

Reloj de sol del Siglo XVI



Fig. 1. Reloj de sol del exconvento de Santo Domingo de Cuautla, Morelos.

Roberto Velázquez Cabrera

Tlapitzalli.com

13 de septiembre de 2017

El objeto de este escrito es publicar por separado el reloj de sol que fue dado a conocer en el informe sobre Cauatlán¹. El reloj se localiza en techo norte del atrio del exconvento de Santo Domingo de Cuautla, Morelos, que dicen proviene del Siglo XVI. El reloj se observa desde el patio interior (izquierda de Fig. 1). El reloj está colocado en posición operacional, ya que el plano de su cara coincide un poco con la del movimiento del sol durante su rotación en la mayor parte del mediodía día, como se muestra en la foto mañanera de su silueta con el sol detrás (derecha de silueta Fig. 1), pero ahora ya no funciona bien por estar deteriorado e incompleto.

Además del trabajo de limpieza, caracterización, registro y restauración necesarios, al reloj le falta el *gnomón*², una varilla o un alambión, para que pueda volver a funcionar al generar la sombra del sol sobre las marcas del horario, pero no se ven bien de lejos, por una mancha oscura en su superficie. Por desgracia, no se han encontrado especialista interesados que puedan ayudar a estudiarlo bien directamente, ni se han obtenido permisos para ello.

Inicialmente, no pude observar ni registrar el reloj de cerca, porque no existe una escalera pública disponible para poder subir al techo del exconvento. Las fotos iniciales de la Fig. 1 fueron registradas con mi teléfono celular, desde el patio, ya que no traía una cámara con un lente para telefotos, ni disponía de equipos para registro de objetos en 3D.

¹ <https://tlapitzalli.com/BR/Cuauhtlan.pdf>

² La gnomónica, arte o ciencia de los relojes de sol (gnomon proviene del griego γνῶμων, bastón), también conocida, en el siglo XVIII, como fotosciatérica (de los vocablos griegos fotos: φῶτος, luz; scio: σῆιο, sombra, y tereo: τηρεω, capturar).

Parece que las fotos y el reconocimiento público y abierto de ese reloj del exconvento dominico es una primicia del documento pdf del suscrito sobre [Cuautlán](#)³, ya que no ha sido muy conocido ni difundido en otro escrito⁴. Este documento se hizo para publicar por separado lo que se ha encontrado del reloj y lo que queda pendiente.

El reloj pudo haber sido colocado y funcionado, desde que fue construido y operado el convento de Santo Domingo, posiblemente como dicen, durante el Siglo XVI o posteriormente, pero no se ha podido saber la temporalidad exacta de su construcción.

Habría que revisar, al menos, otros exconventos de la época, para hacer comparaciones. Se localizó un escrito abierto interesante sobre [El patrimonio gnomónico de México: los cuatros solares coloniales del estado de Yucatán](#) en el que se muestran los antecedentes, principios y tipos de los relojes solares que fueron muy usados en ese estado, ya que localizaron 17, pero casi todos se encuentran en precario estado de conservación. Sólo el [reloj solar ecuatorial semicilíndrico de la Catedral de Mérida](#) (Siglo XVII) opera y funciona correctamente. Deben existir en conventos o iglesias de otros estados de la nación, como [El reloj del exconvento de Santo Domingo de Oaxaca](#), de 1639, pero también está deteriorado. Otros relojes de sol coloniales se perdieron. De ningún reloj de sol ha sido publicada su caracterización detallada.

El análisis *in situ* de la función sustantiva de los objetos utilitarios pueden servir para obtener indicios ciertos y exactos, que no pueden saberse por medio de documentos, sobre todo, cuando estos no existen o no son conocidos, como los de la temporalidad de las construcciones donde incluyen relojes de sol. No es suficiente reconocerlos, se requiere analizarlos bien.

