Diseño de módulo didáctico en Arqueoastronomía como apoyo a las actividades del Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital

Propuesta de pasantía con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

23 de octubre de 2019

Por:

LAURA NATALY RODRÍGUEZ REAL

20161031019

PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
TECNÓLOGA EN TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE
PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA EN TOPOGRAFÍA
BOGOTÁ DC
2019

Diseño de módulo didáctico en Arqueoastronomía como apoyo a las actividades del Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital

Propuesta de pasantía con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Por:

LAURA NATALY RODRÍGUEZ REAL

20161031019

PROYECTO DE GRADO EN LA MODALIDAD DE PASANTÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
TECNÓLOGA EN TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE
PROYECTO CURRICULAR TECNOLOGÍA EN TOPOGRAFÍA
BOGOTÁ DC

2019

RESUMEN

Este trabajo presenta una propuesta de secuencia didáctica aplicada al conocimiento de la Arqueoastronomía en algunas construcciones prehispánicas del departamento de Boyacá.

Se plantean algunas actividades teóricas en conjunto con observaciones astronómicas y simulaciones con modelos para determinar la visión existente del sol en los Muiscas.

Además de la explicación y comprensión de la importancia del astro rey para los pueblos y actualmente, se abre la puerta para realizar en el Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas LatitUD nuevas investigaciones científicas. El estudio del Sol es un gran campo en la Astronomía, con los equipos existentes en el Observatorio seguramente se seguirán obteniendo resultados importantes para la ciencia y haciendo uso de estos como apoyo pedagógico.

Índice

1. JUSTIFICACIÓN **6**

2. INTRODUCCIÓN **7**

3. OBJETIVOS **9**

4. MARCO TEÓRICO **10**

4.1. El Sol 10

4.1.1. Ciclo del sol 11

4.1.2. Manchas solares 12

4.2. Sistemas de coordenadas 12

4.2.1. Coordenadas horizontales 13

4.2.2. Coordenadas absolutas 14

4.3. Movimiento del aparente del sol 14

4.3.1. Solsticio 15

4.3.2. Equinoccio 16

4.3.3. Analema 17

4.4. Arqueoastronomía 18

4.4.1. Observatorio solar muisca de Saquenzipa, Villa de Leyva 19

4.4.2. Los Muiscas y sus creencias 21

4.4.3. Tiempo y astronomía Muisca 21

4.4.4. Observatorio Solar y comprobación topográfica 22

4.5. Secuencia didáctica 24

5. METODOLOGÍA **25**

5.1. Actividad 1 (Objetivo específico 1) 25

5.1.1. Actividad 1.1 26

5.1.2. Actividad 1.2 26

5.2. Actividad 2 (Objetivo específico 2) 26

5.2.1. Actividad 2.1 26

5.2.2. Actividad 2.2 26
5.3. Actividad 3 (Objetivo específico 3) 26
5.3.1. Actividad 3.1 27
5.4. Actividad 4 (Objetivo específico 4) 27
5.4.1. Actividad 4.1 27
5.5. Actividades de apoyo organizacional 28

6. APLICACIÓN **28**
6.1. Charla-Taller Colegio Fabio Lozano Simonelli (Fiscala alta - Bogotá) 28
6.2. Taller Appstronomía 29
6.3. Ponencia inauguración Observatorio Astronómico LatitUD 29
6.4. Apoyo clase de Arqueoastronomía 30
6.4.1. Apoyo a variadas actividades del Observatorio Astronómico LatitUD. 31

7. CONCLUSIONES **32**

8. BIBLIOGRAFÍA **33**

9. ANEXO **35**

1. JUSTIFICACIÓN

La sede Aduanilla de Paiba de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cuenta con un Observatorio Astronómico el cual ha sido recientemente dotado con instrumental que permite proporcionar a la comunidad universitaria espacios de calidad dignos de una institución académica de nivel educativo, por tal razón, se requiere el apoyo de la comunidad universitaria para el aprovechamiento de este sitio en la parte técnica, investigativa y logística por lo que se convoca a estudiantes de los diferentes proyectos curriculares para que dispongan de este espacio en diferentes tareas.

Desde el proyecto de Tecnología en Topografía de la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales y su electiva intrínseca Arqueoastronomía se desea realizar el apoyo en el observatorio, trabajando también en algunos estudios los cuales requieren profundizar, además de incurrir en algunos nuevos. Por tanto, el manejo y conocimiento de los equipos (telescopios, cúpula, modelos, equipos audiovisuales) y temas necesita de estudiantes prestos a aprender y con ganas de comunicar los hallazgos a los visitantes de una manera visual y práctica, para así sembrar el interés y popularidad por la materia, con el fin de atraer nuevos investigadores y ahondar más ampliamente en la disciplina.

2. INTRODUCCIÓN

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas es una institución independiente, de carácter público, ubicada y al servicio de los ciudadanos habitantes de Bogotá, en sus 24 sedes distribuidas a lo largo de la capital, la Universidad se ha esmerado por aportar en la investigación para el avance del país. En cada una de las instalaciones designadas a impartir conocimientos, se crean grupos que buscan indagar en algún campo específico como por ejemplo las ciencias de la tierra y más específicamente, el área de la Astronomía.

En el 2013, el antiguo matadero municipal ubicado en la Calle 13 con 32 fue restaurado y convertido en una sede de la Universidad Distrital con diferentes áreas para estudio, una gran biblioteca y el tan anhelado Observatorio Astronómico. Éste realizó una convocatoria para la participación de diferentes proyectos curriculares con fines de organizar y poner en funcionamiento el espacio.

Desde la Facultad de Medio Ambiente, el proyecto curricular de Tecnología en Topografía con su electiva intrínseca llamada Arqueoastronomía, desea brindar un apoyo al Observatorio aportando saber en las áreas que comprenden la Astronomía. Mediante esta disciplina se desea rescatar el conocimiento astronómico de los antepasados quienes dejaron vestigios importantes alrededor del mundo.

La Arqueoastronomía es considerada una ciencia a partir de 1964 cuando el investigador Gerald Hawkins estudia el emplazamiento inglés Stonehenge y logra relacionar la estructura con movimientos del Sol y la Luna [3]. A partir de este suceso, se empiezan a reconocer diferentes aportes en lugares alrededor del mundo con características similares relacionadas con orientaciones a estos astros, dando a entender que desde la antigüedad los pueblos también se esmeraban en entender su universo y medir el tiempo de maneras lo más exactamente posibles, ya que de esto dependía su subsistencia.

