma.*

Keywords: *Analemma, Observation, Maximum angular height of the Sun, True solar noon, Collaboration.*

INTRODUCCIÓN

Presentamos en este trabajo los fundamentos, características, resultados y dificultades del Proyecto de observación conjunta “Construcción observacional de la Analema”, el cual continúa la línea de trabajo y sus respectivas concepciones sobre la Didáctica de la Astronomía de los anteriores proyectos “Observación del Equinoccio de marzo de 2009” y “Determinación de la Oblicuidad de la Eclíptica”, realizados por distintos equipos de trabajo de nuestra Región entre 2009 y 2013.

El Proyecto Analema (en breve) consiste en desarrollar un proceso vivencial, que potencie lo observacional, y que genere la construcción gradual de la curva Analema, a partir del registro sistemático de la sombra de un gnomon, tanto en su longitud como en los instantes de tiempo en que la misma cruza la meridiana del lugar, a intervalos de no más de diez días, durante al menos un año. Con esos registros luego se trabaja para obtener los valores de la declinación del Sol y de la Ecuación del Tiempo, en cada fecha de observación, graficándose finalmente la curva Analema, mediante distintas metodologías (en forma directa, por ajuste, etc.).

El proceso propuesto entonces consiste en realizar actividades de observación real y consecuentemente un fuerte trabajo didáctico con estudiantes y personas de cualquier nivel educativo, sobre un conjunto de conceptos de gran importancia para la Astronomía básica a ojo desnudo: la relación de la variación en la posición del Sol relativa al propio lugar del observador con respecto a los patrones de tiempo solar verdadero y civil, sistemáticamente durante al menos un año.

OBJETIVOS DEL PROYECTO DE OBSERVACIÓN CONJUNTA

El Proyecto que presentamos tuvo los siguientes objetivos:

- Recuperar un elemento muy importante de la Astronomía observacional a ojo desnudo y de la medición del tiempo, en general pocas veces investigado en la Didáctica de la Astronomía y de la Geografía, y mucho menos tratado en la enseñanza formal, como lo es la Analema, contribuyendo a tomar conciencia sobre qué aspectos del entorno astronómico son comunes a todos sin excepción y qué aspectos son propios de cada ubicación geográfica.
- Fortalecer los vínculos ya existentes y construir otros nuevos entre investigadores y docentes en Enseñanza de la Astronomía en América del Sur, a través de un proceso de trabajo sistemático en red colaborativa, con la convicción de que lo que produzcamos será genuino y mejorará la forma en que desarrollamos nuestra tarea en las comunidades de origen.
- Generar materiales didácticos específicos y realizar presentaciones en reuniones específicas con el fin de brindar a otros colegas elementos ciertos para el trabajo didáctico sobre los conceptos involucrados en la Analema.

IMAGEN IDENTIFICATORIA DEL PROYECTO ANALEMA

La imagen identificatoria del Proyecto (Figura 1), simboliza la totalidad de nuestro planeta, y la característica propia de la Tierra como cuerpo astronómico en movimiento en el espacio-tiempo, a su vez representado en la Analema debido a que la misma (su forma, en especial) es común para todos los observadores, sin distinción alguna de ubicación topocéntrica u otra, sólo por ser habitantes de este planeta (uno de los objetivos del Proyecto: resaltar lo común a todos).

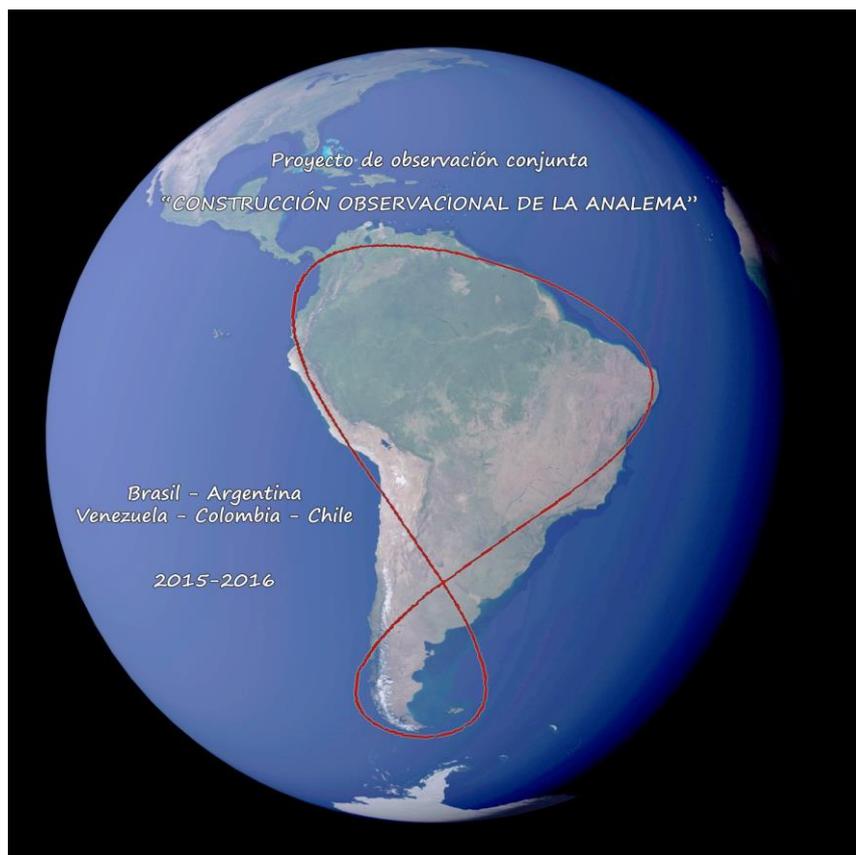


Figura 1: Imagen identificatoria del Proyecto Analema.