Algunos relojes de sol se utilizaron para anunciar eventos religiosos con campanadas⁵, para los que no podían ver el reloj de sol. Ahora, es interesante observar una [campana en el frente del Palacio Municipal de Cuautla](#)⁶, que fue sustraída de la Capilla Gualupita, pero ya solo se toca una vez al año, la noche del 15 de septiembre. Esa campana se sostiene por dos soportes verticales o columnas esculpidas o fundidas con figuras antropomorfas de personajes que parecen angelitos, pero no se ven bien de lejos.

Debieron existir otros relojes en comunidades cercanas del estado de Morelos. Alejandro Espinoza informó que hace tiempo existía uno es el piso de una escuela de Ozumba.

El 3 de junio de 2017, Johnny Pérez Gómez, ayudó a tomar una foto de cerca del reloj de sol del exconvento de Santo Domingo (izquierda de Fig. 2), ya que es uno de sus trabajadores y tiene permiso para subir al techo. Se observa bien que el reloj tiene 12 divisiones de 15° grados de cada hora, para cubrir los 180° en 12 horas, de 6 am a 6 pm. Tienen un hoyo donde iba el *gnomo*. El plano vertical de su eje original no está en línea con el norte magnético, ya que debe estar orientado hacia la estrella polar. Falta estimar el ángulo de inclinación de la superficie del reloj. Se observa que el reloj se colocó sobre un montículo para que lo iluminara mejor el sol, cuando sale y se oculta, en la mañana y la

³ <https://tlapitzalli.com/BR/Cuauhtlan.pdf>

⁴ Un trabajador del exconvento de Santo Domingo, Johnny Pérez Gómez, comentó que otro visitante anterior ya había reconocido el reloj, desde el patio, pero no pudo informar ni de su nombre. No han registrado de cerca ese reloj, ni su orientación exacta.

⁵ Las campanas de Cuautla van a analizarse en otro escrito especial.

⁶ <http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/15278785.jpg>

tarde. Hacia el este el plano del reloj se dirige a las edificaciones medias de la iglesia. Luego se vio que la cara frontal del reloj se dirige hacia el anuncio de la BodegaAurrera cercana a la Avenida Reforma (círculo rojo de derecha de Fig. 2).



Fig. 2. Foto de cerca del reloj de sol del exconvento de Santo Domingo

Análisis y caracterización del reloj de sol. Como no encontré ayuda para analizar y caracterizar el reloj de sol del exconvento de Santo Domingo, el 6 de junio de 2017 pude complementar personalmente el primero nacional de su tipo conocido, con sus datos básicos descriptivos, de metrología y de observación o simulación de su funcionamiento:

Material. El reloj se construyó con ladrillos, que fueron cubiertos por un aplanado de una mezcla arenosa con una superficie que parece pintura blancuzca como de cal. Para el suscrito, ahora no es posible hacer análisis científicos de los materiales del reloj en su sitio actual, ni tomando muestras, si se obtuviera permiso para ello.

Dimensiones generales. Altura 44 cm. Ancho de la base 103 cm y 67 cm en la base.

Superficie plana del frente. Altura 90 cm. Ancho 90 cm. Longitud 80 cm, a 40 cm de la base plana.

Surcos del reloj. No fue necesario calcar sus líneas horarias para poder reproducirlo, si se desea, por ser regulares, como rayos de bicicleta. Como ya se había comentado sobre la Fig. 12 se observan los 13 rayos con 12 segmentos de una hora cada uno. Tienen dos semicírculos. Uno tiene una longitud desde el hoyo del *gnomon* de 42 cm y otro a 34 cm.

Estado físico. La mayor parte de la superficie del reloj tiene musgo o moho y una capa de material negro derivado de siglos de exposición a los fenómenos y materiales naturales, como los royes del sol y la lluvia.

Alteraciones. Se observó que unos surcos de los radios horarios ya han sido raspados ligeramente. El hoyo irregular remanente del *gnomon* tiene un trozo en el fondo de lo que parece una varilla de metal, hasta ~3.5 cm de la superficie del reloj. Tiene restos de cemento en las orillas del hoyo, lo que indica que ya habían puesto uno no original. También se observan varios resanes cuarteados, por no haber usado una mezcla arenosa, como la original.