En América, han sido reveladas varias ubicaciones de construcciones monumentales como por ejemplo en México, las cuales han aportado conocimientos astronómicos de quienes habitaron el lugar estudiando además sus pictografías, petroglifos y formas de escritura[3]. Una manera de testificar la inteligencia de nuestros antepasados, se refleja en las crónicas las cuales son un importante testimonio que refleja algunas cosas de la vida en América. Fueron escritos por los conquistadores los cuales relataron vínculos astronómicos Muiscas con calendarios manejados por los pueblos del nuevo mundo. Dichas crónicas proporcionan información de una manera fragmentada, perdiendo así abundantes datos importantes para la investigación hoy en día.

Colombia no se queda por fuera del grupo de países en presentar edificaciones relacionadas con Arqueoastronomía, por ejemplo se conoce el popular San Agustín en el Huila, el parque arqueológico de Facatativá donde se encuentran las famosas piedras del Tunjo, Cojines de Saque en Tunja, y el Observatorio Solar Muisca de Saquenzipa en Villa de Leyva, entre otros.

Con la disposición del Observatorio de la Universidad Distrital y los conocimientos adquiridos en la electiva Arqueoastronomía se quiere mediante la propuesta de secuencia didáctica realizar cuatro actividades en las cuales se ha considerado una modelación del Observatorio Solar Muisca de Saquenzipa, conceptos de esfera celeste, prácticas instrumentales y la utilización de recursos multimedia.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer una práctica guiada en el Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital aplicada a monumentos arqueoastronómicos.

Objetivos específicos

-Explicar el movimiento anual del sol representado en los sistemas de coordenadas existentes.

-Interpretar la astronomía que tuvieron los Muiscas en un escenario ubicado en el departamento de Boyacá como el Observatorio Solar Muisca en Villa de Leyva.

-Diseñar actividades que conformen la secuencia didáctica.

-Aplicar y evaluar la secuencia con el fin de plantear con los resultados una guía para la realización de actividades, además de apoyar al Observatorio en diversas propuestas.

4. MARCO TEÓRICO

Dado que el trabajo se enfoca en los significados astronómicos y topográficos de una cultura en específico, se debe estar en la capacidad de abordar las diferentes definiciones de conceptos puntuales que se relacionan con el fin del proyecto.

4.1. El Sol

Todo lo que vemos en el cielo nos genera incógnitas que la Astronomía busca responder día tras día. ¿Cual es el origen del universo?, ¿cómo orbitan los planetas?, ¿qué es materia oscura? ¿qué nos dicen las estrellas?, ¿qué tan lejos está un astro? entre muchos otros son los interrogantes que esta ciencia no descansará hasta resolver. Todos los días y noches al mirar el cielo (en condiciones que lo permitan) se pueden diferenciar variados puntos luminosos los cuales pueden ser planetas, asteroides, cometas, estrellas, entre muchos más.

Estas últimas, son calderas hirviendo en el cosmos las cuales crean energía gracias a sus núcleos y debido a esto destilan brillo. El estudio de las estrellas se conoce como espectroscopia y nos revela información de los componentes analizando la luz emitida con un espectrógrafo, clasificando las estrellas de acuerdo a sus temperaturas con las letras O B A F G K M, donde O es la más caliente y M la más fría. Gracias a las líneas generadas en la toma del espectro se reconocen que elementos conforman el astro.

Con la espectroscopia se determinó que el Sol es una bola brillante y caliente de hidrógeno y helio en el centro del sistema solar, sin duda la estrella más importante de nuestra región del Cosmos. Además de luz, aporta el calor que impide que la tierra se congele en el frío absoluto del espacio. [7]

Como se muestra en la Figura 1 del espectro del Sol tomado 26 de Agosto de 2019 a las 17:20 con el espectrografo LISA por el pasante Santiago López, se puede determinar gracias a su análisis los elementos que conforman el Sol.

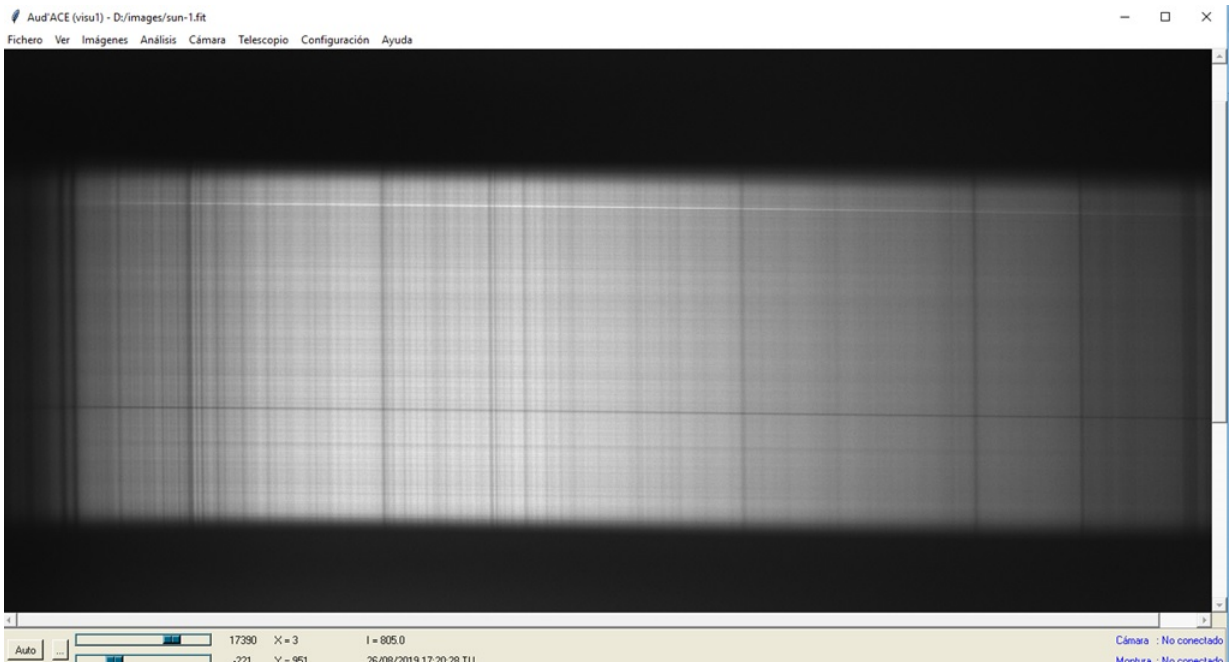


Figura 1. Espectro del Sol tomado en el Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital.