La Analema, a su vez, no es una curva sólo de la naturaleza (astronómica) de nuestro planeta y del sistema Tierra-Sol, sino que tiene en su esencia una componente social: el Tiempo Solar Medio, un invento de los seres humanos viviendo en una sociedad organizada. Esta componente social, a su vez, traerá como consecuencia variantes en los resultados observacionales de cada Equipo, un aspecto de identificación local, debido a las distintas ubicaciones geográficas (otro de los objetivos del Proyecto: identificar lo que es propio).

La imagen elegida de la Tierra, ubicada como está, busca representar la visión más habitual y reconocible de América del Sur, en el centro, como protagonista. La imagen no tiene letras, ni nombres, ni fronteras, nada convencional ni signo de separación entre todos aquellos quienes vivimos en esta región, y sólo tiene “el Norte para arriba” (si sabemos que eso de arriba es el Norte y eso de abajo es el Sur, lo que de la imagen no se desprende).

La imagen del planeta Tierra fue tomada de “Blue Marble next generation” (NASA), en el cual se dan imágenes del planeta Tierra tomadas por el satélite Terra en 2002/2005. La original Blue Marble fue la primera imagen ícono de nuestro planeta visto como una unidad, tomada en 1972 por el Apollo 17. (http://www.nasa.gov/vision/earth/features/blue_marble.html).

La imagen de la Analema, “con las declinaciones negativas hacia arriba” (propias de cuando el Sol se halla en el sur del cielo), sin ningún número ni letra, fue pensada para simbolizar que (éste es nuestro deseo) el Proyecto nos conecte a todos quienes participemos, ya que la curva roja toca todas las zonas geográficas de América del Sur, tanto al sur como al norte del Ecuador, donde vivimos la gente diversa que formamos el grupo de trabajo.

LOS EQUIPOS DE TRABAJO QUE INTEGRAN EL PROYECTO ANALEMA

Desde la realización del III SNEA en Curitiba, cuando se decidió realizar el Proyecto Analema, el cual comenzó en marzo de 2015, ha pasado más de un año de trabajo en los distintos lugares de pertenencia, y de ricos intercambios.

Cabe destacar que fueron muchos los docentes e investigadores que por diversas razones no pudieron continuar con el Proyecto al ritmo que el mismo requería (equipos de Chile, Venezuela, Brasil, Colombia y Argentina). Los grupos de trabajo que se dan en el Cuadro 1 son los que han continuado trabajando en forma más estable, independientemente de la profundidad, de los resultados o de la cantidad de personas que los formen. El resto de los colegas, y otros que seguramente se incorporarán al trabajo, seguirán observando con el fin de construir sus analemas, acordes con sus posibilidades y objetivos.

Cuadro 1: Equipos de trabajo que conforman el Proyecto Analema.

Participantes en el Proyecto de observación conjunta "CONSTRUCCIÓN OBSERVACIONAL DE LA ANALEMA"				
Ciudad y País	Latitud	Longitud	Institución	Participantes
Esquel, Argentina	42° 55' S	71° 20' O	Complejo Plaza del Cielo CONICET – FHCS UNPSJB	Néstor Camino (Responsable) Cristina Terminiello, Marianela Zaninetti
Villa del Parque. CABA, Argentina	34° 37' S	58° 30' O	Instituto de Astronomía y Física del Espacio – UBA- CONICET	Alejandro Gangui (Responsable) Cecilia Lastra
La Reja, Moreno, Buenos Aires, Argentina	34° 39' S	58° 49' O	EnDíAs (Enseñanza y Divulgación de la Astronomía)	Rafael Girola (Responsable) Nestor Vinet, Verónica Pernicone, Sergio Rinaudo, Norma Racchiussa, Jorge Escudero
Casilda, Santa Fe, Argentina	33° 02' S	61° 10' O	Esc. Sec. Orient. N° 3100 Michelangelo Buonarotti COCAE (Comisión Casildense del Espacio)	Hugo Lanas (Responsable) Sandra Mocchetti, Paola Ricci
Caxias do Sul, Brasil	29° 10' S	51° 09' O	Universidade de Caxias do Sul	Odilon Giovannini Jr. (Responsable) Francisco Catelli, Elisa Danda de Oliveira, Joici Rizzo, Eliana Borragini
Foz do Iguaçu - Paraná, Brasil	25° 26' S	54° 36' O	Polo Astronômico Casimiro Montenegro Filho Parque Tecnológico Itaipu	Ana Maria Pereira (Responsable) Janer Vilaça, João Carlos de Oliveira, Stéfany Cristina dos Reis Farina
Bauru, Brasil	22° 19' S	49° 04' O	Obs. Didát. de Astronomia "Lionel José Andriatto" (UNESP/Bauru), SP	Rodolfo Langhi (Responsável) Rosa M. F. Scalvi, Samanta Ferreira, Fabiana Andrade de Oliveira, Vanessa Mira Dos Santos, Bianca Gellacic
Uberlândia, Brasil	18° 56' S	48° 15' O	UF de Uberlândia	Marcos Daniel Longhini (Responsável), Hanny Angeles Gomide, Mariana Ferreira de Deus, Telma Cristina Dias Fernandes
Bogotá, Colombia	04° 37' N	74° 08' O	Colegio Fernando Soto Aparicio (Institución Educativa Distrital)	Andrés Ovalle (Responsable)
Bogotá, Colombia	04° 38' N	74° 09' O	INEM "Francisco de Paula Santander"	María Cristina Zárate Rodríguez (Responsable)
Bogotá, Colombia	04° 41' N	74° 06' O	Colegio Robert F. Kennedy	Marleny Tarquino C. (Responsable)
Medellín, Colombia	06° 14' N	75° 34' O	Grupo de Astronomía para maestros. Parque Explora, Astromae.	Álvaro José Cano Mejía (Responsable)

