

Diálogo Andino
Revista de Historia, Geografía y Cultura Andina

Diálogo Andino - Revista de Historia,
Geografía y Cultura Andina

ISSN: 0716-2278

rda@uta.cl

Universidad de Tarapacá
Chile

Ortiz García, Elena

UNA APROXIMACIÓN A LOS ESTUDIOS ARQUEOASTRONÓMICOS EN LOS ANDES
PRECOLOMBINOS

Diálogo Andino - Revista de Historia, Geografía y Cultura Andina, núm. 39, junio, 2012, pp. 57-72

Universidad de Tarapacá
Arica, Chile

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371336249006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

UNA APROXIMACIÓN A LOS ESTUDIOS ARQUEOASTRONÓMICOS EN LOS ANDES PRECOLOMBINOS

AN APPROACH TO STUDY IN THE ANDES ARCHAEOASTRONOMICAL PRE-COLUMBIAN

Elena Ortiz García *

Este artículo supone una primera aproximación a los problemas que encontramos al profundizar en el grado de desarrollo de la Astronomía alcanzado por los pueblos andinos, y por ende los incas, en época precolombina, acompañada de propuestas de resolución de algunos de los mismos. Diversos han sido los trabajos sobre el tema realizados desde finales del siglo XX, pero aún persisten contradicciones sin resolver en las que no se ha puesto la suficiente atención.

Tras un breve resumen de la información disponible sobre los conocimientos astronómicos incaicos, desde las estrellas a la Vía Láctea, se dedica una atención especial al Sol cuya observación era vital para mantener un calendario correcto que sincronizara las actividades agrícolas y sociales entre los lugares más recónditos del vasto Imperio y permitiera al Inca hacer patente su poderío y su control del Estado.

Palabras claves: astronomía incaica, calendario inca, observaciones solares.

In this article we carry out a first approach to problems appearing when we analyze in deeper detailed the level of astronomical development achieved by pre-Columbian Andean cultures and in particular by the Incas. We also propose solutions to some of those problems. Since the last decades of twentieth century, several works have been carried out in this field, but some contradictions have not been sufficiently remarked nor solved.

First of all, a brief summary of the astronomical knowledge is presented with special attention paid to the Sun. Our star had vital importance in order to fix an official proper calendar, synchronizing agricultural and social activities between most distant regions of the vast Empire. This allowed the Inca to show his power and his control over the whole State.

Key words: inca astronomy, inca calendar, solar observations.

Introducción

Astronomía y poder en los Andes precolombinos

¿Quién no se ha sentido cautivado por un despejado y límpido cielo estrellado? Esta atracción acompaña a la Humanidad desde el comienzo de los tiempos. Poco a poco fue dando lugar a observaciones más minuciosas y constantes, percatándose de la regularidad de ciertos fenómenos, que en algunos casos fue asociándose con actividades sociales, económicas y religiosas. Esto ocurrió en prácticamente todas las culturas antiguas. Aun se tardó mucho tiempo antes de que los astros adquirieran su importancia en sí mismos y que la Astronomía pasara a ser la Ciencia que actualmente conocemos y que asienta sus bases en el siglo XVII, con Galileo, Kepler y Newton.

Así, en el caso que nos ocupa de los pueblos precolombinos de la zona andina, la observación y

estudio de los astros no tenían una finalidad en sí mismos; más bien estuvieron íntimamente ligados al desarrollo de la agricultura y al servicio del poder.

El conocimiento del cielo y el movimiento de los astros constituían el único medio para predecir la llegada de cada estación del año, las épocas de lluvias y de sequías, y en definitiva para mantener un calendario sincronizado que indicara el momento idóneo para realizar siembras y cosechas y por ende las celebraciones con ello relacionadas. En el caso del Imperio Inca la sincronización del calendario resultaba si cabe aún más esencial, dado el extenso y variado territorio que debían controlar.

La base de cualquier calendario agrícola es el Sol y como tal, este astro fue observado con harto cuidado y diligencia por los incas, hasta el punto de ser venerado como un Dios y considerado como antepasado último del Inca. Asimismo, queda patente la importancia del astro rey en la zona andina en la celebración de sus ceremonias principales. El Inti Raymi y el Capac Raymi, que tenían lugar en los

* Universidad de Alcalá de Henares, Departamento de Física, Madrid, España. Correo electrónico: elena.ortizg@uah.es

solsticios de junio y septiembre, el Coya Raymi en el equinoccio de septiembre, así como las fiestas de inicio de siembra y cosecha de maíz (agosto y abril) eran marcadas por observaciones solares.

Pero no sólo observaron el Sol, también el resto de astros del firmamento atraieron su atención hasta la veneración.

Aquel que poseía conocimientos astronómicos y podía, por tanto, realizar predicciones sobre los fenómenos periódicos en el cielo, adquiría un plus de poder sobre el resto de la población. Por ello, la Astronomía se hallaba en cierto sentido al servicio del poder y suponía un medio más de control de la sociedad.

Existen evidencias de que eran especialistas los encargados de llevar a cabo estas observaciones (García Hernández et al., 2000) y de que incluso el Inca estaba implicado en ellas.

El Inca, así como los nobles intervenían en estas observaciones, pues la coordinación de los rituales suponía un mecanismo de unión de la sociedad y una centralización de poder y la autoridad. Llegaba a constituir una forma de legitimación del Inca por asociación de éste con el Sol, su antepasado y protector: sólo gracias a la intercesión del Inca se mantenía la sincronización de los movimientos celestes y de las estaciones.

Pero, ¿hasta dónde alcanzaban estos conocimientos astronómicos? ¿Qué observaciones se llevaban a cabo? ¿Con qué medios? ¿Qué registros nos queda de ello?

Fuentes de información sobre los conocimientos astronómicos antiguos

Los estudios sobre los conocimientos astronómicos andinos en época prehispánica se ven dificultados por el hecho de que no disponían de escritura, a diferencia de lo que ocurre con los estudios en otras culturas antiguas como los mayas, los egipcios o los mesopotámicos. Bien es cierto que llevaban un registro numérico en los llamados quipus, cuyo estudio está avanzando grandemente en los últimos años gracias a los trabajos de Urton y sus colaboradores (Urton 2007). Es bien posible que en algunos de dichos quipus se recogiera información astronómica, como se extrae de algunas crónicas escritas tras la conquista (Guamán Poma, 1615), pero hasta la fecha no ha podido ser verificado. Sí parece que, al menos en dos de los quipus estudiados por Urton, la información sea calendárica (Zuidema, 2010), pero se debe profundizar aún mucho en este campo.



Figura 1. Celebración en la Plaza de Armas de Cuzco, Perú (Fotografía de la autora en julio 2002).



En Arqueoastronomía también puede extraerse información de los elementos arquitectónicos y del paisaje de los yacimientos arqueológicos. La orientación de algunos elementos como muros, vanos, columnas, etc., nos proporciona indicios de los conocimientos astronómicos e incluso, en ocasiones, pueden haber sido ubicados y orientados precisamente para un uso relacionado con la Astronomía y en especial con el calendario. En este sentido cabe destacar los trabajos realizados por Bauer y Dearnborn (1998).