DATOS BÁSICOS DEL SOL	
Diámetro	1,4 millones de km (109 veces más ancho que la Tierra)
Masa	333.000 veces la de la Tierra
Periodo de rotación	25 días
Temperatura en la superficie	5.500 °C
Temperatura del núcleo	15.000.000 °C
Tipo espectral	G2V

Tabla 1. Datos básicos del Sol [7]

4.1.1. Ciclo del sol

Cada 11 años más o menos, el campo magnético del Sol cambia completamente. Esto significa que los polos norte y sur del Sol cambian de lugar. Luego, se demoran unos 11 años más para que los polos norte y sur del Sol vuelvan de nuevo, estos se diferencian por la aparición de manchas solares las cuales se crean debido a los cambios magnéticos dentro del sol en sus periodos máximos y mínimos. [9]

Además de la aparición de estas últimas, el Sol mantiene una exaltada actividad magnética

la cual se ve reflejada en esas erupciones de llamaradas brillantes en donde bota energía al exterior pudiendo afectar la Tierra.

4.1.2. Manchas solares

Las manchas solares son pequeñas áreas oscuras (algunas casi tan grandes como la tierra), en donde los campos magnéticos del Sol son tan fuertes que evitan que parte del calor dentro del Sol alcance la superficie.[7]

En la figura 2 se pueden observar algunas manchas solares captadas con el telescopio solar Coronado SolarMax II del Observatorio Astronómico de la Universidad Francisco José de Caldas del día 7 de mayo de 2019 a las 16:00 con la cámara Canon EOS60.

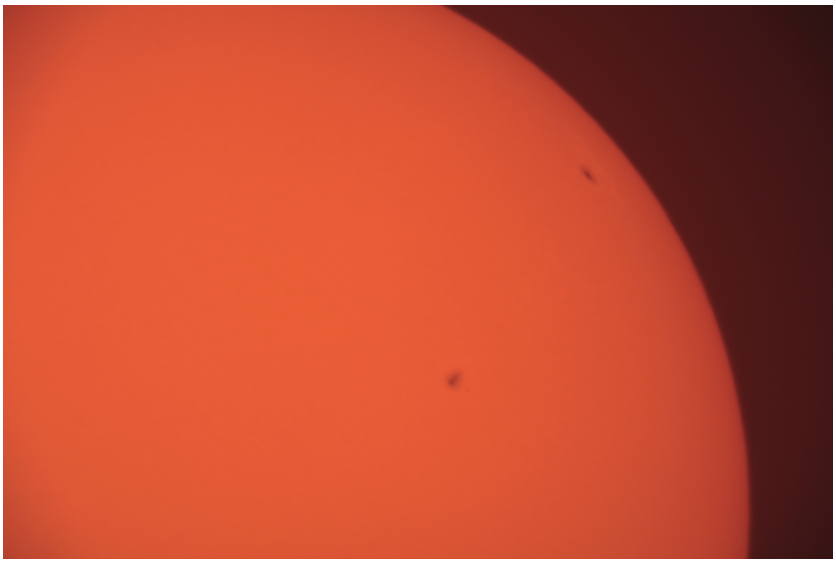


Figura 2. Sol con manchas solares.

4.2. Sistemas de coordenadas

Se llama espacio tridimensional al conjunto de ternas ordenadas de números reales (x,y,z). Cada terna ordenada perteneciente al espacio se denomina punto de ese espacio.[1]

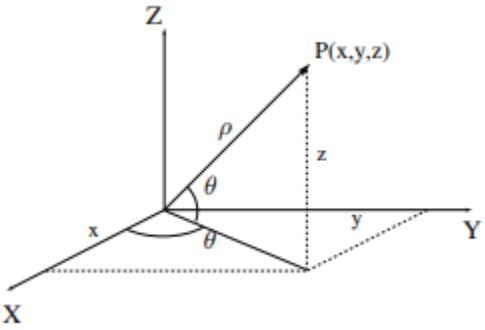


Figura 3. Sistemas de coordenadas.[1]

4.2.1. Coordenadas horizontales

Tienen como plano de referencia el horizonte matemático del observador. Tales coordenadas permiten ubicar la posición aparente de un astro para un observador cualquiera situado a una latitud y longitud dadas para un instante de tiempo especificado.

A = azimut
h = altura.

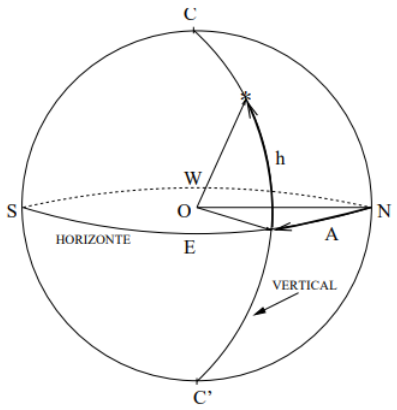


Figura 4. Coordenadas horizontales.[2]

- El azimut A de un astro es el ángulo contado sobre el horizonte que comienza a medirse desde el punto cardinal norte en dirección hacia el este (oriente) hasta la vertical del astro correspondiente.
- La altura h de un astro es el ángulo contado sobre la vertical del astro que comienza a medirse desde el horizonte hasta el astro correspondiente.[2]

4.2.2. Coordenadas absolutas

Las coordenadas ecuatoriales absolutas tienen como plano de referencia el ecuador celeste.
-ascensión recta
-declinación.

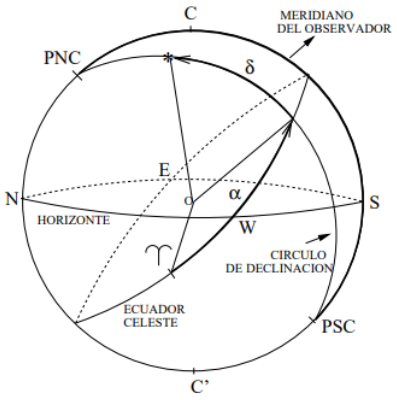


Figura 5. Coordenadas absolutas.[2]

-La ascensión recta de un astro es el ángulo medido sobre el ecuador celeste contado desde el punto vernal en dirección contraria a la de las agujas del reloj, visto desde el PNC, hasta el círculo de declinación del astro.
- La declinación de un astro es el ángulo medido sobre el circulo de declinación de este que comienza a contarse desde el ecuador celeste hasta el astro correspondiente.
La declinación es positiva si la estrella esta ubicada en el hemisferio norte celeste, de lo contrario es negativa.[2]

4.3. Movimiento del aparente del sol

El Sol es la estrella alrededor de la cual giramos. Su aparente movimiento diurno es el responsable del día y la noche, aunque este desplazamiento pertenece en realidad a la rotación de la tierra. Todos los días vemos como emerge de un punto en el horizonte oriental y se esconde el en horizonte occidental.

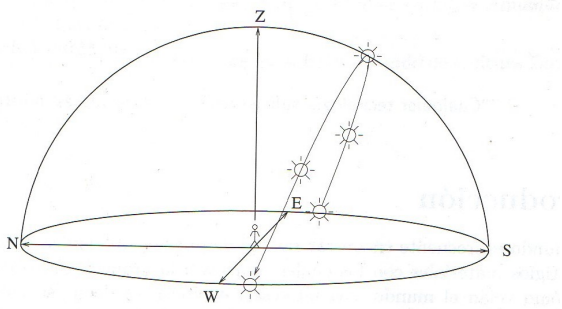


Figura 6. Trayectoria del Sol.[3]

Se puede observar que de acuerdo a la latitud del observador el ángulo de salida del sol va a variar, culminando el Sol hacia el sur si estamos en el hemisferio norte o al contrario si estamos en el otro hemisferio.