QUÉ ES LA ANALEMA

Se denomina “Analema” a una curva cerrada, con forma de “8” asimétrica, que aparece en la gran mayoría de los globos terráqueos escolares, ubicada habitualmente sobre la región del Pacífico Sur. La Analema muestra la posición en el cielo local del Sol real en un mismo instante de Tiempo Civil (en el caso de la figura mostrada más abajo, respecto del Meridiano Local), a lo largo del año. (Figura 2)

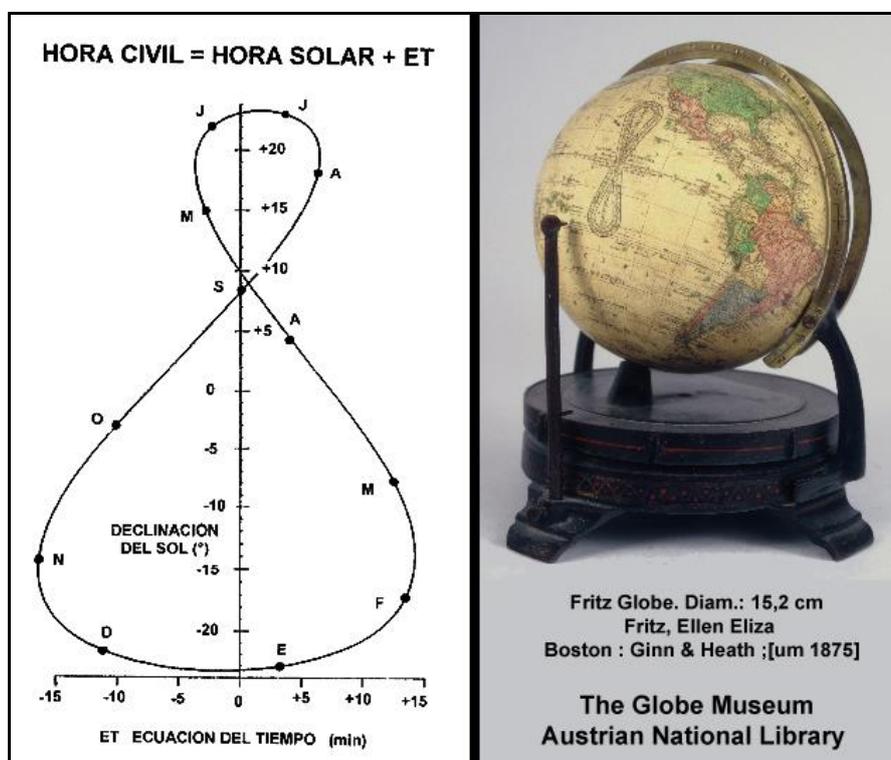


Figura 2: Analema (centrada en el meridiano local), izquierda. Uno de los primeros globos con Analema (derecha). Imagen: Wikimedia Commons.

En general, más allá de los especialistas dedicados a la Gnomónica (el arte del diseño y construcción de relojes de Sol), para quienes la Analema es una figura de gran importancia (Mayall et al, 1938), los fundamentos, historia y consecuentemente las posibilidades de uso en las aulas de esta curva tan especial se mantienen prácticamente desconocidos (Raisz, 1941; Shin Yeow, 2002).

La Analema es una curva bidimensional, cuyos dos ejes incorporan una dimensión espacial (el eje vertical) y una dimensión temporal (el eje horizontal).