Entretanto, la fuente de información más fértil está constituida por las crónicas escritas en los primeros tiempos tras la llegada de los españoles. Sin embargo, estas fuentes adolecen de algunos problemas con los que el investigador debe ser muy cuidadoso.

conocimientos astronómicos que estaban difundidos en esa época por Europa y en particular por España. Un ejemplo claro lo constituyen los nombres de estrellas y constelaciones. Los 88 nombres de constelaciones que actualmente empleamos fueron establecidos como estándar por la IAU (International Astronomical Union) en 1930. Durante siglos se habían venido realizando diversos intentos para lograr tal estándar sin demasiado éxito y era la tradición la que solía imponerse. A modo de ejemplo, en España, las Pléyades eran conocidas como *las Cabrillas*, el Cinturón de Orión como *las Tres Marías* e incluso ocurría que diversas agrupaciones de estrellas eran conocidas por el mismo nombre; tal es el caso del empleo de *la Cruz* para designar diferentes conjuntos tanto del hemisferio Norte como del Sur. En los estudios de la zona andina este problema se ve agravado por el hecho de que los catálogos de estrellas del hemisferio sur estaban mucho menos divulgados en los siglos XVI y XVII que los del hemisferio Norte y una gran parte de las estrellas visibles desde latitudes como la del Cuzco son sólo visibles en el hemisferio Sur.

Otro aspecto esencial a tener en cuenta a la hora de interpretar correctamente las fechas que aparecen en las crónicas y trasladarlas a nuestro calendario, es si la corrección gregoriana² del calendario había sido realizada por el cronista o sus informantes (Comas, 1957). Este hecho puede hacernos diferir los resultados hasta en 10 días.

Además, resulta de vital importancia conocer el acceso a la información sobre la cultura andina que pudiera tener el cronista: su conocimiento de las lenguas indígenas, la realización de las investigaciones en fechas tempranas tras la conquista o la interrogación directa de informantes autóctonos.

Y por último, pero no menos importante, siempre se ha de considerar la finalidad del cronista, lo que

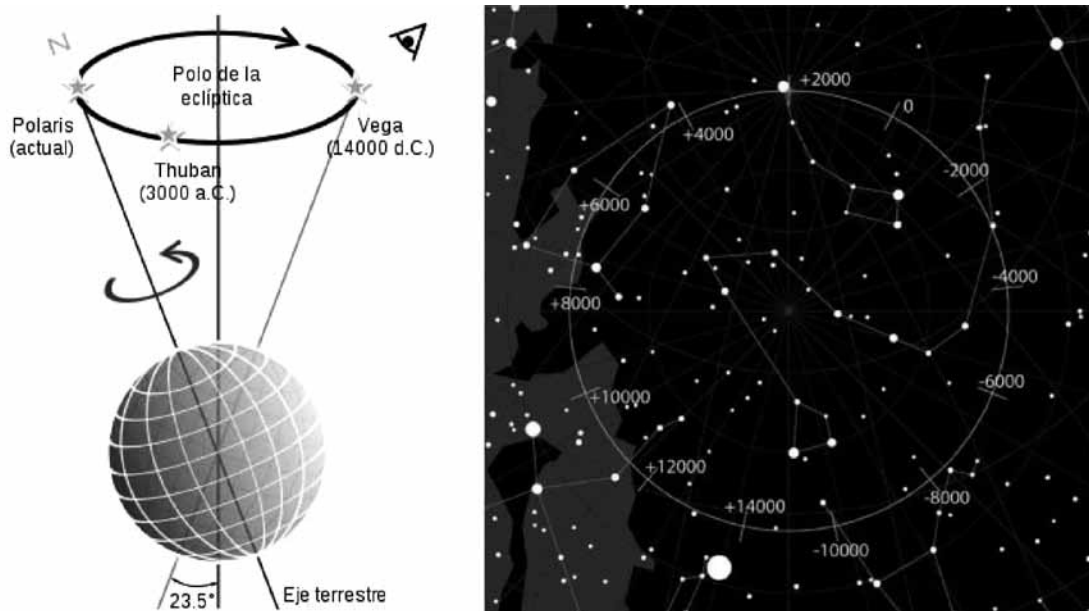


Figura 3. Efecto de la precesión del eje de rotación de la Tierra sobre el fondo de estrellas.

puede haber influido notablemente en los datos y la forma de contarlos que haya empleado.

Una fuente escrita muy importante en Arqueoastronomía está constituida por los diccionarios, sobre todo los de época temprana, pues contienen abundante terminología astronómica.

Una vez recogidos los datos astronómicos de cada una de las posibles fuentes anteriores es imprescindible comparar esos datos con la visión de la bóveda celeste que tenía la cultura en cuestión en ese momento. Para ello deben aplicarse las ecuaciones de transformación apropiadas, aunque actualmente se facilita el trabajo con el empleo de programas informáticos de simulación astronómica adecuados.

Los incas y las estrellas

En las observaciones a simple vista se pueden diferenciar claramente dos tipos de astros. Por un lado los astros más allá de nuestro Sistema Solar, esto es, estrellas, nebulosas, galaxias, que permanecen aproximadamente en las mismas posiciones relativas a lo largo de muchos años; y por otro, los de nuestro Sistema Solar –los planetas, la Luna y el propio Sol– que de día en día van variando sus posiciones respecto al fondo de estrellas. Sin un telescopio, ambos tipos de astros no parecen distinguirse más que por su movimiento, dado que aparecen como

simples puntos luminosos en el oscuro firmamento, con excepción de la Luna y el Sol.

A simple vista y en lugares sin contaminación lumínica, como ocurría en la Antigüedad, el ojo humano puede llegar a observar del orden de unas 6.000 estrellas y ese fue el Universo conocido hasta las primeras observaciones con telescopio de Galileo en 1609.

Casi todos los astros los vemos salir cada día por el Este y ponerse por el Oeste, a causa del movimiento de rotación de la Tierra en sentido contrario, aunque algunas de ellas, conocidas como circumpolares, no llegan a hacerlo, debido a su proximidad a la proyección del eje de rotación. El número de estrellas circumpolares depende de la latitud del lugar, creciendo según nos aproximamos a los polos terrestres.

Debido al movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, las estrellas son visibles unos meses sí y otros no, salvo las mencionadas estrellas circumpolares. En realidad las estrellas siguen en el mismo sitio, pero durante el período de invisibilidad el Sol está brillando cuando ellas están en el cielo, esto es, se ponen cuando todavía es de día.

Las estrellas, a diferencia del Sol, la Luna y los planetas, salen y se ponen cada día del año por el mismo lugar del horizonte, como ya hemos indicado, aunque para ser precisos hemos de recordar que con el paso de los siglos sí resulta apreciable una

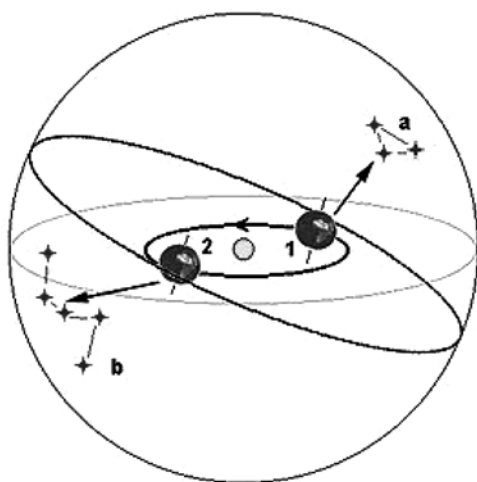


Figura 4. Invisibilidad de los astros debido a la posición relativa entre el Sol y la Tierra cuando ésta va girando en el movimiento de traslación.

variación en esta posición debido al movimiento de precesión (ver sección anterior).

