

## Condiciones topográficas ambientales durante el desarrollo del antiguo imperio egipcio. 2500 AC

Roque García Ruíz  
roquegarcia1@gmail.com  
Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

**Resumen:** Las imágenes que muestra el Google Earth del desierto de Sahara en Egipto, al sur de El Cairo, reflejan en su superficie plana, patrones de numerosas cuencas de drenajes, evidencia en el pasado cercano de condiciones climáticas muy distintas al actual panorama de altas temperatura en un paisaje desolador cubierto por arenas. En la presente investigación se seleccionó una de las cuencas, en donde fue reconstruido el relieve topográfico, evidenciando alta densidad de drenaje por kilómetro cuadrado (15:1), relacionado por un pasado geológico de periodos de lluvias intensas y continuas. El patrón de drenaje formado se mantienen con el tiempo, y aunque la intensidad y duración de las lluvias disminuyan, la cuenca reforestada, tendrá caudales regulados, que debieron permanece durante el desarrollo del antiguo imperio egipcio. Las condiciones climáticas durante la construcción de las grandes pirámides, se debió relacionar con un paisaje de amplios bosques, de donde se obtuvo la madera para el transporte y colocación de los grandes bloques de roca, así como para el consumo humano. La presencia de agua que pudiera ser obtenida a cotas superiores a la altura de las pirámides, permitió trabajos de acabado difícil de imaginar con fuentes de agua a nivel del río Nilo. La cuenca del río Nilo también totalmente cubierta por vegetación, estaría relacionada con altos caudales medios, con niveles de mayor altura que facilitaron la navegación y el transporte de grandes bloques de rocas graníticas. La forma del patrón de drenaje, de la cuenca seleccionada, con cauces anchos en forma de "U" y con aparente forma cóncava, puede estar relaciona con fenómenos de erosión lateral debido al aporte de materiales producto de deslaves, relacionado a un periodo de lluvias continuas e intensas.

El estudio de la cuenca seleccionada constituye una pequeña muestra, pudiendo ampliarse la investigación a áreas mayores, que podrían aclarar el panorama del desarrollo urbanístico durante la civilización del antiguo Egipto, que facilitaría la ubicación de nuevos hallazgos arqueológicos. En cualquier excavación arqueológica existe una historia de su desarrollo y costumbres, pero también su ocultamiento relaciona condiciones climáticas particulares, producto de grandes aportes de sedimentos, cuyo medio de transporte se relaciona con el agua.

**Palabras Clave:** patrón de drenaje, lluvias, deslaves, cambio climático, antiguo Egipto.

**Abstract:** The images of numerous drainage basins in the Sahara Desert located in Egypt, south of Cairo, that Google Earth shows, evidence in the near past very different climatic conditions to the current panorama of high temperatures in a desolate landscape covered by sands. In the present investigation, one of the basins was selected, where the topographic relief was reconstructed, evidencing a high drainage density per square kilometer (15: 1), related to a geologic past of periods of intense and continuous rains. The pattern of drainage formed will remain in time, and although the intensity and duration of rainfall decrease, the reforested basin will maintain regulated flows, which should have remained during the development of the ancient Egyptian empire. The climatic conditions during the construction of the great pyramids, had to be related to a landscape of large forests, where the wood was obtained for the transport and placement of the large blocks of rock, as well as for human consumption. The presence of water that could be obtained at higher topographic levels than the height of the pyramids, allowed the works otherwise almost impossible with water sources at the level of the Nile River. The basin of the Nile river also totally covered by vegetation, would be related to higher medium flows, with higher stage levels that facilitated the navigation and transport of large blocks of granitic rocks. The shape of the drainage pattern, of the selected basin, with wide channels in "U" shape and with an apparent concave shape, can be related to phenomena of lateral erosion due to the contribution of materials produced by landslides, as result of a period of continuous and intense rain.

The study of the selected basin constitutes a small sample, and the research can be extended to larger areas, which could clarify the panorama of urban development during the civilization of ancient Egypt, and may facilitate the location of new archaeological finds. In any archaeological excavation there is a history of its development and uses, but also its concealment relates particular climatic conditions, product of large sediment loads, whose means of transport are related to water.