Limpieza y restauración. Es posible hacerlo sin mucha dificultad, ya que la superficie manchada del reloj es plana. Se probó que puede eliminarse o disminuirse el material oscuro, utilizando una lija y agua, pero esa tarea debe ser realizada por profesionales

interesados, si se encuentra y se obtienen el permiso del INAH. Al menos, debería detenerse el deterioro de su superficie, como el del musgo, lo que no es difícil de hacer, ya que existen sustancias especiales para ello. Roxana Galindo Cortés del INAH comentó que puede usarse agua oxigenada diluida en agua.

Angulo de inclinación del reloj. Se midió la altura del reloj, utilizando un hilo de pescar delgado y un tornillo amarrado en el extremo inferior, para usarlo como plomada y para obtener la línea vertical A-C de la Fig. 3, de un cateto de un triángulo rectángulo (75 cm). La hipotenusa A-B es el largo del reloj inclinado (80 cm) y el cateto opuesto B-C menor inferior el triángulo es de 28 cm. Para obtener el ángulo de inclinación del plano del reloj, frente al cateto inferior, puede usarse la función trigonométrica de la tangente (cateto opuesto/cateto adyacente) o $28/75 = 0.373333$ y $\text{ATAN}(0.373333) = 0.3730639$ radianes o 20.47° . El ángulo del plano del reloj con respecto a la horizontal es 69.53° .

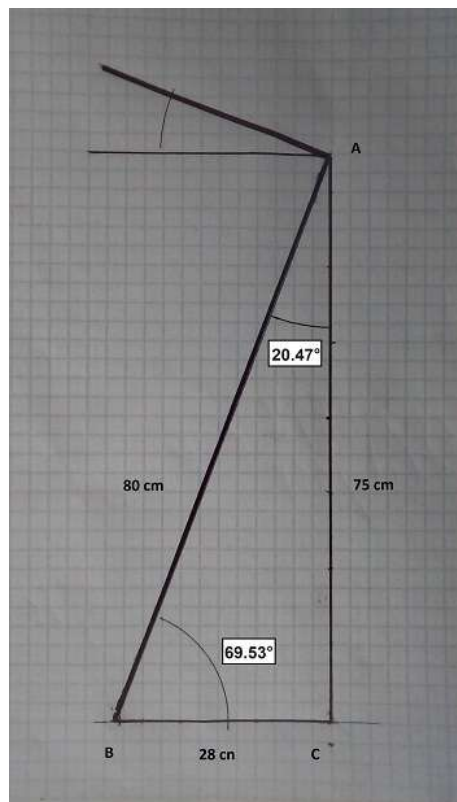


Fig. 3. Pendiente de la cara frontal del reloj de sol

Coordenadas geográficas y declinación del sol. Lo mínimo requerido para diseñar un reloj de sol en un sitio dado son sus coordenadas geográficas. Cuautla se localiza en la longitud $18^\circ 48' 44''$ N y latitud $98^\circ 57' 21''$ O, según [Wikipedia](https://es.wikipedia.org/wiki/Cuautla). También influye la declinación del sol, que en Cuautla el 08.07.2017 era $22^\circ 55' 54''$.

Análisis de su simulación funcional. Esperé a que saliera el sol de las nubes y se colocó como *gnomon* un palito de madera, de los que usan localmente para vender los elotes y que también tiran en las calles del centro histórico. El palito se dejó colocado perpendicularmente a la superficie del reloj, sin usar pegamentos para no alterar nada y poder hacer observaciones funcionales de su sombra, aunque no se sabe su posición y

ángulo original, [en escritos especializados](#)⁷ dicen que debe ser igual a la latitud del lugar, en este caso de Cuautla. El *gnomon* colocado perpendicularmente a la superficie del reloj solar forma un ángulo diferente a la latitud, igual a cerca de 24° , ligeramente mayor que el de la longitud de Cuautla. La hora marcada en el reloj de mi teléfono celular a las 10:30 am no coincidió con la del reloj solar de ~8:05 am, lo que ya se sabía. Es posible hacer una tabla o ecuación de equivalencias entre ellos, si se desea. También pueden compararse y ajustarse ambos a las 12:00.