Las posiciones de las estrellas que los antiguos habitualmente observaban con detenimiento eran la salida y puesta heliaca de las estrellas. Se conoce como salida u orto heliaco a la salida por el Este justo antes de salir el Sol, después de su período de invisibilidad. A partir de ese día, la estrella cada vez será visible durante más tiempo antes de la salida del Sol. Por el contrario, la puesta heliaca u ocaso heliaco es la puesta por el Oeste justo después de ponerse el Sol.

En el caso del mundo andino precolombino no parece, por las investigaciones llevadas a cabo hasta ahora, que hicieran un seguimiento de estas posiciones. En realidad, las estrellas únicamente eran observadas para ser adoradas con el fin de obtener su favor: constituían algo así como el patrón de cada profesión. La mayor parte estaban asociadas a animales y procesos productivos.

... La adoración de las estrellas procedió de aquella opinión en que estaban de que para la conservación de cada especie de cosas había el Creador señalado una causa segunda; en cuya conformidad creyeron que de todos los animales y aves de la Tierra había en el cielo un símil que atendía á la conservación y aumento dellos, atribuyendo este oficio y ministerio á varias constelaciones de estrellas.

(Cobo 1653: Libro. 13, Cap. 6)

... Y las demás estrellas eran veneradas por aquellos particularmente que les parecía que aún menester su fauor. Porque atribuyan á diversas estrellas diuersos oficios. Y assí los Ouejeros hazían veneración y sacrificio á una estrella que ellos llaman Urcuchillay, el qual entiende en la conseruación del ganado...

(Polo de Ondegardo, 1559: Cap. 1)

Del análisis de las crónicas podemos deducir algunas de las estrellas (*Coyllur* para los antiguos incas [de la Vega, G., 1609]), y constelaciones que eran más veneradas por los habitantes de los Andes precolombinos. De hecho, Bernabé Cobo (1653) apunta que tenían nombre para todas las estrellas de primera magnitud visibles a simple vista.

Las principales parecen haber sido las Pléyades, conocidas como *Collca* (Cobo, 1653; Polo de Ondegardo, 1559), que eran adoradas por todos los habitantes, pues se suponía que habían dado lugar a todos los animales.

El resto eran veneradas, como ya se ha indicado, por los que se dedicaban a determinado oficio. Así, por ejemplo, las estrellas de la Lira, constelación en la que se encuentra Vega, una de las estrellas más brillantes del firmamento, eran conocidas como *Urcuchillay* (llama macho) y pensaban que ayudaba a conservar el ganado (Polo de Ondegardo, 1559; Cobo, 1653).

Como otras culturas antiguas, no hacían distinción entre estrellas y planetas a pesar de que el movimiento de estos últimos a lo largo de un año es claramente distinto al de las estrellas. Como se ha indicado, los planetas ocupan una posición distinta respecto al fondo fijo de estrellas cada noche, incluso volviendo sobre sus pasos a veces (*retrogradación*). Este movimiento se realiza aproximadamente por la misma línea que se ve moverse al Sol, esto es, la *Eclíptica*.

A simple vista son visibles cinco planetas. El que más llama la atención es Venus, que unas veces vemos antes de amanecer (lucero matutino) y otras después de anoecer (lucero vespertino).

Entre los incas Venus era conocido como *Chasca* (coyllur) y lo más importante es que parece que llegaron a darse cuenta de que era el mismo astro al anoecer y al amanecer, lo cual requiere realizar observaciones cuidadosas durante mucho tiempo:

...Venus, que unas veces la veían al anocheecer y otras al amanecer decían, que si el Sol como señor de todas las estrellas, mandaua que aquella por ser mas hermosa que todas las demás anduuiesse cercaa del unas veces delante, y otras atrás...

(Garcilaso de la Vega, 1609 Libro II
Capítulo XXII)

Por último, destacaremos un aspecto muy relevante de la observación del cielo de los antiguos pueblos andinos que fue la importancia que dieron a la *Vía Láctea*, la galaxia en la que reside nuestro Sistema Solar y que se aprecia en el cielo nocturno, recorriéndolo de parte a parte, como una mancha blanquecina salpicada de zonas oscuras (actualmente sabemos que corresponden a zonas de gran densidad de polvo que se encuentra en dirección a su centro).

Desde el hemisferio Sur su aspecto es mucho más impresionante que desde el Norte, hasta el punto de que, según nos cuenta Francisco de Ávila (¿1598?), estos pueblos daban nombre a algunas de las mencionadas manchas oscuras tal y como en las culturas del hemisferio Norte se hacía para agrupaciones de estrellas singulares; de ahí que sean conocidas como *constelaciones oscuras*. Hasta donde sabemos son los únicos pueblos que lo han hecho.

La Vía Láctea en su conjunto era vista como un río, *Mayu*.

La que llamamos Yacana, el **camac** de las llamas, camina por medio del cielo. Nosotros los hombres la vemos cuando llega toda negra a Yacana anda en medio de un río / **Mayu**/. Es de veras muy grande. Viene por el cielo poniéndose cada vez más negra. Tiene dos ojos y un cuello muy largo... A

medianoche, sin que nadie lo sepa, esta Yacana bebe toda el agua del mar. De no hacerlo, inmediatamente inundaría nuestro mundo entero.

(Francisco de Ávila ¿1598?: Cap. 29)

Los incas y el Sol. Saybas, sucancas y otros instrumentos de observación

De entre todos los astros, es el Sol el que con más detenimiento y más habitualmente ha sido observado por todas las culturas antiguas. El Sol es el responsable de los fenómenos climatológicos y por tanto marca los ritmos estacionales agrícolas y por ende las celebraciones sociales y religiosas asociadas. Así, las observaciones del Sol son esenciales para proporcionar una coordinación de la vida social a través del calendario.

Las posiciones y apariencia del Sol que se observan son consecuencia del movimiento aparente de este astro respecto a la Tierra, debido a la combinación de los dos movimientos básicos de ésta alrededor de su propio eje (*rotación*) y del Sol (*traslación*). La posición del Sol marca el comienzo de cada estación y se repite regularmente al cabo de un año.

En latitudes intermedias (entre los trópicos y los círculos polares), las posiciones principales del Sol son los dos equinoccios y los dos solsticios. Sin embargo, en latitudes tropicales, como la de Cuzco y la mayor parte del territorio del Imperio Inca, se producen además otros dos fenómenos importantes a tener en cuenta: los pasos del Sol por el cenit³.

En los equinoccios, la duración del día y la noche es la misma. Se producen en torno al 21 de marzo y el 21 de septiembre. El Sol sale entonces exactamente por el punto Este (acimut 90°) y se



Figura 5. Imagen de la Vía Láctea con la superposición, realizada por la autora, de las posibles *constelaciones oscuras* mencionadas en *Ritos y Tradiciones de Huarochiri*, compilados por Francisco de Ávila (¿1598?).

pone exactamente por el Oeste (acimut 270°) del horizonte. Es importante destacar que en estas fechas la sombra que produce cualquier cuerpo sobre una superficie horizontal a lo largo de todo el día se mueve en una línea recta que une el Oeste con el Este. Este hecho ha sido empleado históricamente por distintas culturas para conocer la fecha precisa de los equinoccios y las posiciones exactas de los puntos cardinales Este y Oeste.

Por el contrario, en los solsticios el Sol alcanza su máxima y su mínima altura sobre el horizonte a mediodía solar en el cielo del observador. Además, y como consecuencia de ello, la noche es la más corta o la más larga del año, respectivamente. Tienen lugar en torno al 21 de junio y diciembre.