**Keywords:** : drainage pattern, rainfall, landslides, climate change, ancient Egypt.

## I. INTRODUCCION

El paisaje donde se desarrolló el Antiguo Imperio Egipcio, tiene poco parecido con el relieve actual modelado por las arenas del desierto, las cuales han cubierto la superficie original del terreno caracterizado por una topografía montañosa cortada por abundancia de ríos y quebradas, con un antiguo paisaje de bosques. El presente artículo resulta de las investigaciones previas realizadas en dos artículos de R. García, [1] EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOCIEDAD DURANTE EL DESARROLLO DE LA CIVILIZACIÓN DEL ANTIGUO EGIPTO, 3000 a 2000 AC, en el cual se indica que el origen de la civilización egipcia debió contar con un ambiente acorde con sus condiciones climáticas actuales, alcanzando un máximo apogeo en el llamado Imperio Antiguo, 2000 a 3000 AC; y en el artículo [2] EL PAISAJE OCULTO DEL DESIERTO DEL SAHARA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. 2500 AC., se analizan varias imágenes de Google Earth donde la superficie del desierto está cubierta por arena, destacando una radiografía del subsuelo caracterizado por bandas de colores claros que se asemejan a patrones de drenaje que debieron controlar el paisaje durante el desarrollo de la antigua civilización egipcia, relacionados con amplias áreas de bosques y un clima alternado de verano e invierno.

En ambos artículos se destaca el ocultamiento de monumentos arqueológicos, destacándose que por debajo del manto arenoso se encuentran importantes espesores de sedimentos que pueden estar relacionados con lluvias torrenciales y altos caudales, asociados con deslaves y gran aporte de materiales procedente de inestabilidad de las laderas por efectos de saturación. Así mismo el relieve irregular en el borde de la meseta de Guisa hacia el río Nilo, puede estar relacionado con una serie de cauces de quebradas que la erosionaron, producto de obstrucciones en el cauce principal y desborde desembocando al río.

En el presente artículo se analiza el relieve topográfico por debajo de la superficie de arenas, en un sector a unos 35 kilómetros al sur de El Cairo, capital de Egipto, delimitado en dirección Norte-sur por las autopistas, del Cairo- El Fayum y Giza- Luxor, también se observa líneas eléctricas y existe un amplio urbanismo en el sector noroeste. Véase Figura 1.

El sector analizado en la imagen de Google Earth, destaca abundancia de bandas de colores claros que se asemejan a densos patrones de drenaje, con anchos cauces principales, evidenciando un relieve muy irregular de contraste por debajo de la suave superficie arenosa del terreno actual. En el sector escogido las cotas de la

superficie del terreno varían entre 180 a 190 msnm., con pendientes menores que el 1%, donde a partir del patrón de drenaje fue seleccionada una cuenca, sobre la cual se realiza una reconstrucción de la topografía original. Lo anterior constituye una muestra a partir de la cual puede ampliarse la investigación a áreas mayores, que podrían aclarar el panorama del desarrollo urbanístico de la civilización egipcia, pudiendo facilitar la ubicación de nuevos hallazgos arqueológicos.



**Figura 1:** Localización donde se delimita la cuenca seleccionada. **Fuente:** Google Earth

## II. RELIEVE TOPOGRÁFICO POR DEBAJO DE LA CUBIERTA DE ARENA

En el sector seleccionado en base al patrón de drenaje, evidenciado en la imagen de Google Earth por las bandas delgadas de color claro, se resaltó el drenaje y la delimitación de la cuenca, que confluye hacia el norte a una amplia banda, la cual se considera como un río principal con descarga en el río Nilo. En la Figura 2, se encuentra delimitada la cuenca en estudio, así mismo señaladas las curvas topográficas y cotas aproximadas del terreno existente. El relieve topográfico del área es muy suave, donde el barrido de cotas con el Google Earth hacia lo que aparenta el río principal, se mantiene aproximadamente como cota 180 msnm. Si nos movemos en dirección sur, el barrido de cotas aumenta en algunos metros, alcanzando lo que sería la parte alta

de la cuenca, cota 190 msnm., resultando una pendiente actual del terreno no mayor al 1%.