Comportamiento del reloj en la tarde. El 7 de junio de 2017, fui al exconvento a las 5 pm y a las 6 pm, para observar lo que sucede a esas horas y con posterioridad, pero desde el patio se observó que toda la cara del reloj tenía sombra, lo que indica que el eje de la rotación del sol hacia el este, se mueve más hacia el norte que el del plano del reloj. En otras palabras, en estos días, el reloj no funciona bien desde unas tres horas menos tarde (a las 4 pm ya no funciona), por no poder generarse una sombra del *gnomon* de madera que se dejó colocado el día anterior, pero la lluvia ya alteró su posición, Por desgracia, ya no pude subir al techo, para recolocarlo, con objeto de seguir observando su funcionamiento. El hecho de que el reloj de sol no funcione bien en las tardes de estos días en Cuautla, significa que sólo puede usarse en las mañanas y un poco después de mediodía. Parece que, para medir el tiempo en las tardes, se requeriría otro reloj de ese tipo, colocado al sur del techo del patio del exconvento de Santo Domingo, pero no se encontraron rastros de su existencia. Existe otro tipo de relojes de sol, como los semicilíndricos horizontales, pero para verlos en un techo hay que subir a él y no pueden observarse desde un patio inferior. Otros pueden ser astas largas verticales, pero ambos requieren de una superficie sin obstrucciones de los rayos del sol.



Fig. 4. Movimiento aparente del sol en el centro de Cuautla.

Movimiento aparente del sol. Falta determinarlo, aunque existen programas especiales para ello, como [SunEarthTools](#)⁸, pero hay que aprender a usarlo bien. En la Fig. 4 se muestra un ejemplo sobre el centro de Cuautla. Con ese programa la localización estimada del exconvento es de Latitud $18^\circ 48' 47.9''$ N y Longitud $98^\circ 57' 12.4''$.

Trabajo futuro. Habrá que ver si a las autoridades responsables del patrimonio nacional histórico les interesa investigar y difundir mejor el reloj de sol del exconvento. No se conocen estudios técnicos de ese patrimonio histórico especial y es poco conocido, aunque, si se estudia, restaura y difunde hasta podría ser un atractivo turístico de Cuautla, ya que no tiene muchos tesoros singulares remanentes del pasado y del presente, además de sus

⁷ <http://sac.csic.es/astrosecundaria/complementario/es/actividades/modelos/RELOJ SOLAR VERTICAL.pdf>

⁸ https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es

balnearios. En la parroquia me dijeron que se requiere un oficio del Cronista de Cuautla, para poder hacer análisis complementarios. Comentaron que, si deseo información antigua de las iglesias, tengo que preguntar en el INAH, pero no han podido proporcionar fechas exactas.

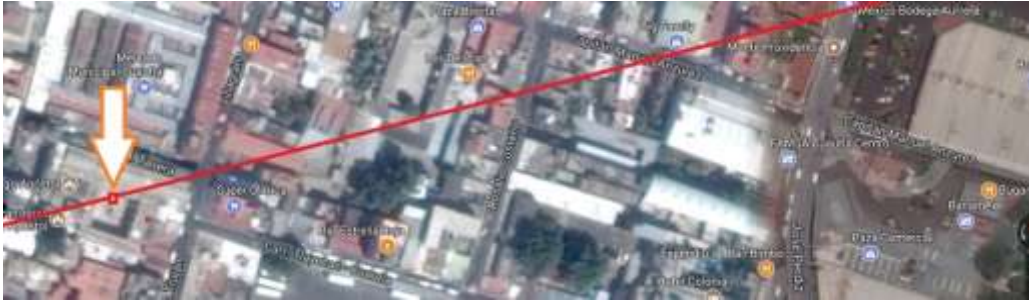


Fig. 5. Localización e inclinación del plano frontal del reloj de sol.