En los pasos del Sol por el cenit, éste no produce sombra al mediodía solar⁴. Estos pasos sólo son observables, como hemos indicado, en zonas de latitudes entre los Trópicos (entre $23^\circ 26' 16''$ N y S), en las que el astro rey puede alcanzar una altura de 90° sobre el horizonte en algún día del año. En concreto para la latitud de Cuzco ($13^\circ 31' 12''$ S) se producen los días 12-13 de febrero y 29-30 de octubre. Este fenómeno coincide con la fecha de los equinoccios sólo en el caso de lugares con latitudes de 0° , esto es, en el círculo máximo conocido como Ecuador, como ocurre en la ciudad de Quito que también perteneció al Imperio Inca, y

por tanto, en general, salvo en estos lugares, en los pasos por el cenit el Sol no sale exactamente por el E ni se pone exactamente por el Oeste.

En base a esto, analizaremos entonces las observaciones solares que llevaron a cabo los incas y cómo las realizaron según los documentos que nos han llegado.

Salida y puesta del Sol. Sucancas o saybas

Uno de los métodos para estudiar posiciones clave del Sol a lo largo del año consiste en el empleo de elementos arquitectónicos o del paisaje. Cimas de montañas o valles observados desde puntos alejados, vanos de puertas o ventanas y columnas pueden servir para que indiquen la posición del Sol en un instante dado en un día determinado. Como la posición del Sol varía cíclicamente con la hora y el día del año, este procedimiento ha sido muy empleado, ya desde tiempos prehistóricos, para hacer coincidir por ejemplo ceremonias religiosas con equinoccios o solsticios.

Por los relatos de algunos cronistas podemos inferir que los Incas emplearon también este procedimiento para coordinar su calendario. Un grupo de pilares ubicados en ciertas posiciones en el entorno del Cuzco, que recibían el nombre de *sucancas* (Polo de Ondegardo [1559, cap. VII]

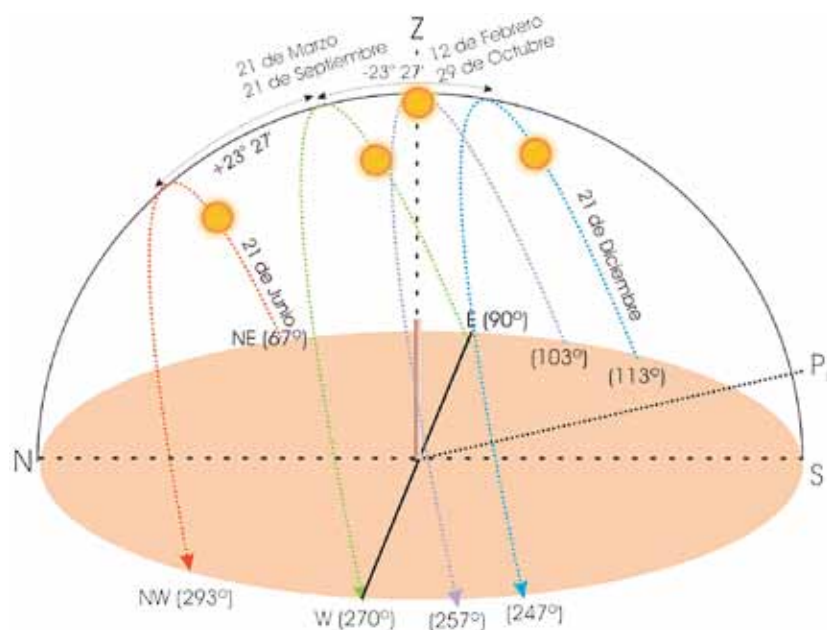


Figura 6. Recorrido diario del Sol en fechas claves para la latitud de Cuzco. Se indican los recorridos del Sol en los solsticios, equinoccios y los pasos por el cenit (Z) y los acimutes de salida y puesta.



Figura 7. A la izquierda, alineamiento de los vanos de las ventanas del Coricancha (Cuzco, Perú). A la derecha, puesta de Sol tras la cima de uno de los montes en torno a Cuzco desde la torre de Santo Domingo (Cuzco) (Fotografías tomadas por la autora en julio de 2004).

y Acosta [1590 Libro VI, cap. III]), o de *saybas* (Polo de Ondegardo [1575, cap XI]), eran observados desde un cierto lugar. Con ello era posible determinar la fecha en el calendario solar en base a la posición del Sol respecto a estos pilares: a su salida y/o a su puesta. Es posible que estuvieran ubicados en dos grupos: uno hacia el Sol naciente y otro hacia el poniente.

Hasta el momento sólo disponemos del testimonio de las fuentes escritas puesto que los esfuerzos arqueológicos realizados para su localización han sido infructuosos (Bauer y Dearnborn, 1998). Pero además, la obtención de una visión concluyente del modo de empleo de estos pilares y sus características resulta problemática al comparar los datos reportados por los distintos cronistas, pues llegan a ser a veces contradictorios (Ortiz García, E., 2012).

Estos problemas afectan a todas sus características: número, altura, separación, ubicación exacta y lugar desde donde se realizaban las observaciones. Por otro lado, no se tiene suficiente certeza sobre qué posiciones clave del Sol eran las que seguían con estas columnas.

En lo que sí están de acuerdo los cronistas es en que fue Inca Pachacutec Yupanqui el que mandó construir estos pilares en torno a Cuzco, por lo que debieron ser ubicados entre el 1440 y el 1470, aproximadamente, y aún seguían en uso al llegar los españoles (Garcilaso de la Vega [1609]; Cieza de León [1554]).

Y usaron de unas torrecillas pequeñas, que hoy día están muchas por los collados del Cuzco, algo ahusadas, para por la sombra que el sol hacía en ellas entender en las sementeras y en lo que ellos más sobre esto entienden.

Cieza de León [1554] Cap. XXVI

A partir de aquí comienzan las contradicciones. Comentaremos algunos datos extraídos del análisis de sólo tres crónicas: la *Suma e narración de los incas* de Juan de Betanzos (1551), *Historia de los Incas* de Sarmiento de Gamboa (1572) y los *Comentarios Reales* (Primera parte, libro segundo, capítulo XXII) de Garcilaso de la Vega (1609) (Tabla 1).

La importancia de Juan de Betanzos como cronista reside no sólo en lo temprano de sus escritos, sino en que además vivió mucho tiempo en Cuzco y estuvo casado con la viuda de Atahualpa, por lo que debió ver facilitado su acceso directo a la información de los indígenas. Él nos cuenta que:

Y tras esto se ponía, cuando se ponía el sol, en cierto sitio, en el cual estuvo seguro en pié en una parte donde bien ver se pudiese, y así como conociese desde aquel sitio do él se paraba, el curso por do el sol iba cuando se ponía, en aquel derecho, en lo más alto de los cerros, hizo hacer cuatro pirámides ó mármoles de cantería, los dos

Tabla 1. Características de las columnas de observación solar.