En el eje vertical se representan los valores de la declinación del Sol (δ_{Sol}), es decir: la distancia angular del Sol con respecto al Ecuador celeste; en el eje horizontal se representan los valores de la Ecuación del Tiempo, es decir: la diferencia entre el Tiempo Solar Medio y el Tiempo Solar Verdadero ($ET = TSM - TSV$), medidos sobre el meridiano local del lugar de observación.

El rango de la declinación del Sol cubre el intervalo $+23,5^\circ$ a $-23,5^\circ$, correspondiéndose a las posiciones extremas del Sol entre el solsticio de junio y el solsticio de diciembre, respectivamente. El rango de la Ecuación del Tiempo cubre el intervalo -16 min, hacia finales de octubre y principios de noviembre, y +14 min, hacia mediados de febrero.

La Analema como composición de otras dos curvas elementales

Es posible considerar que la Analema surge como una composición de dos curvas más simples: la curva de la variación temporal de la declinación del Sol, y la curva de la variación temporal de la Ecuación del Tiempo. (Figura 3)

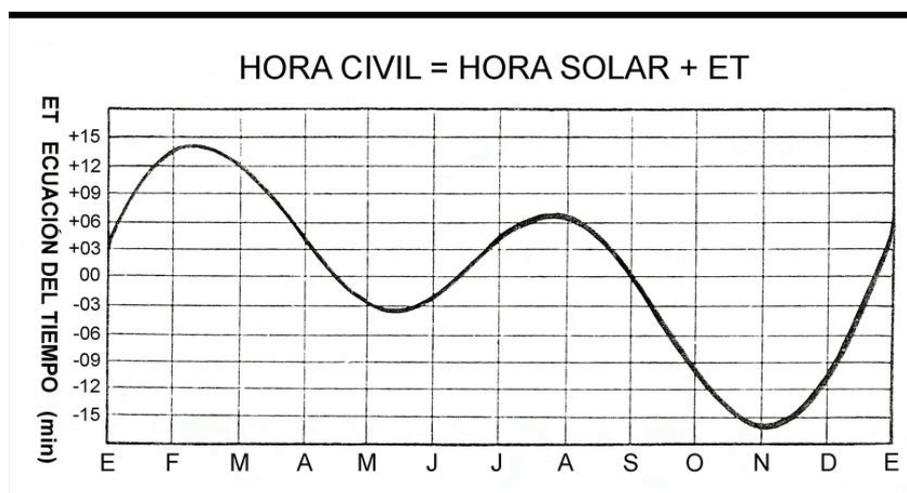
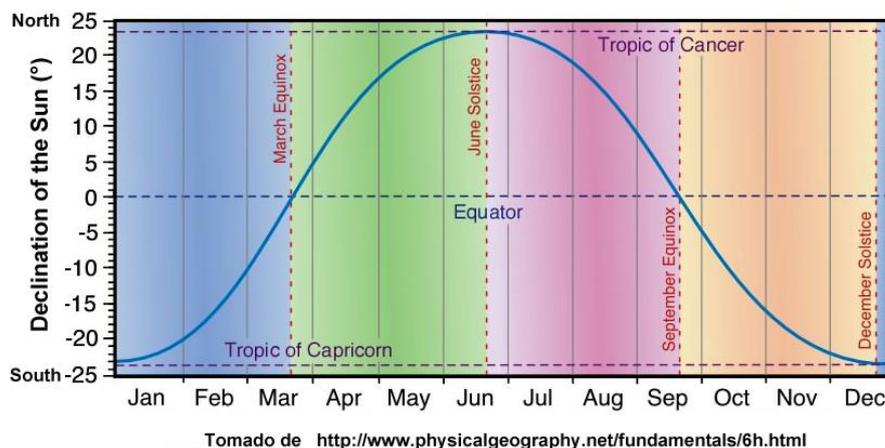


Figura 3: Variación de la declinación del Sol y Ecuación del Tiempo.

Si se toma como parámetro común la variable tiempo (el día del año, según los ejes horizontales de los dos gráficos anteriores), y se grafica la declinación del Sol como función de la Ecuación del Tiempo, dejando como parámetro implícito al tiempo, se obtiene la curva Analema (Sutton, 1956). Cabe destacar que la Analema puede obtenerse en forma observacional, sin pasar necesariamente por el Cálculo, la representación gráfica de funciones independientes y su posterior composición en una gráfica nueva. De hecho, este fue el objetivo principal del presente Proyecto.

Qué información brinda la Analema

La Analema brinda mucha información de gran importancia para la Astronomía y para su Didáctica. Los aspectos más importantes son los siguientes:

- La Analema se genera debido a dos características del sistema Tierra-Sol: la traslación de la Tierra en su órbita con su eje de rotación inclinado $23,5^\circ$ con respecto al eje de la misma, y que la órbita terrestre es una elipse de baja excentricidad. Esto trae como resultado visible cotidianamente el cambio gradual en la posición del Sol en el cielo local, a una hora civil fija, y la variación en la velocidad de desplazamiento del mismo proyectada sobre el cielo local.