El 15 de julio a las 3 pm, el sol ya no se iluminó bien la superficie frontal del reloj de sol, aunque no pudo observarse bien, porque el *gnomon* de madera ya no estaba en su lugar para poder generar la sombra horaria. Falta determinar bien en ángulo la cara frontal del reloj y del movimiento del sol, en relación al norte o este geográfico. En las oficinas públicas y en las papelerías locales no se ofrecen mapas del estado de Morelos ni de Cuautla, con los datos de su longitud y latitud y no dispongo de equipos para hacer mediciones topográficas. Utilizando una imagen de un mapa de Google, se muestra con una flecha el lugar y la línea de la inclinación (en rojo) aproximados de la superficie frontal del reloj de sol, en el techo del exconvento de Santo Domingo (Fig. 5). La línea se trazó, considerando que desde el techo pudo observarse que el plano frontal del reloj se dirige horizontalmente hacia el anuncio de la BodegaAurrera (derecha de Fig. 2), que sobresale a las construcciones. El ángulo aproximado del plano del reloj en relación a una línea de un paralelo este-oeste es de aproximadamente 15° . La inclinación de la línea del cenit del sol en relación a ese mismo paralelo debe ser menor, para cruzar la del reloj y poder generar su sombra.



Fig. 6. Dirección del reloj de sol.

Una dirección igual de 15° , con relación a un paralelo este-oeste (mostrada con la línea en color rojo) se obtuvo utilizando un plano del municipio de Cuautla que usan los arquitectos e ingenieros locales (Fig. 6).

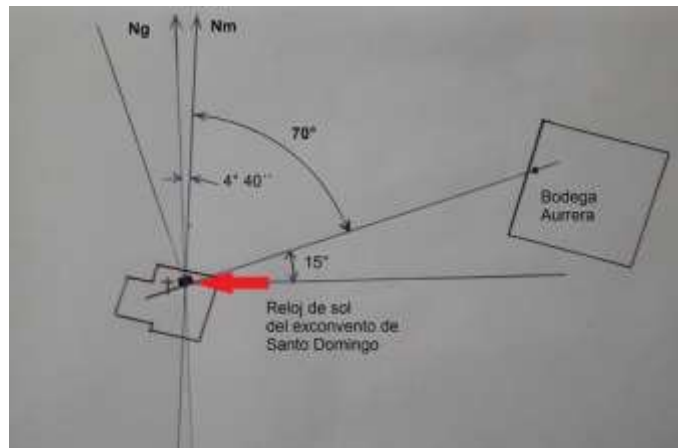


Fig. 7. Diagrama de la orientación del plano frontal del reloj solar del exconvento de Santo Domingo de Cuautla, Morelos.

Ya pudimos complementar la primera caracterización de un reloj de del Siglo XVI, con otra estimación de la dirección de la cara frontal del localizado en el exconvento de Santo Domingo, que en promedio es igual a 70° (Fig. 7), con relación a Norte magnético (Nm), medido con una brújula de un teléfono de los llamados inteligentes⁹. Ya se sabe que la declinación magnética en el sitio del reloj solar, con respecto al Norte geográfico (Ng) es de $4^\circ 40''$ Este. En el diagrama de las calles del centro de la ciudad se confirma la dirección estimada anterior de 15° , con relación a una línea horizontal paralela al ecuador, que fue obtenida con un mapa de Google (Fig. 5) y con el plano catastral del municipio de Cuautla (Fig. 6).



Fig. 8. Relojes de sol del exconvento de Yecapixtla.