Se puede determinar que los puntos de salida del Sol varían siguiendo su trayectoria durante un año, es notorio que se mueve progresivamente de norte a sur, llegando a un momento donde parece detenerse para emprender de nuevo su desplazamiento en dirección contraria. Analizando la actividad solar encontrada, el momento en que el ecuador celeste está más alejado del Sol se ha denominado solsticio, y cuando cruza el ecuador celeste equinoccio.[3]

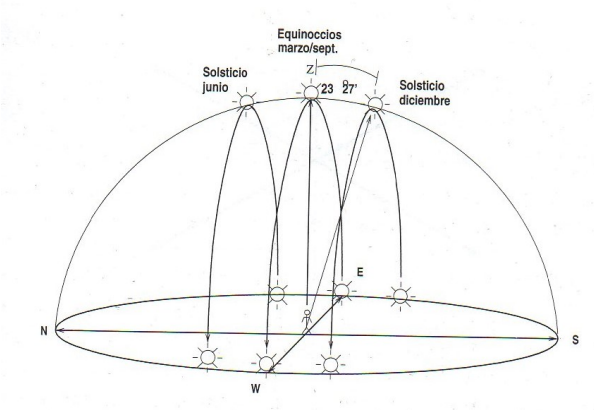


Figura 7. Solsticios y equinoccios desde el Ecuador.[3]

4.3.1. Solsticio

Son los momentos del año en donde el Sol alcanza su mayor o menor altura (declinación 23°27 N, 23°27' S) con respecto al Ecuador. Los días 20-21 de junio la Tierra se alinea con el

Sol en el trópico de Cáncer (23°27' N) y los rayos de este caen sobre esta latitud marcando así la llegada del verano al hemisferio Norte, con el pasar de los meses llega a su ubicación sobre el Trópico de Capricornio (23°27' S) los días 20-21 de diciembre y con esto, la llegada del verano a los países del hemisferio Sur. El año solar inicia desde 20-21 de junio, cumple 6 meses en 20-21 de diciembre y finaliza volviendo a el punto de inicio completando los 12 meses del año.

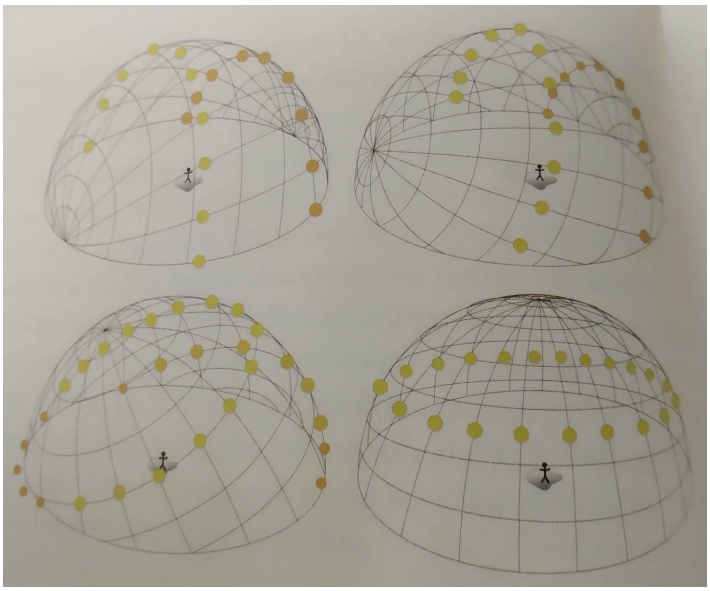


Figura 8. Evolución del tránsito del Sol en los días de solsticio para diferentes observadores. De izquierda a derecha tenemos, arriba, un observador ecuatorial y uno de latitud intermedia, abajo, un observador en el círculo polar y en un polo, respectivamente.[6]

4.3.2. Equinoccio

Son los momentos del año en que el Sol y la Tierra están alineados en el plano del Ecuador (une la Tierra en hemisferio Sur y Norte), ocurre en los días 20-21 de marzo y 22-23 de septiembre, este día para un observador ubicado en el Ecuador terrestre el sol alcanza el Cenit y por tanto no se produce sombra.

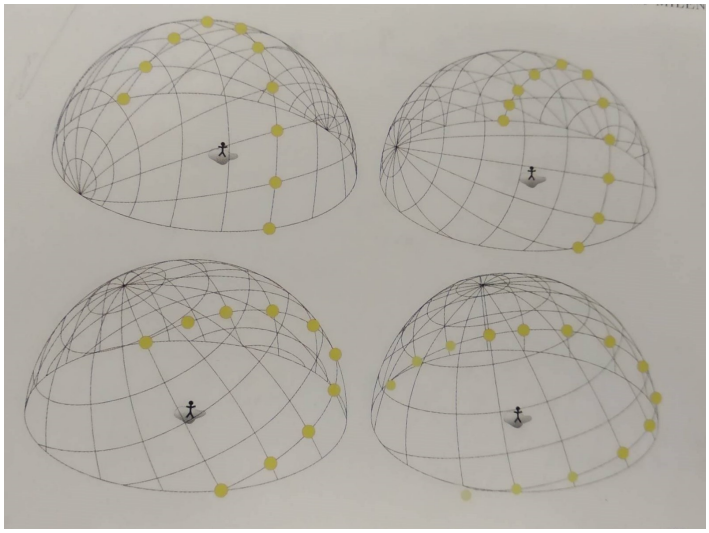


Figura 9. Evolución del tránsito del Sol en los días de equinoccio para diferentes observadores.[6]

4.3.3. Analema

Un analema es la curva (en forma de ocho o infinito) que describe la posición del Sol cada día a la misma hora si se mira desde un mismo punto, sus extremos coinciden con los solsticios.