- Como consecuencia de estos dos movimientos, la curva Analema no es simétrica, en ninguna de sus dimensiones.
- Cuando la Ecuación del Tiempo toma valores negativos, significa que el Sol se encuentra al Oeste del meridiano, lo que habitualmente se denomina que “el Sol adelanta” (el Sol verdadero va por delante del Sol medio); viceversa, con valores positivos, el Sol se encuentra al Este del meridiano, y se denomina que “el Sol atrasa” (el Sol verdadero va por detrás del Sol medio).
- La Analema se cruza a sí misma en un único punto, el cual representa dos fechas en el año (hacia mediados de abril y hacia fines de agosto). En esas dos épocas, coinciden los valores de la declinación del Sol (en un caso yendo de Sur a Norte del Ecuador celeste y en el otro caso yendo de Norte a Sur del Ecuador celeste, respectivamente) y de la Ecuación del Tiempo (en ambos casos decreciendo).
- La Ecuación del Tiempo toma el valor “0” cuatro (4) veces en el año. En esos días, el Tiempo Solar Verdadero coincide con el Tiempo Solar Medio y el Sol cruza el meridiano local exactamente a las 12:00 de TSM (habiendo tomado en cuenta la diferencia de longitud geográfica entre el meridiano local y el Meridiano Oficial del país). En ningún caso estos días coinciden con los solsticios ni con los equinoccios.
- Las fechas correspondientes a los solsticios y equinoccios, y al afelio y al perihelio, no están ubicadas sobre los ejes de la Analema.

Historia de la Analema

¿Desde cuándo se conoce la curva que denominamos Analema?; ¿quiénes la “inventaron” y con qué fines (Savoie, 2008)?; ¿en qué globos terráqueos aparece por primera vez una Analema? Kristen Lippincott, en su libro “El Tiempo a través del tiempo”, explica que posiblemente haya sido Joseph Harris en 1740 quien incorporó por primera vez una analema en un globo terráqueo.

Para generar una Analema, es necesario contar con un patrón de tiempo no solar, supuesto sin variaciones, tal como se postula que es el Tiempo Solar Medio, materializado por los relojes mecánicos y hoy día reemplazado por el Tiempo Atómico. Es de suponer que no deberían existir analemas antes de que se definiera la Escala de Tiempo Solar Medio y se la materializara con relojes mecánicos confiables, lo que sucedió aproximadamente desde principios del siglo XVIII al siglo XIX. (Coppitz, 1871, Nystuen, 2008). Savoie (2008) afirma que fue Grandjean de Fouchy, en 1730, quien inventó el reloj solar de tiempo medio, incorporando a los tradicionales relojes de Sol la Ecuación del Tiempo (la cual se conocía desde la Antigüedad como la variación diaria respecto de un valor promedio anual del instante de tiempo del paso del Sol por el meridiano local).

Cabe destacar que las palabras “analema”, “analemático”, etc., se utilizan desde antes de Cristo, pero se refieren al método gráfico para diseñar relojes de Sol, mucho antes de que existieran los métodos analíticos, y no guardan relación alguna con la Analema. Asimismo, el tipo de relojes de Sol de gnomon móvil denominados “analemático”, de gran complejidad matemática, no debe su nombre a la Analema, sino a aquel método gráfico (Kittler, 2004).

ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PROYECTO ANALEMA

Con el fin de que los resultados obtenidos pudieran ser comparados entre todos los Equipos, se acordaron ciertos criterios metodológicos:

- La determinación de la meridiana del lugar de observación (línea Norte-Sur) debe ser realizada por el “Método de las alturas iguales”, y no por medios magnéticos, como fuera trabajado en los anteriores Proyectos sobre Equinoccio y Oblicuidad.
- El gnomon a utilizar durante las mediciones principales del Proyecto, es decir: las máximas alturas del Sol y el instante de Tiempo Civil en que sucede el Mediodía Solar Verdadero, debe ser de un metro (1 m) de altura neta sobre el suelo.
- Las coordenadas topocéntricas latitud y longitud geográficas de los lugares de observación están dadas al minuto de arco (′), ya que no es necesaria mayor precisión dados los objetivos del Proyecto. En la equivalencia a tiempo de la longitud geográfica, la posición estará dada al minuto de tiempo (1 min).
- Los ángulos medidos para determinar la máxima altura del Sol sobre el horizonte local serán dados con una precisión no mayor que medio grado (0,5°), por las mismas razones antes expuestas.
- La medición de la máxima altura angular del Sol a mediodía solar verdadero (MSV) podrá realizarse de distintas maneras:
 - Materializando con hilos los rayos de luz y las sombras, es posible medir ángulos tanto sobre el suelo (es realmente la medida directa de la máxima altura del Sol) o ángulos en el extremo del gnomon (se mide el ángulo complementario, una medición indirecta), tal como se realizara en los dos Proyectos anteriores ya citados (y constan en sus materiales didácticos).
 - Sin utilizar hilos, se marca el extremo de la sombra más corta (sobre la línea Norte-Sur), se mide su longitud, y tomando como dato la altura del gnomon (1 m), se calcula de la siguiente manera (Figura 4):

$$\text{arc tg} \frac{1 \text{ m}}{l_{\text{sombra}}} = \theta_{\text{Sol a MSV Fecha}}$$

- Los instantes de tiempo serán medidos con una precisión no mayor que medio minuto de tiempo (0,5 min), por las mismas razones antes expuestas.