Cronista	Nº grupos		Torres por grupo	Separación entre los interiores	Altura exteriores	Altura interiores	Observación
	Este	Oeste					
Betanzos	1	1	4	0,5 brazas = 0,83 m	Mayores que interiores	2 estados = 7,8m	Todos los días todos los meses
Garcilaso	2	2	4	18-20 pies = 5,56 m	Mayores que interiores, comparables a atalayas	3 estados = 11,7 m	Solsticios
Sarmiento	1	1		2 varas = 1,67 m			

en medio menores que los otros dos de los lados, y de dos estados⁵ de altor cada uno, cuadrados, é apartado uno de otro una braza⁶, salvo que los dos pequeños de en medio hizo más juntos, que del uno al otro habrá media braza. Y cuando el sol salía, estando uno puesto do Inca Yupanqui se paró para mirar y tantear este derecho, sale y va por el derecho y medio destos dos pilares, y cuando se pone, lo mismo, por la parte do se pone; por donde la gente común tenía entendimiento del tiempo que era, así de sembrar, como de coger; porque los relojes eran cuatro á do el sol salía, y otros cuatro á do se ponía, do se diferenciaban los transcurso y movimientos que así el sol hace en el año.

Betanzos [1551] Cap. XV

Como vemos, Betanzos [1551] indica que eran cuatro los pilares colocados a la puesta de Sol y otros cuatro a la salida, así como sus medidas y la distancia entre ellos. El problema es que no precisa ni el lugar donde estaban colocados, ni el lugar desde donde se observaban. Lo único que constata es que estaban en lo alto de los cerros más altos. Según Betanzos, los relojes, a los que llama *pachaunanchac*, debían ser observados **todos** los días de **todos** los meses del año, a la salida y puesta del Sol:

... y porque andando el tiempo no perdiesen la cuenta de estos meses y los tiempos que había de sembrar y hacer las fiestas, que ya les había dicho que había hecho aquellos **pachaunanchac**⁷, que dice relojes, los cuales había hecho en estos diez días que se tardó en no les querer declarar lo que ya habéis oído; los cuales relojes es desta manera: Que todas las mañanas é tardes miraba el sol en todos los meses del año mirando los tiempos del sembrar y cojer,

y ansímismo cuando el sol se ponía; y ansímismo miraba la luna cuando era nueva é llena é menguante; los cuales relojes hacia hacer encima de los cerros más altos á la parte do el sol salía y á la parte donde se pone...

Betanzos [1551] Cap. XV

También Cieza de León, se refiere, aunque muy escuetamente, al empleo de los pilares, pero afirma que había muchos ubicados en los cerros en torno a Cuzco y precisa alguno de ellos.

Por otra estaba el cerro de Carmenga, de donde salen a trecho ciertas torrecillas pequeñas, que servían para tener cuenta con el movimiento del sol, de que ellos mucho se preciaron.

Cieza de León [1554] Cap. XCII

La descripción de Garcilaso de la Vega [1609] en sus *Comentarios Reales (Primera parte, libro segundo, capítulo XXII)* proporciona más detalles:

Alcanzó también los solsticios del verano, y del invierno, los cuales dexaron escrito a con señales grandes y notorias, que fueron ocho torres que labraron al oriente, y otras ocho al poniente de la ciudad del Cozco, puestas de quatro en quatro, dos pequeñas, de atres estados poco mas o menos de alto, en medio de otras dos grandes: las pequeñas estauan diez y ocho o veynte pies la una de la otra: a los lados otro tanto espacio estauan las otras dos torres grandes, que eran mucho mayores que las que en España servían de atalayas, y estas grandes servían de guardar, v dar viso para que descubriesen mejor las torres pequeñas, el espacio que entre las pequeñas auia, por donde el Sol passaua al salir, y al ponerse, era el punto

de los solsticios; las unas torres del oriente correspondían a las otras del poniente del solsticio vernal, o hiemal.

Garcilaso de la Vega [1609] Primera parte Cap. XXII

Nos habla de ocho torres al oriente y ocho al poniente de la ciudad de Cuzco, colocadas también de cuatro en cuatro. Pero como vemos, Garcilaso las describe más altas y más separadas entre sí que Betanzos, aunque ambos coinciden en que estaban colocadas equidistantes entre sí.

Garcilaso de la Vega deja claro que las dos exteriores sólo servían para poder localizar desde lejos las dos más pequeñas con facilidad. Lo mismo parece extraerse de Betanzos puesto que lo que describe es el paso del Sol por las centrales.

Es destacable el sistema de verificación creado al redundar las columnas al Este y al Oeste para la misma fecha, dado que siempre que se realizan este tipo de observaciones se puede cometer un error de algún día, pues la posición del Sol no varía mucho de un día a otro. Esta comprobación servía para asegurar la correcta determinación del día. Pero no sólo eso, este sistema permite que si al amanecer la zona del Este estuviera cubierta de nubes o niebla, al anochecer se tuviera una nueva oportunidad de observación.

Sin embargo, existe una diferencia clara e importante entre ambas descripciones, la de Betanzos y la de Garcilaso. Éste último constata que se usaban sólo para determinar la fecha de los **solsticios**, observando el paso del Sol por las columnas centrales a la salida en las que estaban colocadas al Este y en la puesta en las que estaban colocadas al Oeste. Por el contrario, Betanzos asegura que se observaban **todos** los días. Parece más realista la observación sólo de los solsticios porque para poder determinar la salida del Sol todos los días del año debería haber más columnas a lo largo del horizonte ocupando un total de aproximadamente 48° de acimut sobre el horizonte, que es la variación que presenta el Sol en su salida y puesta a lo largo de todo el año.

Lo interesante de Garcilaso es que no habla de oídas sino que menciona que él mismo había visto estos pilares y que los dejó en pie en 1560. No pudo llegar a saber desde dónde se realizaban las observaciones, aunque deja entrever que podría ser desde el Coricancha (actual Sto. Domingo), pero señaló que podrían hacerse las comprobaciones necesarias sabiendo que lo que se observaban eran los solsticios.

Garcilaso añade que Cieza de León [1554 cap. XCII], como hemos visto más arriba, y Acosta [1590, Libro VI Cap III] hacen mención de estas columnas en sus crónicas, pero que no acertaron a entender su empleo: de ahí la vaguedad en la descripción realizada por dichos autores.

Por último, mencionaremos a Pedro Sarmiento de Gamboa [1572] que realiza una descripción bien distinta del empleo de las torres, aunque con mucho detalle:

Y para que el tiempo del sembrar y del coger se supiese precisamente y nunca se perdiese, hizo poner en un monte alto al levante del Cuzco cuatro palos, apartados el uno del otro como dos varas de medir, y en las cabezas de ellos unos agujeros por donde entrase el sol a manera de reloj o astrolabio. Y considerando a donde hería el sol por aquellos agujeros al tiempo del barbechar y sembrar, hizo sus señales en el suelo, y puso otros palos en la parte que corresponde al poniente del Cuzco para el tiempo de coger las mieses. Y como tuvo certificados estos palos precisamente, puso para perpetuidad en su lugar unas columnas de piedra de la medida y agujeros de los palos, y a la redonda mando enlosar el suelo, y en las losas hizo hacer ciertas rayas niveladas conforme a las mudanzas del sol, que entraba por los agujeros de las columnas de manera que todo era un artificio de reloj anual, por donde se gobernaban para el sembrar y coger. Y diputó personas que tuviesen cuenta con estos relojes y notificasen al pueblo los tiempos y sus diferencias, que aquellos relojes señalasen.

Sarmiento de Gamboa [1572] Cap. XXX

Aparecen diferencias esenciales en la forma de usar estas columnas que describe Sarmiento de Gamboa. Las observaciones según él no se hacían desde un lugar alejado de las columnas en la ciudad de Cuzco, sino “in situ”: el propio suelo, a los pies de las columnas, estaba enlosado y marcado.