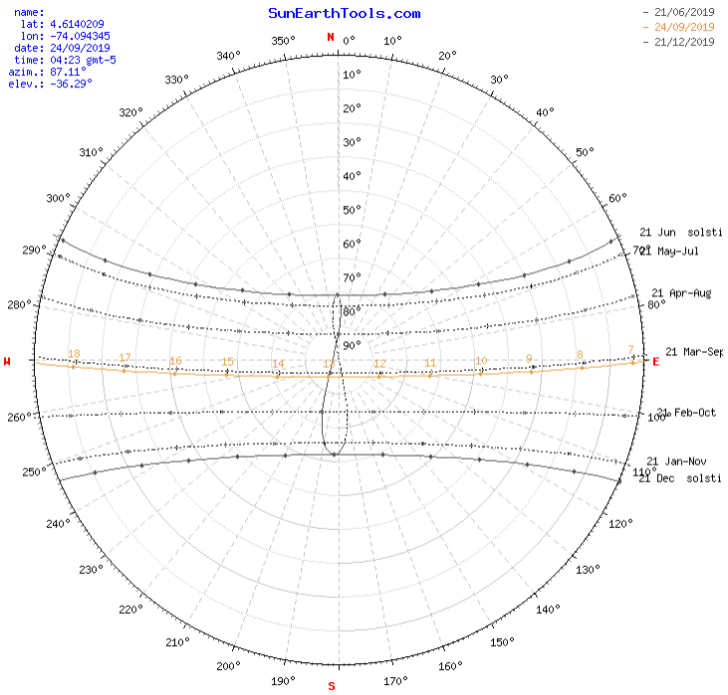


Figura 10. Diagrama de posición del Sol con su azimut y altura para la respectiva hora del día y fecha.[8]

En la Figura 11 se puede ver como es el paso del Sol en el Observatorio Astronómico LatitUD. El analema presentado anteriormente corresponde a la posición del Sol al medio día para esta ubicación, todo se ha determinado por la página de internet SunEarthTools.com.



Figura 11. Paso del Sol en el Observatorio Astronómico LatitUD, las líneas superior e inferior de color negro señalan el paso del Sol los solsticios. La línea amarilla demarca el equinoccio.[8]

4.4. Arqueoastronomía

A lo largo de la historia se han encontrado vestigios de pueblos que vivieron en la antigüedad quienes dejaron rasgos materiales, los cuales son objeto de investigación en muchos ámbitos (arqueología, geografía, historia, astronomía, etc.), por tanto, la unión de estas disciplinas con el fin de encontrar resultados científicos se denomina Arqueoastronomía[3].

Esta disciplina científica inicia hacia la década de 1960, cuando investigadores como Gerald Hawkins estudian la colocación del sitio inglés de Stonehenge y entienden la relación de su estructura con los movimientos del Sol y la Luna. Desde entonces se han identificado numerosos sitios arqueoastronómicos en el mundo, en América se han conocido bastantes emplazamientos sorprendentes de México, Centroamérica y Perú[3].

En Colombia, la cultura Muisca que habitó en el altiplano cundiboyacense la cual adoró

al Sol y la Luna (Sué y Chía), también dejó su legado arqueoastronómico aunque un poco modificado con la llegada de los conquistadores [3].

En los departamentos de Boyacá y Cundinamarca se conocen construcciones de tipo arqueoastronómico como el templo del sol en Sogamoso, los cojines del Saque en Tunja y el observatorio solar muisca Saquenzipa en Villa de Leyva en el cual se centra este trabajo.

Desde la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el proyecto curricular de Tecnología en Topografía, existe una asignatura llamada Arqueoastronomía en la cual el objeto de estudio es lo nombrado anteriormente. Desde esta clase se han realizado estudios como por ejemplo "Comprobación topográfica y astronómica del posible observatorio solar muisca de Saquenzipa en Villa de Leyva"[4], en donde se midieron las direcciones de los pétreos y su posible relación con el recorrido del sol en los días de solsticios y equinoccios.

4.4.1. Observatorio solar muisca de Saquenzipa, Villa de Leyva

El parque arqueológico Saquenzipa (mal llamado el infiernito), ubicado en la vereda de Monquirá, municipio de Villa de Leyva en Boyacá - Colombia (Latitud: 5°38'49.793"- longitud: 73°33"33.288") el cual se cree que era un observatorio solar y lugar destinado a celebraciones de carácter astronómico-religioso y cívico, ha sido referente para variadas investigaciones en los campos de la historia, arqueología, antropología y topografía.
La aparición de este emplazamiento como lugar de importancia se ve reflejada en "Noticias historiales de las conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales"(1625) de Fray Pedro Simón: "*el cacique de Tunja... Quiso sublimar la fábrica de este templo en honra de su padre y poniéndolo en efecto, mandó que le trajesen de diversas partes gruesos y valientes mármoles. Llegaron al sitio con tres de ellos... otros dos se ven en el camino de Ramiriquí y otros dos en Moniquirá, que no llegaron al sitio como ni la fábrica a ponerse en ejecución, porque cuando ya estaba en estado de eso, era en tiempo en que ya los Españoles estaban poblados en Santa Marta*" [12]

Años después, también se encontró en el documento *"Notice sur les Antiquites de la Nouvelle-Grenade", in Bulletin de la Societe de Geographic de Paris, (1847) por Manuel Vélez.* El cuál fue publicado en Colombia bajo el nombre de *"El Dorado: Noticias sobre las Antiguedades de la Nueva Granada por el Señor D. Manuel Velez",(1884).* Donde se refiere a los monumentos encontrados en el "Infiernito" como una prueba de una nación civilizada e inteligente[10].

En 1973 gracias a los trabajos realizados por el arqueólogo boyacense Eliécer Silva Celis, quedan al descubierto una serie de columnas pétreas (dos líneas de 56 pétreos cada una y de 30 metros de longitud x 16.5 metros de ancho) con una disposición lineal característica las cuales se presume fueron construidas hacia el año 930 a.C. por alguna comunidad premuisca que habitó en lugar con el fin de realizar celebraciones de carácter astronómico-religioso y cívico. Se estableció la fecha aproximada de construcción gracias a las pruebas de carbono 14 realizadas a los restos de huesos de animales y vegetales que se ofrecían como sacrificio a los dioses.[4]

Se presume que al llegar los conquistadores, encuentran estatuas y figuras que nombraron como "perturbaciones demoniacas", las cuales mandaron a quitar de su lugar original. Algunas están en lo que parece ser su lugar correcto, como por ejemplo los falos, de allí nace el nombre del Infiernito.



Figura 12. Descubrimiento arqueológico de líneas pétreas [11].

4.4.2. Los Muiscas y sus creencias

Se dice que los Muiscas o Chibchas llegaron a habitar el Altiplano Cundiboyacense y los valles interandinos de la cordillera de los Andes hacia los años 600 a.C. Se dividían en diferentes territorios donde en cada uno lideraba un cacique.

En sus creencias existía la adoración a Chiminiguagua como creador y difusor de luz para todos en las tinieblas de la oscuridad, el cual señalaba la importancia de adorar al Sol (Sué) y a la Luna (Chía) su compañera. Otra de sus convicciones se basaba en suponer que los caciques creadores, Sogamoso y Ramiriquí suben al cielo para ser la Luna y el Sol respectivamente. Por otro lado, creían que en Bachué estaba el origen del género humano; ella sale de la laguna de Iguaque con un niño en brazos y se casa con él teniendo muchos hijos poblando así el territorio[13]. Existen varios mitos de las creencias muiscas, en los cuales se refleja la importancia de adorar al Sol, a la Luna y a la Madre Tierra.