⁹ La medición se hizo con la ayuda de Johnny Pérez Ríos y con un teléfono celular de José Enrique Robles, porque el mío no tiene sensor de GPS, por ser de los no muy caros.

Deben existir otros relojes de sol en la región cercana a Cuautla, ya que una señora que comía pozole en el mercado viejo me comentó que en Tlayacapan hay otros dos, además de los informados por el Cronista de Cuautla, de Yecapixtla. Ya se confirmó eso, aunque son de otra tipología, porque tienen líneas horarias diagonales. Las fotos de la Fig. 8 muestran cómo se ven desde el patio de abajo. Uno es para la mañana y otro para la tarde, pero tampoco nos dejaron examinarlos y registrarlos de cerca, ya que ni pudimos subir al techo. Es interesante comentar que el reloj de la mañana tiene una fecha, de octubre 22 de 1538, que pudo leer Don Policarpo Cárdenas, quién me acompañó, lo que indica que pueden mostrar evidencias hasta cronológicas exactas, que no se han encontrado en los inmuebles del siglo XVI.

Si existen otros relojes no analizados ni publicados en la región, significaría que hay materia de estudio en el tema, para hacer artículos o tesis originales y hasta para generar un paseo especializado de relojes desconocidos de conventos e iglesias del Valle de las Amilpas y sus alrededores. En las parroquias se ocupan mucho en obtener ingresos, hasta con eventos que incluyen venta de comida, pero no se dan cuenta que, si se difunde su patrimonio de valor histórico, hasta podrían tener mayores visitantes e ingresos, si venden publicaciones con tesoros especializados, como los relojes de sol. Con ello, además pueden ayudar a atraer más turistas y visitantes, ya que Cuautla ahora sólo tiene los balnearios, como atracción principal, que se contrarrestan por los problemas existentes de delincuencia.

El 30 de julio pude subir al campanario de la Iglesia de Santiago Apostol, para analizar sus campanas y pudo observarse desde arriba el techo del exconvento. En la izquierda de la Fig. 9 se muestra la dirección del reloj de sol y en la derecha de la Fig. 9, se observa que no existen indicios de otro reloj en el extremo sur opuesto del patio del exconvento. Con el sólo el reloj existente no debería haber eventos en la tarde.



Fig. 9. Vistas del techo del exconvento de Santo Domingo, desde arriba de la iglesia.

Del reloj del exconvento de Santo Domingo, de Cuautla, Morelos, podría complementarse su análisis técnico, si se obtiene permiso para tener acceso a él y si se repara o, al menos, se le coloca un *gnomon*, que permita analizar bien la sombra que genera. Por desgracia, no se han encontrado interesados en las instituciones relacionadas, para poder realizar los trabajos requeridos. Requieren la autorización del párroco y del INAH. El estudio del reloj de sol se suspendió, hasta que se obtengan los permisos y se realicen los trabajos de conservación y restauración requeridos y si aún puedo reanudarlo.

Ya se comentó que, para el análisis complementario del reloj, el párroco sólo requiere una carta del Cronista de la Ciudad de Cuautla, mismo que no se ha recibido. En el INAH dijeron que es necesario que el párroco solicite la reparación del reloj, pero éste dijo que no lo hace, porque teme que le cobren por ello. Además, en el INAH son muy lentos para realizar ese tipo de trabajos. Por ejemplo, la museografía de lo del museo de la casa de Emiliano Zapata ya lleva más de un año y no se sabe la fecha en que podrán terminar, para poder ver lo que tienen. Vienen hasta visitantes del extranjero a ver ese museo singular de la región y se molestan mucho, porque no pueden ver nada.