Además, la forma de usar los relojes es totalmente distinta de la que se infiere de los textos de Betanzos y de Garcilaso. En la descripción de Sarmiento de Gamboa, los pilares presentaban unos agujeros en la parte superior que eran atravesados



Figura 8. Direcciones de alineamiento desde el Coricancha para fechas clave de puestas de Sol. (Composición realizada por la autora empleando Google Earth).



Figura 9. Cerros en el entorno de Cuzco desde el campanario de Santo Domingo. Esta vista está dirigida hacia el S-SO (Foto de la autora).

por los rayos del Sol y el rayo incidía en las marcas hechas ex profeso en el suelo a su alrededor. Cada marca indicaba el tiempo adecuado de una siembra o del barbecho.

Y otro dato más: nos dice que los del levante se usaban para la siembra y el barbecho y los del poniente para la cosecha.

Nos indica, además, que había personas especializadas, dedicadas exclusivamente a la atención de estos “relojes” y a notificar en su momento al pueblo la tarea que debían realizar.

También parece inferirse que el método era bien conocido, usando primero una especie de modelo con palos, y posteriormente se construía el “*reloj anual*” definitivo, en columnas de piedra de la misma medida y con agujeros similares.

Pedro Sarmiento de Gamboa era cosmógrafo y matemático, lo que nos sugiere que podría haber captado con cierta facilidad el sistema empleado por los Incas. Sin embargo, también es posible que ese mismo conocimiento le llevara a añadir información de su propia cosecha al oír hablar de

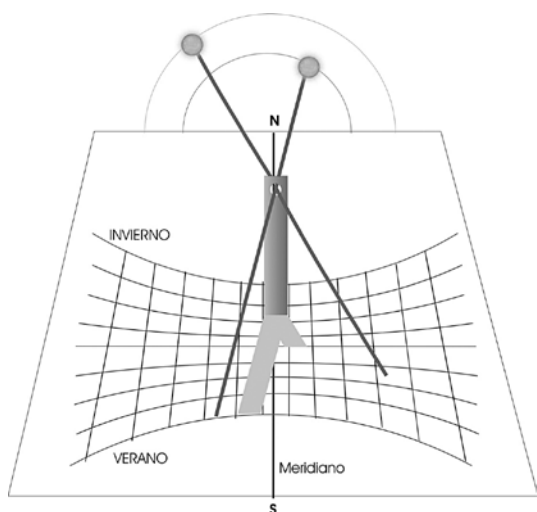


Figura 10. Esquema representativo del sistema de observación descrito por Sarmiento de Gamboa. Los rayos del Sol atravesaban unos agujeros que se habían realizado en la columna y la atravesaban, incidiendo sobre unas marcas en el suelo. En el gráfico se han representado las líneas sobre las que se movería la sombra a lo largo del día en diferentes fechas del año. La recta central corresponde a los equinoccios.

las tales columnas. De hecho, no tendría mucho sentido emplear cuatro columnas en el mismo sitio para usarlas de esta forma: con una de ellas sería más que suficiente. Es mucho más lógica la justificación que proporciona Garcilaso para el empleo de grupos de cuatro columnas: las dos mayores exteriores servirían únicamente de localizadores de las otras dos menores, las cuales se emplearían para certificar el día que el Sol pasa entre ellas.

Los equinoccios y los pasos por el cénit. Gnomon

Otro de los métodos para estudiar posiciones clave del Sol a lo largo del año, y el más sencillo, es observar la sombra que produce un cuerpo sobre una superficie horizontal al ser iluminado por el Sol en distintas épocas del año a una hora determinada, por ejemplo, a mediodía solar, esto es, cuando el Sol alcanza su elevación máxima sobre el horizonte. Este método tuvo una aplicación generalizada en muchas culturas antiguas. Para ello se empleaba simplemente un palo o un pilar, inclinado o vertical, que permitía seguir el movimiento del Sol, poniendo atención a la dirección y longitud de la sombra que el astro rey proyecta. A tal instrumento se le conoce como *gnomon* y es la forma más simple

para construir un reloj y llevar buena cuenta de las fechas en un calendario.

Garcilaso de la Vega [1609] (cap. XXII) da cuenta del empleo de este método generalizado en todo el territorio del Imperio Inca.

Para verificar el equinoccio tenían columnas de piedra riquísimamente labradas, puestas en los patios, o plaças que auia ante los templos del Sol, los sacerdotes quando sentían que el equinoccio estaua cerca, tenían cuidado de mirar cada día la sombra que la coluna hazia, tenían las columnas puestas en el centro de un cerco redondo muy grande, que tomaua todo el ancho de la plaça o del patio: por medio del cerco echauan por hilo de oriente a poniente una raya, que por larga experiencia sabían donde auian de poner el un punto y el otro. Por la sombra que la coluna hazia sobre la raya, veyan que el equinoccio se yua acercando: y quando la sombra tomaua la raya de medio a medio, desde que salía el Sol hasta que se ponía, y que a medio día bañaua la luz del Sol toda la coluna en derredor sin hazer sombra a parte alguna dezian que aquel dia era el equinoccio...

Garcilaso de la Vega [1609] Primera parte Cap. XXII

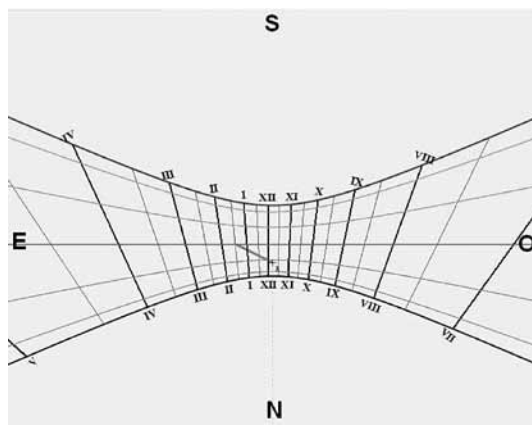


Figura 11. Reloj solar horizontal para coordenadas geográficas de Cuzco. Colocando un pilar vertical en el lugar marcado como A, en los días de equinoccio, el extremo de la sombra del pilar seguiría la línea horizontal de Oeste (O) a Este (E), desde la salida a la puesta de Sol. En el solsticio de diciembre, el extremo de la sombra recorrería la línea más próxima al Norte (N) y en el de verano la superior, más próxima al Sur (S). La línea que pasa por A sería la recorrida en los días de paso por el cénit, de forma que a mediodía no se produciría sombra (Obtenido por la autora empleando el programa Shadowspro versión 3.4).

Estaban ubicados en plazas y patios en los templos del Sol (en Cuzco, sería ante el Coricancha), rodeados de un cerco redondo, y servían, según nos cuenta, principalmente para indicar los equinoccios. Por su descripción debían considerarse muy importantes, puesto que estaban ricamente labrados.

El sistema era sencillo: ante la proximidad del equinoccio los sacerdotes encargados seguían la sombra de la columna a lo largo de todo el día, desde el amanecer al anochecer. Extendían un hilo de Este a Oeste, puntos cardinales de los que por experiencia ya conocían exactamente su ubicación. Cuando la sombra seguía este hilo, sin salirse de él durante todo el día, sabían que había llegado el equinoccio correspondiente.