Cómo medir la declinación del Sol

La declinación del Sol (δ_{Sol}) se obtiene a partir de realizar la siguiente resta (de acuerdo con el esquema de la Figura 4), para cada fecha de observación (nótese que el esquema está hecho para latitudes del hemisferio sur):

$$\delta_{\text{Sol}} = \theta_{\text{Sol a MSV Equinoccio}} - \theta_{\text{Sol a MSV Fecha}}$$

Cómo medir la Ecuación del Tiempo

La Ecuación del Tiempo (ET) se obtiene a partir de:

$$\text{ET}_{\text{Fecha}} = \text{T}_{\text{MSV Fecha}} - (12 \text{ h} + \Delta\lambda_{\text{obs}}) \quad \text{con } \Delta\lambda_{\text{obs}} = \lambda_{\text{obs}} - \text{Huso Oficial.}$$

Siendo $\text{T}_{\text{MSV Fecha}}$ el instante de tiempo en que ocurre la sombra más corta.

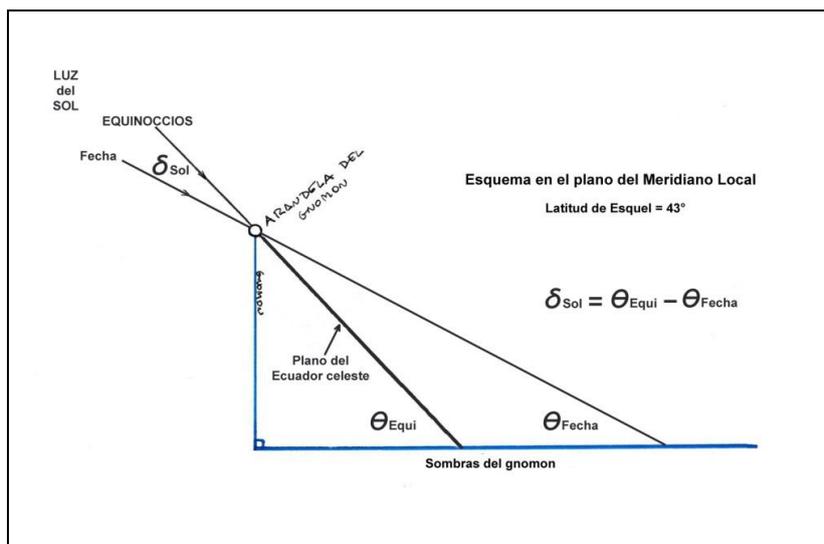


Figura 4: Esquema que muestra la forma en que se mide la máxima altura angular y la declinación del Sol, para una fecha dada (ver Figura 5). Imagen: de los autores.

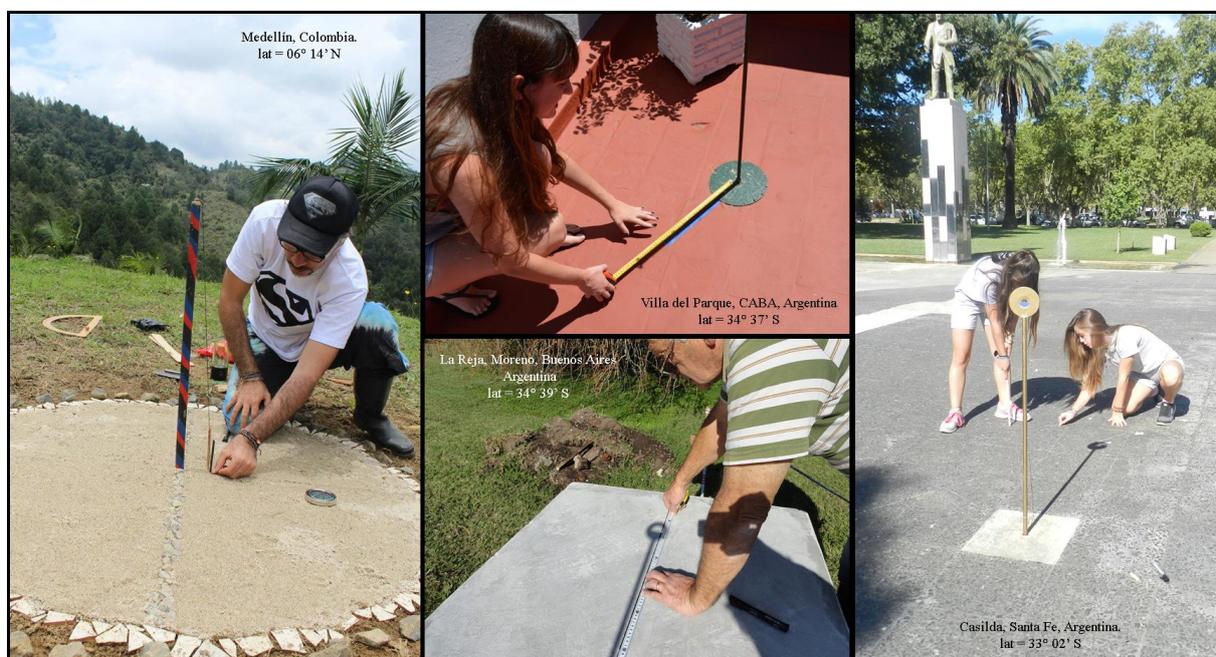


Figura 5: El trabajo sistemático con las sombras del gnomon.