El material biológico remanente en la superficie del reloj puede desprenderse fácilmente con una espátula filosa. El uso del agua oxigenada puede no funcionar bien, para eliminar las manchas negras, si se originaron por transformaciones químicas y no son sólo de materiales biológicos, como moho. Si ese es el caso, podrían eliminarse con un lijado lijero. En la Fig. 10 se muestra el resultado de frotar una superficie de un aplanado con manchas y materiales similares a las del reloj de sol, con un trozo desprendido del mismo tipo de mezcla arenosa de su aplanado. Con el polvo resultante del frotado o lijado no se pierde nada insustituible, ya que ese tipo de aplanado es muy abundante en la iglesia y hasta en las superficies laterales y posterior no utilizadas del mismo cuerpo del reloj, para en el remoto caso que quisieran analizarlo en laboratorio.



Fig. 10. Limpieza por frotado

En el estudio sobre [Cuautlán](https://tlapitzalli.com/BR/Cuauhtlan.pdf)¹⁰ y en el del reloj de sol del exconvento de Santo Domingo, se ha constatado que en Cuautla y en el resto del Valle de Amilpas, el INAH no ha atendido bien las atribuciones legales que dieron origen a su creación. En el ARTICULO 2º e inciso II, de su [Ley Orgánica](http://www.gobiernodigital.inah.gob.mx/Transparencia/Archivos/loinah.pdf)¹¹ se estipula:

ARTICULO 2o. Son objetivos generales del Instituto Nacional de Antropología e Historia la investigación científica sobre Antropología e Historia relacionada principalmente con la población del país y con la conservación y restauración del patrimonio cultural arqueológico e histórico, así como el paleontológico; la protección, conservación, restauración y recuperación de ese patrimonio y la promoción y difusión de las materias y actividades que son de la competencia del Instituto. Para cumplir con sus objetivos, el Instituto Nacional de Antropología e Historia tendrá las siguientes funciones:

II. Efectuar investigaciones científicas que interesen a la Arqueología e Historia de México, a la Antropología y Etnografía de la población del país.

¹⁰ <https://tlapitzalli.com/BR/Cuauhtlan.pdf>

¹¹ <http://www.gobiernodigital.inah.gob.mx/Transparencia/Archivos/loinah.pdf>

Sobre el pasado de Cuautla y en el resto del Valle de Amilpas, sólo operan dos museos históricos. Uno es el Museo de la Casa de Morelos y otro es el Museo de la Independencia: El Sitio de Cuautla. Sobre su arqueología o antropología, no existe ni se conoce nada notable importante institucional en la localidad y la región¹². Es como si sus pueblos de origen milenario y su patrimonio y sus usos y costumbres no hubieran existido y ya no subsista nada de ellos.

Sobre los relojes de sol, también existen otros en el resto del estado de Morelos y del país, pero también están esperando ser restaurados, analizados, caracterizados y difundidos.

Se me ha comentado que esas tareas deberían ser realizadas formalmente por especialistas autorizados, pero no se han encontrado interesados institucionales en esos trabajos.

Sobre el análisis publicado, sólo Jesús Mora Echeverría de la Dirección de Estudios Arqueológicos del INAH, me envió algunos comentarios y sugerencias, para mejorar la caracterización del reloj de sol.

El arquitecto Fernando Campos del Museo de la Casa de Morelos del INAH de Cuautla, me proporcionó la foto de un singular reloj de sol doble, para funcionar durante la mañana y la tarde, localizado en el techo del segundo patio del exconvento de San Francisco de Tlaxcala (Fig. 11). Ese reloj doble no se ha encontrado en publicaciones abiertas. Deben existir otros sin caracterizar, analizar, ni publicar.



Fig. 11. Reloj de sol del exconvento de San Francisco. Tlaxcala.

Con la publicación del informe del estudio realizado, el suscrito sólo quiso dar a conocer el reloj de sol del exconvento de Santo Domingo, mostrando que es posible realizar y difundir análisis originales sencillos sobre ese patrimonio histórico para medir el tiempo, aun sin ser especialista en el tema, ni disponer de las herramientas y los equipos científicos necesarios.

¹² En el sitio arqueológico de Chalcatzingo existe un museo de la comunidad, pero cuando se visitó esta cerrada. El museo de la casa de Zapata, también ha estado cerrados por más de un año.