Garcilaso señala asimismo que estas columnas se ubicaban en las plazas de todas las ciudades del Imperio Inca y que, por supuesto, en Quito se situaba la más venerada, pues el equinoccio en este lugar coincide con el paso del Sol por el cenit, y por tanto la columna no produciría sombra y la luz del Sol la bañaría por completo.

...Y es de notar que los Reyes Incas y sus Amautas, que eran los philisophos, assi como yuan ganando las prouincias, assi yuan experimentando que quanto mas se acercauan a la línea equinoccial, tanto menos sombra hazia la coluna al medio dia por lo qual dueron estimando mas y mas las columnas que estauan mas cerca de la ciudad de Quito, y sobre todas las otras estimaron las que pusieron en la misma ciudad, y en lo parage hasta la costa de la mar, donde por estar el Sol a plomo (como dizen los albanies) no hazia señal de sombra alguna a medio dia.

Garcilaso de la Vega [1609] Primera parte Cap. XXII

Por desgracia, también cuenta que los españoles mandaron destruirlas todas ellas por ser *huacas* muy veneradas por los indígenas.

En conclusión, del análisis de sólo estos tres cronistas parece extraerse que existieron diversos métodos para realizar observaciones solares. Lo más probable es que las columnas ubicadas en los cerros del Cuzco se emplearan sólo para algunas posiciones solares clave, seguramente los solsticios, con el fin de llevar buena cuenta de los días en el calendario solar. El otro tipo de columna que

menciona Garcilaso se emplearía sobre todo en el equinoccio.

Para poder cerciorarnos de la consistencia de cada una de las versiones analizadas, sería esencial poder localizar los pilares con estudios arqueológicos. Entretanto, resulta imprescindible ampliar este trabajo llevando a cabo un estudio minucioso de todas las fuentes escritas disponibles.

1. Finalidad de las observaciones solares: el calendario inca

Las observaciones astronómicas descritas en los apartados anteriores tenían una finalidad esencialmente calendárica y ceremonial para los incas. Como hemos indicado, el seguimiento del movimiento del Sol, que fue llevado a cabo por muchas culturas antiguas, permitía esencialmente la coordinación de las actividades agrícolas y sociales asociadas a través del establecimiento y mantenimiento de un calendario. El Imperio Inca no podía ser menos, tanto más cuanto su gran extensión territorial lo hacía imprescindible para mantener el control y la coordinación del Estado.

El calendario es un sistema de cómputo de intervalos de tiempo largos que permite mantener una organización cronológica y periódica de las actividades humanas. Existen y han existido varios tipos de calendarios: solares, lunares y lunisolares. Los solares están basados en el tiempo que transcurre entre dos pasos sucesivos del Sol por un mismo punto de la bóveda celeste, esto es, aproximadamente 365,25 días; los lunares utilizan lo que se conoce como mes lunar o lunación, período de 29,5 días (período sinódico) que tarda la Luna en pasar por la misma fase. Los calendarios lunares suelen constar de 12 meses lunares, lo que da lugar a 354 ó 355 días totales por año. El mes lunar también es empleado en los calendarios solares para subdividir el año en períodos más cortos, de meses. Por último, los calendarios lunisolares son una combinación de los dos anteriores con años de 12 meses lunares intercalando años de 13 para corregir las desviaciones del año solar.

Cuando se analizan las fuentes escritas aparecen también contradicciones en el caso del tipo de calendario empleado por los incas. Todo parece indicar que con la expansión del Imperio se oficializó un calendario solar, pero es posible que simultáneamente, y como reminiscencia de épocas anteriores, se empleara un calendario lunar

y que probablemente continuara empleándose tras la conquista, dado que estaba mucho más arraigado en la población andina que el impuesto por los incas unos cien años antes de la llegada de los españoles (Bauer y Dearborn, 1998; Zuidema, 2010). De hecho, los cronistas constatan la existencia de otros calendarios en otras zonas distintas de la capital del Imperio Inca, por ejemplo, los pueblos de la zona del lago Titicaca (Cieza de León [1554] *Primera parte de la Crónica del Perú* cap. CI).

El calendario solar oficial, con sus correspondientes celebraciones para todo el Imperio Inca, al que nos referimos, fue instaurado, de nuevo, por Inca Pachacutec Yupanqui (1438-1471) en su reorganización del Estado incaico y constaba de doce meses (Betanzos [1551] y Sarmiento de Gamboa [1572]).

En cuanto al número de días de cada mes, Betanzos [1551] afirma que eran 30, lo que daría un total de 360 días al año.

... diciendo á estos señores que cada mes destos tenia treinta días, y que el año tenia trescientos y sesenta;...

Betanzos [1551] Cap. XV

Dado que el año solar es de aproximadamente 365.25 días, esto produciría un desfase de 5.25 días cada año entre las celebraciones y la posición del Sol. Sin embargo, aunque no lo menciona explícitamente, parece extraerse de su descripción posterior que los Incas iban corrigiendo este desfase guiándose de las columnas descritas anteriormente para indicar el comienzo del año.

Pero el empleo de meses de 30 días no está tan claro, pues otros autores indican que los meses eran lunares. Por ejemplo, Cieza de León [1554] menciona que el año entre los Incas (*huata*) constaba de 12 lunas (*quilla*)⁸.

... Contaron el año por ello, al cual llaman “guata” y los hacen de doce lunas, teniendo su cuenta en ello....

Cieza de León [1554], Cap. XXVI

Esto haría un año de 354 días, dado que, como ya hemos dicho, la Luna pasa por la misma fase cada 29,5 días. De todas formas, acto seguido, también Cieza de León nos dice que esta cuenta la llevan por las observaciones del Sol que realizan.

Por tanto, no queda muy claro si realmente se seguía a la Luna o el movimiento del Sol para el cómputo de los meses y los años. Es probable que mantuvieran meses lunares y realizaran las correcciones sobre la marcha para hacer coincidir el comienzo del año con la posición adecuada del Sol que se repite aproximadamente cada 365 días. De hecho, esto es exactamente lo que explica Garcilaso de la Vega (Libro II, Cap. XXII). Según él los años constaban de 12 lunas y para ajustarlo con el movimiento solar tenían las columnas ubicadas alrededor del Cuzco, en coincidencia con Betanzos.

En realidad este empleo de varios calendarios simultáneamente no debería causarnos tanta sorpresa, puesto que ha sido verificado en otras culturas antiguas como el caso de los Mayas y Mexicas en México, e incluso en nuestra cultura mantenemos esta simultaneidad. Recordemos cómo la celebración de la Pascua católica, y como consecuencia la del Carnaval, va cambiando de fecha sobre el calendario civil solar que usamos, dado que dicha festividad se rige por el calendario lunar.

El problema, por tanto, reside, como bien remarcaron Ziolkowsky y Sadowsky (1982), en el estudio del tipo de mes empleado, si era lunar y si todos los meses tenían los mismos días, y en saber cuándo se incorporaban los días en exceso, y no tanto en el tipo de año empleado.

Polo de Ondegardo [1559] en sus *Errores y Supersticiones de los Indios* en el capítulo VII dice explícitamente que esos días en exceso se añadían al último mes, y que era la observación del solsticio del 21 de diciembre el que marcaba el comienzo de un nuevo año. En ese caso, no todos los meses podían tener los mismos días.

En conclusión, parece evidente que los pilares alrededor del Cuzco eran empleados para establecer el comienzo del año y fijar el calendario solar estatal. Sin embargo, la naturaleza de los meses y la probable existencia de otros calendarios religiosos requieren un estudio más pormenorizado de las fuentes escritas e incluso de la ayuda de estudios etnográficos.