4.4.3. Tiempo y astronomía Muisca

Para los chibchas suá significaba día; y za noche. El día se dividía en 4 partes: *Suamena*, desde la salida del Sol hasta el medio día. *Suameca* desde el medio día hasta la puesta del Sol. *Zasca* desde la puesta del Sol hasta la media noche y *Cagui* desde la media noche hasta la nueva salida del Sol. Una semana eran 3 días, un mes, 10 semanas. El año 20 lunas[13].

Tuvieron conocimientos referentes al movimiento aparente del Sol y las fases de la Luna, relacionándolos con las cosechas y sus diferentes celebraciones. De acuerdo al movimiento y apariencia de estos Astros crearon su manera del determinar el tiempo.

4.4.4. Observatorio Solar y comprobación topográfica



Figura 13. Observatorio Solar Muisca visto de oriente a occidente.

Gracias a los estudios realizados por el arqueólogo Eliécer Silva Célis y el grupo de Arqueoastronomía de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, midiendo con equipos topográficos y haciendo su determinado análisis topográfico, geodésico y astronómico, se encontró la posible relación de este emplazamiento con la salida del Sol para días de solsticios y equinoccios



Figura 14. Orientación líneas pétreas.

La línea de pétreos sur tiene un azimuth astronómico de 91°10’17.5”, y los días de equinoccio el Sol sale con una orientación entre 90° y 91°. [4]

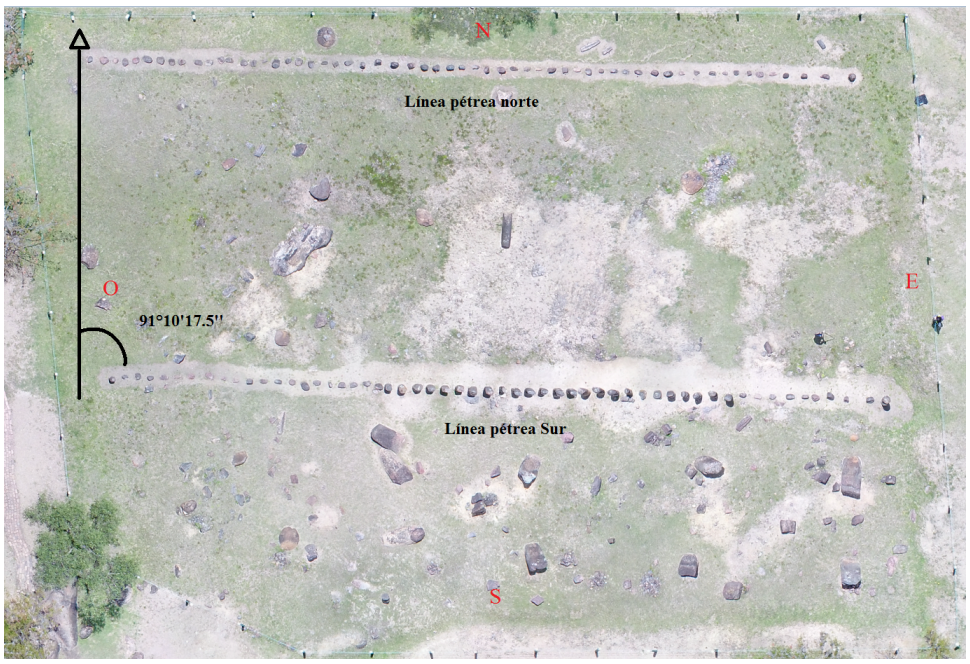


Figura 15. Ángulo medido a equinoccio.

La alineación que presentan las líneas Norte y Sur permiten suponer una relación geométrica con la salida del Sol en el horizonte. Para los solsticios, los valores medidos con respecto al Norte son muy cercanos al ángulo de azimuth que presenta el Sol en estos días.

EVENTO (2019)	AZIMUTH GSM	ÁNGULO MEDIDO EN LÍNEAS PÉTREAS
Solsticio de junio	66°46’19”	66°1’23.5”
Solsticio de diciembre	113°36’15”	112°27’42.2”

Tabla 2. ángulos medidos a solsticio.

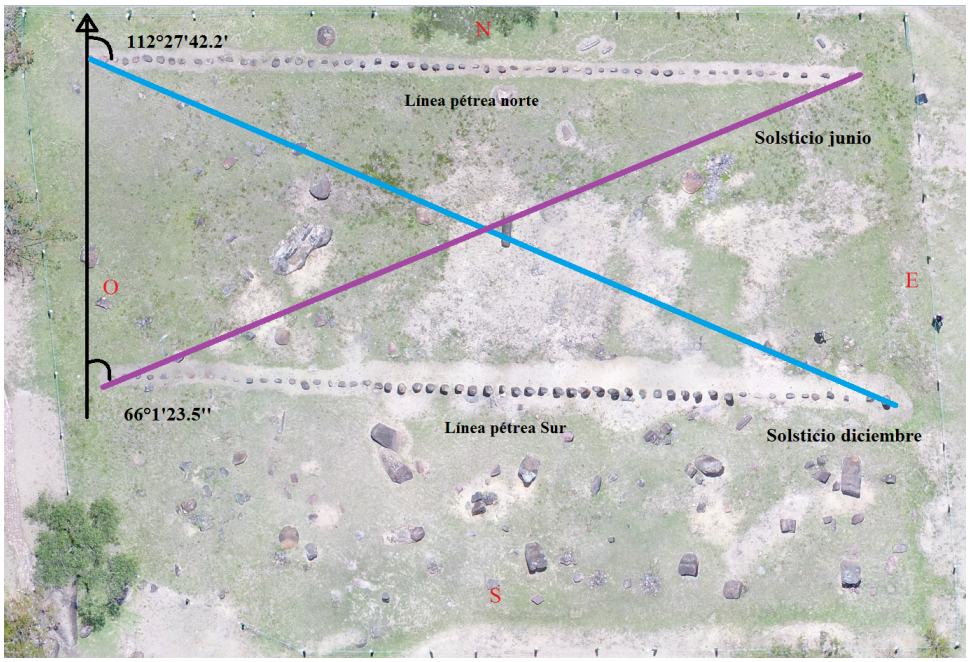


Figura 16. Direcciones de los ángulos medidos para solsticios.

Las diferencias en los ángulos encontradas tomando como punto de referencia la época en que fue construído el emplazamiento en comparación con la actualidad, pueden tener una posible explicación si se analizan los movimientos de la Tierra: rotación, traslación, nutación, etc. Tal vez, en el momento de la construcción del lugar las mediciones con respecto al Sol no tenían un error tan notorio como hoy en día, pero debido a los constantes cambios en el universo la diferencia creció arrojándonos estos resultados.