Como ejemplo, supongamos que un cierto día en Esquel el mediodía solar verdadero (instante de la sombra más corta) sucedió a las 13 h 47 min.

La longitud geográfica de Esquel es $71^{\circ} 20' O$, lo que expresado en tiempo equivale a 4 h 45 min (aproximado al minuto), al Oeste. Argentina utiliza como Meridiano Oficial el de 45° al Oeste de Greenwich, o sea: la Zona Horaria GMT-3. Es decir, Esquel está “corrido” hacia el Oeste en 1 h 45 min, con respecto a la Hora Oficial Argentina, lo que implica que cuando el reloj civil marca las 12:00 horas, un reloj de Sol en Esquel marcaría las 10 h 15 min. Viceversa, cuando el reloj de Sol marca las 12:00 horas, el reloj civil marcaría las 13 h 45 min (considerando en estos ejemplos un valor de la ET = 0). Por esta razón, y en el caso de Esquel, es: $\Delta\lambda_{\text{Esquel}} = 4 \text{ h } 45 \text{ min} - 3 \text{ h } 00 \text{ min} = 1 \text{ h } 45 \text{ min}$. (este valor es fijo, para siempre).

Finalmente, será: $ET_{\text{Fecha}} = 13 \text{ h } 47 \text{ min} - (12 \text{ h} + 1 \text{ h } 45 \text{ min}) \quad ET_{\text{Fecha}} = + 2 \text{ min}$

Cómo dibujar la Analema

Para cada día de observación, se tendrá un par de datos (δ_{sol} , **ET**). En un gráfico cartesiano, se vuelcan los pares obtenidos y gradualmente se va trazando la curva Analema, cuidando que la curva de ajuste sea continua y suave (“sin puntas”).

Es posible también dibujar sobre el suelo la curva marcando en qué posición se encuentra la sombra del extremo del gnomon en el instante correspondiente a $\Delta\lambda_{\text{obs}}$ (expresado en tiempo). En el caso de Esquel, se marca sobre el suelo un punto por cada fecha de observación, exactamente a las 13 h 45 min. (Figura 6).

OTRAS PROYECCIONES DEL PROYECTO, AÚN POR EXPLORAR

Si bien el período de tiempo acordado para la realización del Proyecto Analema (marzo 2015 a marzo 2016) ha concluido, el trabajo de observación y de experiencias didácticas continuará.

Así, además de mejorar las distintas analemas realizadas, aún quedan varios temas de gran interés por desarrollar, algunos de los cuales son los siguientes: realizar un diagnóstico de ideas previas sobre la Analema (estudiantes y profesores de los distintos niveles, gente común); buscar recursos didácticos asociados a la Analema (textos históricos, películas); realizar estudios de postgrado (maestrías, doctorados) en la enseñanza de la Astronomía sobre la Analema y sus posibilidades didácticas, históricas, etc.; realizar la construcción de analemas como intervención ciudadana (en lugares públicos, plazas, edificios, dentro o fuera de los mismos); generar proyectos institucionales en escuelas e instituciones educativas (observación, registro y construcción en patios escolares, aulas, salones de usos múltiples, etc.); realizar una Analema fotográfica (posición del Sol en el cielo local, desde un punto de observación y a un instante de tiempo fijos).

COMENTARIO FINAL

Intentar realizar un proyecto colaborativo entre personas e instituciones con una gran diversidad (de formación profesional, cultural, geográfica, etc.) en una región tan extensa como América del Sur, trabajando además sobre una temática pocas veces tratada en la educación básica y en la formación docente como lo es la Analema, y en forma observacional, ha sido un desafío muy grande.

A pesar de las muchas dificultades que hemos tenido (comunicación, clima, tiempos institucionales, vacaciones, traslado de docentes, diferencias en los procesos de medición, sistematicidad en los registros, homologación de los datos, etc.), consideramos que los resultados de este proceso han sido de gran valor, educativo y social, por lo que resaltamos enfáticamente que este tipo de proyectos deben continuar realizándose, tendiendo a que la Enseñanza de la Astronomía en América del Sur se desarrolle y profundice en su identidad.