Conclusiones

Hemos visto pues que los incas habían alcanzado un cierto grado de conocimiento y comprensión de los astros. Las estrellas, los planetas e incluso la Vía Láctea formaban parte de su imaginario colectivo y eran venerados con el objeto de obtener

sus prebendas. Más aún, en el caso del Sol y sus movimientos, este conocimiento parece haber sido bastante desarrollado, empleando instrumentos de medida al efecto.

Sin embargo, al detenerse en un estudio detallado de las crónicas se hacen patentes algunas serias contradicciones entre las versiones ofrecidas por distintos autores. Resulta pues esencial extender esta comparación a todas las crónicas disponibles, dada la importancia que debieron tener, sobre todo, las

observaciones solares, para la organización social y agrícola del Imperio a través del establecimiento de un calendario oficial para alcanzar, en consecuencia, la sincronización de las celebraciones a realizar en cada período del año en todo el Imperio. En estas celebraciones, en las que de una forma u otra participaban todos los habitantes del Imperio, el Inca mostraba todo su poderío y hacía alarde de su control sobre la organización del Estado, e incluso en algunas de ellas, sobre los fenómenos naturales.

Referencias Citadas

- Acosta, J. de
1894 [1590] *Historia natural y moral de las Indias*. Impreso por Ramón Angés. Madrid.
- Ávila, F. de [compilador]
1987 [¿1598?] *Ritos y Tradiciones de Huarochiri. Manuscrito quechua de comienzos del siglo XVII*, Ed. Taylor, G., Instituto de Estudios Peruanos e Instituto Francés de Estudios Andinos, (Perú).
- Bauer, B. y Dearnborn, D. S.P.
1998 *Astronomía e Imperio en los Andes*. Centro de Estudios Regionales Andinos “Bartolomé de Las Casas”. Cuzco, Perú.
- Betanzos, J. de
1987 [1551] *Suma y narración de los Incas*, Martín Rubio, M^a del Carmen. Ediciones Atlas.
- Cieza de León, P. de
2005 [1554] *Crónica del Perú. Señorío de los Incas*. Franklin Pease G.Y. Biblioteca de Ayacucho 226. Venezuela.
- Cobo, B.
1892 [1653] *Historia del Nuevo Mundo*. Marcos Jiménez de la Espada, *Sociedad de Bibliófilos Andaluces*, Tomo III, Sevilla (España), pp. 327-331.
- Comas, J.
1957 *El calendario Gregoriano en América*. Historia mexicana 7, N° 2 (26): 207-215. México, D.F. El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos.
- García Hernández, M. J.; Gudemos, M. y Ortiz García, E.
2000 *Especialistas en la cosmovisión andina prehispana*. Publicación del CIFFyH 1 (1): 103-143.
- Guamán Poma de Ayala, F.
1993 [1615]. *Nueva crónica y Buen gobierno*, Fondo de Cultura Económica (Perú).
- Ortiz García, E.
2012 *Los Incas y el Sol: métodos de observación solar y calendario incaico*, Revista Española de Antropología Americana, N° 42(1), en prensa.
- Polo de Ondegardo, J.
1906 [1559] *Errores y supersticiones de los indios*. Carlos Romero, *Revista Histórica*, Tomo I, Lima (Perú) pp. 207-231.
1990 [1575] *El mundo de los incas*. Ed. de Laura González y Alicia Alonso. Crónicas de América 58, *Historia 16*, Madrid (España).
- Sarmiento de Gamboa, P.
2007 [1572] *Historia de los Incas*. Edición de Ramón Alba. Miraguano Ediciones. Ediciones Polifemo. Madrid (España).
- Urton, G.
2007 *A Multi-Year Tukapu Calendar*. In *Skywatching in the Ancient World: New Perspectives in Cultural Astronomy*, ed. by Clive Ruggles and Gary Urton; University Press of Colorado. Boulder, CO, pp. 245-268.
- Vega, Garcilaso de la
1609 *Primera parte de los Comentarios reales que tratan del origen de los Yncas, Reyes que fueron del Peru ...*, Oficina de Pedro Crasbeeck. Lisboa (Biblioteca digital Hispana).
- Ziólkowski, M. y Sadowski, R.M.
1982 *Los problemas de la reconstrucción de los calendarios prehispánicos andinos*. Estudios Latinoamericanos, Varsovia, vol. 9, 1982-1984: 45-87.
- Zuidema, T.
2010 *El calendario inca. Tiempo y espacio en la organización ritual del Cuzco. La idea del pasado*. Fondo editorial del Congreso del Perú. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Notas

¹ La Tierra se traslada alrededor del Sol en aproximadamente 365,25 días en una órbita plana conocida como Eclíptica –aunque aparentemente nos parezca que son el Sol y los restantes planetas del Sistema Solar los que se mueven anualmente sobre ese plano– y rota alrededor de un eje que pasa por los polos Norte y Sur geográficos en 24 horas en sentido de Oeste a Este. El plano perpendicular al eje de rotación terrestre es lo que se conoce como Ecuador.

Eclíptica y Ecuador y por tanto eje de traslación y eje de rotación forman un ángulo conocido como inclinación de la Eclíptica y que actualmente toma un valor de 23° 27'. Debido a la falta de esfericidad de la Tierra, su eje de rotación realiza un movimiento circular sobre el fondo de estrellas, formando un cono de 23° 27'.

² El calendario que empleamos actualmente en Occidente, y por extensión en cualquier programa informático, es el

conocido como calendario gregoriano, reforma del calendario juliano introducida a propuesta del Papa Gregorio XIII. En el calendario juliano, que venía empleándose desde su introducción por Julio César en el 46 a.C (retocado por Augusto), el año contiene 365 días, excepto cada 4 años, que se introducía un día más (año bisiesto). Dado que el año contiene 365,24 días solares medios (el Sol tarda ese tiempo en pasar de nuevo por el equinoccio), en el calendario juliano cada aproximadamente 400 años se produce un desfase de 3 días entre, digamos, el paso del Sol por equinoccio de primavera y el día 21 de marzo, que nosotros consideramos como día de tal equinoccio. Así, en 1582, las celebraciones religiosas cristianas se habían desplazado 10 días respecto a la posición solar. Por esta razón, Gregorio XIII introdujo dos correcciones: (1) al 4 de octubre le seguiría el 15 de octubre de 1582 y (2) a partir de ese momento los años divisibles por 100 no serían bisiestos, excepto los divisibles por 400.

- ³ Cénit: punto de la bóveda celeste exactamente en la vertical del observador, encima de su cabeza.
- ⁴ Eratóstenes, en el S. III a.C., usó este fenómeno producido en Siena (Asuán, Egipto) para determinar con bastante exactitud el radio terrestre al compararlo con la sombra que se produce en Alejandría y la distancia entre las dos ciudades.
- ⁵ Un estado, según la Real Academia de la Lengua, corresponde a la estatura de un hombre, es decir, 7 pies ó 3,9 m, dado que un pie correspondía a unos 27,8 m.
- ⁶ Braza: la distancia media entre los dedos pulgares del hombre, extendidos horizontalmente los brazos; equivalente a 2 varas, es decir, 1,67 m.
- ⁷ Pachaunanchac: “señaladores de tiempo” (pacha: tiempo; unancha: señal; diccionario AULEX de quechua: <http://aulex.org/qu-es/>)
- ⁸ Quilla se emplea en quechua tanto para Luna como para mes.