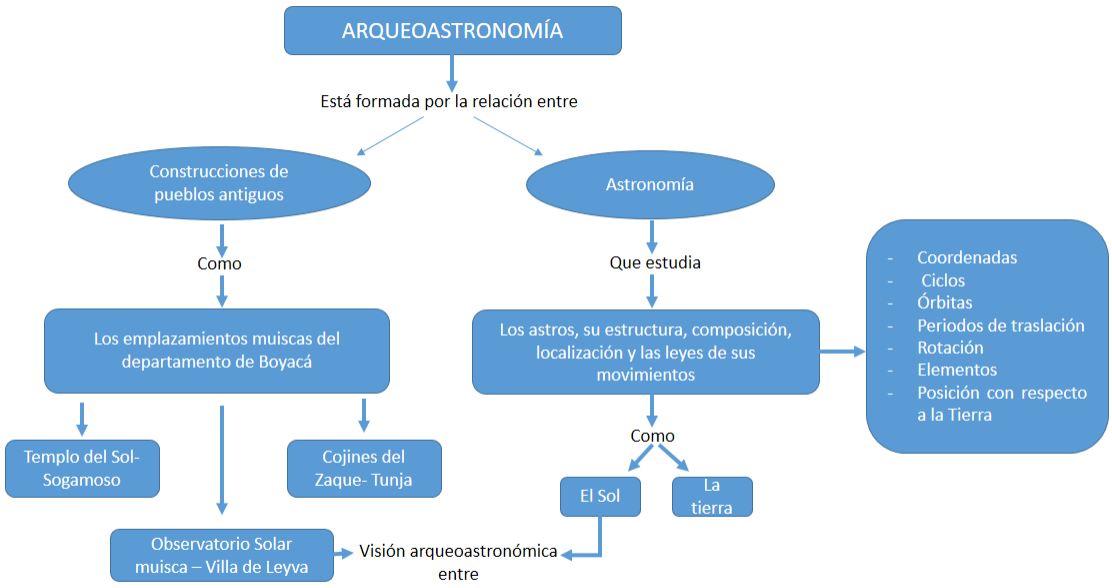
4.5. Secuencia didáctica

Conjunto de actividades que permiten al estudiante aprender de una manera didáctica y secuencial un concepto, logrando un entendimiento significativo dejando a un lado ejercicios monótonos o rutinarios[5]. En este caso, que es Arqueoastronomía y el movimiento aparente del Sol para entender el contexto del Observatorio solar en Villa de Leyva.

Se plantearán como mínimo 4 actividades involucrando observaciones directas al sol, haciendo modelos, uso de recursos multimedia para evidencia de forma directa de conceptos.

5. METODOLOGÍA

El siguiente diagrama muestra a grandes rasgos como se compone la Arqueoastronomía, sus principales emplazamientos hallados para el caso de Boyacá - Colombia y algunos conceptos astronómicos que se deben tener en cuenta.



La metodología abarca cuatro etapas relacionándose cada una de ellas con un objetivo específico; de esto parte el modelo de estructuración para las actividades.
Los procedimientos a seguir son:

5.1. Actividad 1 (Objetivo específico 1)

En esta etapa se estandarizarán los conceptos de acuerdo a la bibliografía existente, docentes y personas relacionadas con la materia.

5.1.1. Actividad 1.1

Entrevista a profesores relacionados con el tema, familiarización con bibliografía enlazada para la profundización en conceptos como coordenadas y movimientos aparentes del sol determinantes al momento de hablar de Arqueoastronomía.

5.1.2. Actividad 1.2

Explicación de movimiento anual del sol con modelo existente en el observatorio y aplicación práctica 1 siguiendo el sol.

5.2. Actividad 2 (Objetivo específico 2)

En esta etapa se realizará la descripción e interpretación de las 3 construcciones arqueoastronómicas del departamento de Boyacá, con el fin de entender la representación que las diferentes comunidades tuvieron de la Astronomía, comparando esto con conceptos actuales.

5.2.1. Actividad 2.1

Búsqueda de modelos y materiales para realizar arquetipo del observatorio solar de Villa de Leyva.

5.2.2. Actividad 2.2

Interpretación de astronomía para el escenario escogido, relación hileras de pétreos con salidas movimientos solares.

5.3. Actividad 3 (Objetivo específico 3)

Determinación de actividades donde se espera aplicar la metodología a estudiantes del curso de Arqueoastronomía en la Facultad de Medio ambiente y recusos naturales y de Astronomía vista en la Facultad de Ingeniería. De igual manera se desea ofertar la práctica a cualquier visitante del Observatorio.

5.3.1. Actividad 3.1

Estas actividades son las mínimas propuestas las cuales con base en su desarrollo se evaluarán para ver sus resultados y determinar si se requieren más o se suprime alguna.

1. Conociendo la esfera celeste: Conceptuar la definición de movimiento aparente anual del Sol y su proyección en la esfera celeste utilizando recursos didácticos existentes en el Observatorio.

2. Siguiendo el Sol: Actividad que utilizará recursos del Observatorio como teodolitos y telescopios para evidenciar el movimiento del Sol.

3. Astronomía muisca en Villa de Leyva: Con trabajos previos realizados basados en Arqueoastronomía elaborar el arquetipo de observatorio solar en 3D y diseñar una práctica que permita al estudiante con ayuda de algunos recursos evidenciar directamente el funcionamiento de Obsevatorio solar muisca.

4. Reconociendo monumentos muiscas: Proyectar el material multimedia existente sobre el observatorio solar muisca con la finalidad de introducir al visitante en el tema y abordar los demás temas planteados.

5.4. Actividad 4 (Objetivo específico 4)

Aplicación y evaluación de tareas elaboradas.

5.4.1. Actividad 4.1

Se evaluará el conocimiento del visitante al final de cada actividad, mediante encuestas en Moodle o Google docs, utilizando las plataformas virtuales de la Universidad donde se puedan precisar algunos de los conceptos vistos.

5.5. Actividades de apoyo organizacional

Se realizará el apoyo a las actividades que el observatorio requiera, entre estas están: inauguración, visitas guiadas, charlas a colegios, divulgación de la información, etc.

6. APLICACIÓN

Se han realizado algunas actividades aplicando la metodología y los objetivos del trabajo, la Arqueoastronomía ha sido llevada a diferentes públicos generando en ellos un impacto positivo ya que esta ciencia, la cual es desconocida para muchos, termina siendo fascinante.