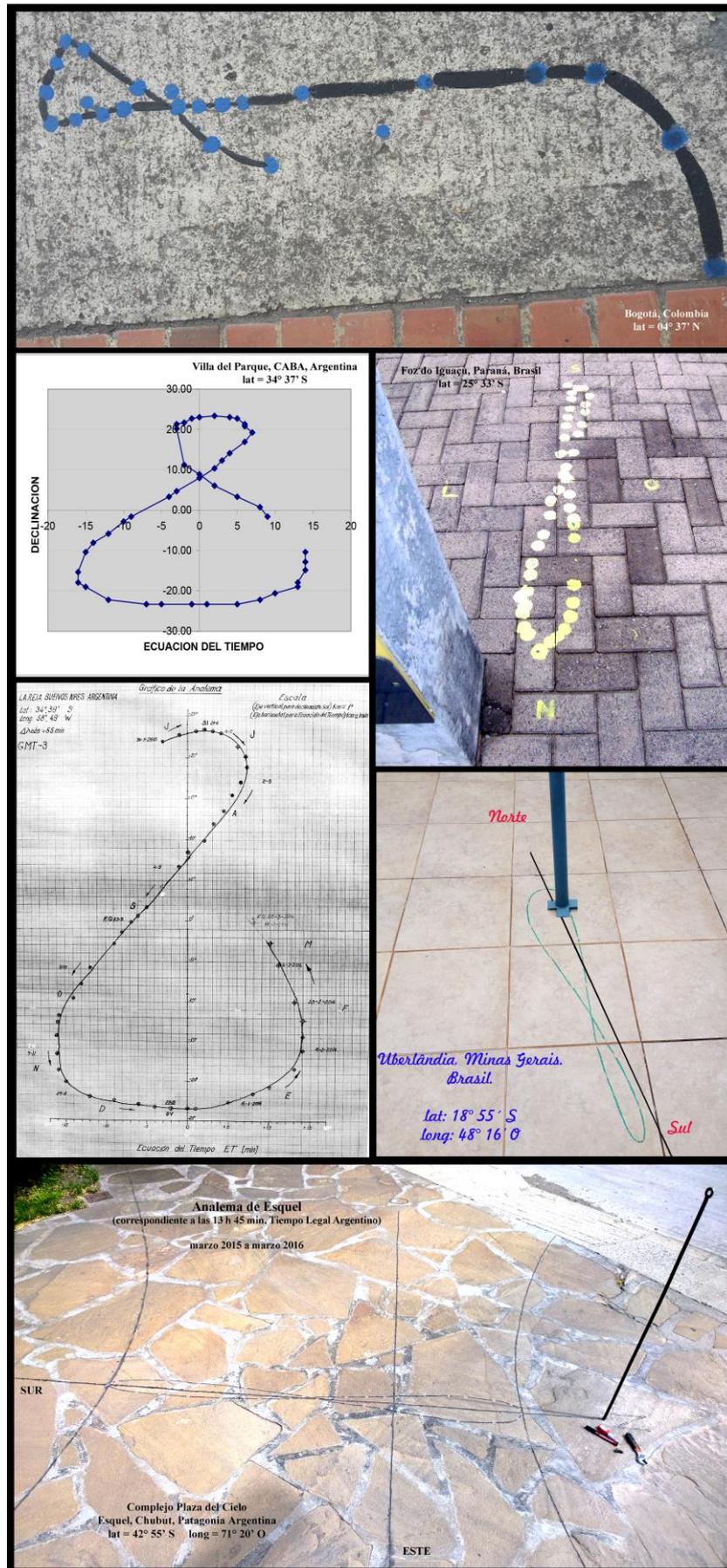


Figura 6: Analemas en proceso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Camino, Néstor, et alii. (2009). “Observación conjunta del Equinoccio de marzo, Proyecto CTS 4 – Enseñanza de la Astronomía”. *Caderno N°31 (número especial)*, SBPC. Disponible en: http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/caderno_digital/caderno_31.pdf
- Camino, Néstor, et alii. (2014). “Determinación de la oblicuidad de la Eclíptica. Proyecto de observación conjunta entre Brasil y Argentina”. *Actas de SNEA III*, Curitiba, Brasil. Disponible en: <http://www.sab-astro.org.br/IIISNEA>
- Coppitz, G. (1871). *Costruzione dell’Orologio Solare a Tempo Medio in piano verticali*. Treviso, Italia.
- Kittler, R., Darula, S. (2004). “Analemma the ancient sketch of fictitious sunpath geometry or Sun, time and history of mathematics”. *Architectural Science Review*, Vo. 47, 2004, No. 2, p. 141-144.
- Mayall, N., Mayall, M. (1938). *Sundials. How to know, use, and make them*. Hale, Cushman & Flint.
- Nystuen, J. (2008). “Set in stone. An Analemma in Northern Italy”. <http://www-personal.umich.edu/~copyright/image/solstice/sum00/nystuen.html>
- Raisz, E. (1941). “The analemma”. *The Journal of Geography. A magazine for schools*. Vol. 40. pp. 90-97.
- Savoie, D. (2008). “L’aspect gnomonique de l’oeuvre de Fouchy: la méridienne de temps moyen”, *Revue d’Histoire des Sciences*, t. 61-1, janvier-juin 2008, p. 41-61.
- Shin Yeow, T. (2002). *The Analemma for latitudinally-challenged people*. Department of Mathematics National University of Singapore.
- Sutton, R. (1956). “...of Time and the Sun. An experimental encounter with the equation of time”. *Physics Today*. June Issue, pp. 15-19.