6.1. Charla-Taller Colegio Fabio Lozano Simonelli (Fiscala alta - Bogotá)

El día 4 de septiembre de 2019, el Colegio Fabio Lozano Simonelli ubicado en el barrio Fiscala Alta - Bogotá, realizó la II FERIA DE ASTRONOMÍA FALOSISTA en la cual el Observatorio Astronómico de la Universidad Distrital LatitUD estuvo presente con la charla-taller de Arqueoastronomía. Se realizó la breve explicación teórica del origen del Universo, movimiento aparente del Sol y emplazamientos arqueoastronómicos. Se interactuó con los estudiantes haciendo uso del modelo de esfera celeste y el telescopio solar para la respectiva observación del Sol.



Figura 16. Charla-Taller Arqueoastronomía.

6.2. Taller Appstronomía

La semana previa a la inauguración del Observatorio Astronómico LatitUD (lunes 2 al viernes 6 de septiembre de 2019) se realizó un taller guiado de conocimiento de las Apps astronómicas y algunos conceptos de la materia. Los pasantes y monitores del Observatorio dictamos estos talleres libres que fueron ofrecidos a toda la comunidad universitaria. En esta actividad se habló de el movimiento aparente del Sol y de la concepción de algunos eventos astronómicos para los Muiscas.



Figura 17. Taller Apsstronomía.

6.3. Ponencia inauguración Observatorio Astronómico LatitUD

El 9 de septiembre de 2019 se realizó la inauguración del Observatorio Astronómico LatitUD en la cual se realizaron variadas actividades, entre ellas, charlas de estudiosos de la Astronomía. Como pasante del Observatorio realicé una ponencia de Arqueoastronomía estudiada en el Observatorio solar muisca en Villa de Leyva tocando los temas de movimiento aparente del Sol, visión astronómica de los Muiscas, historia del Observatorio, etc.



Figura 18. Ponencia Inauguración Observatorio Astronómico LatitUD.

6.4. Apoyo clase de Arqueoastronomía

Se realizó el apoyo en la clase de Arqueoastronomía mostrando las características del telescopio adquirido por la Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, haciendo observación nocturna logrando ver planetas y estrellas, identificar constelaciones y entender el movimiento de la esfera celeste.



Figura 19. Ponencia Inauguración Observatorio Astronómico LatitUD.

6.4.1. Apoyo a variadas actividades del Observatorio Astronómico LatitUD.

Además de trabajar el tema central de la Arqueoastronomía, se realizaron labores de las cuales necesitaba el Observatorio como:

1. Organización de espacios para las actividades realizadas.
2. Colaboración a estudiantes que realizaron sus prácticas con teodolitos como requisito para algunas materias de la Universidad.
3. Logística de la Inauguración del Observatorio Astronómico LatitUD.
4. Visitas guiadas al Observatorio para diferentes grupos de personas.

7. CONCLUSIONES

-Conocer el aparente movimiento del Sol y los sistemas de coordenadas existentes permiten que un observador al momento de mirar los astros, los vea de otra manera entendiendo que todo lo que habita en cielo hace parte del universo y que ese universo está regido por algunos desplazamientos cíclicos que son visibles en la Tierra y que se describen con los términos ya manejados. La importancia de conocer los conceptos astronómicos genera e impulsa bases para la investigación lo que es muy importante hoy en día en Colombia.

-La práctica guiada en el Observatorio aplicada a monumentos arqueoastronómicos se constituye como una parte fundamental para impulsar la investigación en este lugar. La profundización en esta área con el paso del tiempo puede llegar a tener resultados de alto valor académico, generando un aporte inmenso a la ciencia.

-La Interpretación de la astronomía que tuvieron los Muiscas en el escenario ubicado en el departamento de Boyacá como el Observatorio Solar Muisca en Villa de Leyva, ha contribuido a que la ciencia de la Arqueoastronomia se dé a conocer por su labor de rescatar los conocimientos entendidos claramente por los Muiscas, su capacidad de observación, el análisis manejado, su exactitud y su adoración por los Astros (Sué y Chia). Para los Muiscas la adoración a los astros fue el pilar de sus vidas, se cree que el emplazamiento encontrado fue un lugar destinado para la adoración y celebración de rituales.

-El diseño de actividades que conformen una secuencia didáctica permite organizar de forma ordenada el trabajo en el observatorio y otros espacios que se visitan, generando una experiencia diferente y de conocimiento para el asistente donde lo ideal es que conozca lo que la Universidad está facilitando para el uso de todos (Telescopios, teodolitos, modelos, etc). Cada actividad ofrecida arroja unos resultados los cuales sirven para el fortalecimiento del lugar permitiendo avanzar para en un futuro ser pilares de investigación científica en todo lo relacionado con Astronomía y Ciencias de la Tierra.

8. BIBLIOGRAFÍA

Referencias

[1] Berrocoso, M., Enriquez-Salamanca, J.M., Pérez, P.A., Ramirez M.E. (2003). Notas y apuntes de trigonometría esférica y astronomía de posición. Puerto Real: Universidad de Cádiz.

[2] Portilla, J. G. B. (2001). Elementos de astronomía de posición. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

[3] Portilla, J. G. B. (2001). Astronomía para todos. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

[4] Bonilla, R. J. H., Niño, N. E., Vargas, V. W. E. (2011). Comprobación topográfica y astronómica del posible observatorio solar muisca de Saquenzipa en Villa de Leyva, Boyacá, Colombia. Bogotá: Revista azimuth.

[5] Tobón, S. T., Prieto, J. H. P., Fraile, J. A. G. (2010). Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias. México: Pearson educación.

[6] Calvo, M. B. (2013). Astronomía para todos. Retos modernos de una ciencia milenaria. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

[7] Couper, H., Henbest, N. (2015). La biblia de la astronomía. Gran Bretaña: Octupus Publishing Group.

[8] SunEarthTools (2019) Cálculo de la posición del Sol. Recuperado de https: www.sunearthtools.com

[9] NASA Ciencia Space Place. (2019). Solar activity. EU.: What is The Solar Cycle?. Recuperado de http: spaceplace.nasa.gov/menu/sun/

[10] PINEDA CAMACHO, R. (1997). RELIQUIAS Y ANTIGÜEDADES DE LOS INDIOS. PRECURSORES DEL AMERICANISMO EN COLOMBIA. Journal De La Société Des Américanistes, 83, 9-36. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/24606165

[11] Silva, C. E. (2005). Estudios sobre la cultura chibcha. Tunja, Boyacá. Biblioteca de la Academia Boyacense de Historia. Colección Centenario ; no. 7.

[12] Pueblos originrios-Calendarios y astrología. El infiernito. Recuperado de http: pueblosoriginarios.com/sur/caribe/muisca/infiernito.html

[13] Ocampo, L. J. (2013). Grandes culturas indígenas de América. Colombia: PLAZA Y JANES.

9. ANEXO