La distancia de la cuenca de estudio a la desembocadura al río Nilo son unos 28 kilómetros. Si estimamos que para la época la cota en la confluencia con el río Nilo podría ser del orden de los 10 msnm, tendríamos un desnivel entre el terreno actual (180 msnm, medición con el Google Earth) y el Nilo, de unos 170 metros. Considerando una pendiente original del cauce principal no mayor que el 0,5%, la cota en la desembocadura de la quebrada resulta de 140 msnm, donde el espesor actual de sedimentos sería del orden de los 40 metros. (28 kilómetros de longitud a la desembocadura y un diferencia de cota de 130 metros, la pendiente resulta de 0,46 %).

La distancia hasta la divisoria es de unos 800 metros, considerando una cubierta de arena no mayor que los 10 metros hacia la divisoria, resultando la cota del terreno original del terreno de aproximadamente 180 msnm., con un desnivel entre la desembocadura y la divisoria más alejada de 40 metros.



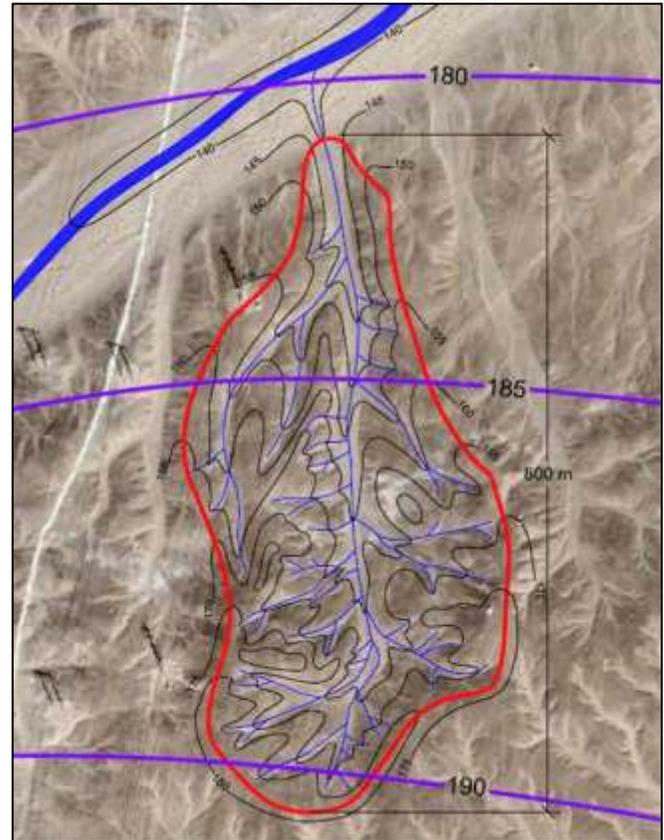
**Figura 2:** Delimitación de la cuenca de estudio, sobre la cual en la superficie suave actual se muestran las curvas de nivel que definen el terreno. **Fuente:** Google Earth

Para reconstruir las curvas de nivel de la cuenca se ha considerado que la pendiente media del cauce principal podría comenzar en la desembocadura con 2,5% aumentando a un 5% en la parte media y a 20% hacia la divisoria.

En la Figura 3, se muestra el patrón de drenaje en la cuenca y la reconstrucción del relieve topográfico con curvas de nivel cada cinco (5) metros. En el relieve topográfico resultante se destaca una especie de topes planos que pueden representar control geológico de capas de mayor dureza en posición horizontal, con similar condición hacia la divisoria. El valle del cauce principal

### ROQUE GARCÍA RUÍZ

posee forma de "V" con pendientes del orden del 30%, y una muy alta densidad de drenaje, de 15 km/km<sup>2</sup>, donde la formación de la cuenca debió estar relacionada a un pasado geológico de altas precipitaciones con lluvias torrenciales periódicas, asociados a fenómenos de deslaves.



**Figura 3:** Patrón de drenaje y reconstrucción del relieve topográfico de la cuenca. **Fuente:** Google Earth

### III. CONDICIONES GEOLÓGICAS POR DEBAJO DE LA CUBIERTA DE ARENA

Del plano geológico regional de Egipto, publicado por el Ministerio de Industria y Recursos Minerales, 1981, [3], se ha seleccionado el área de estudio que se muestra en la parte superior de la Figura 4, comparándose en la parte inferior de la figura con una imagen del Google Earth que cubre la misma área, que muestra un paisaje desértico cubierto por arenas.

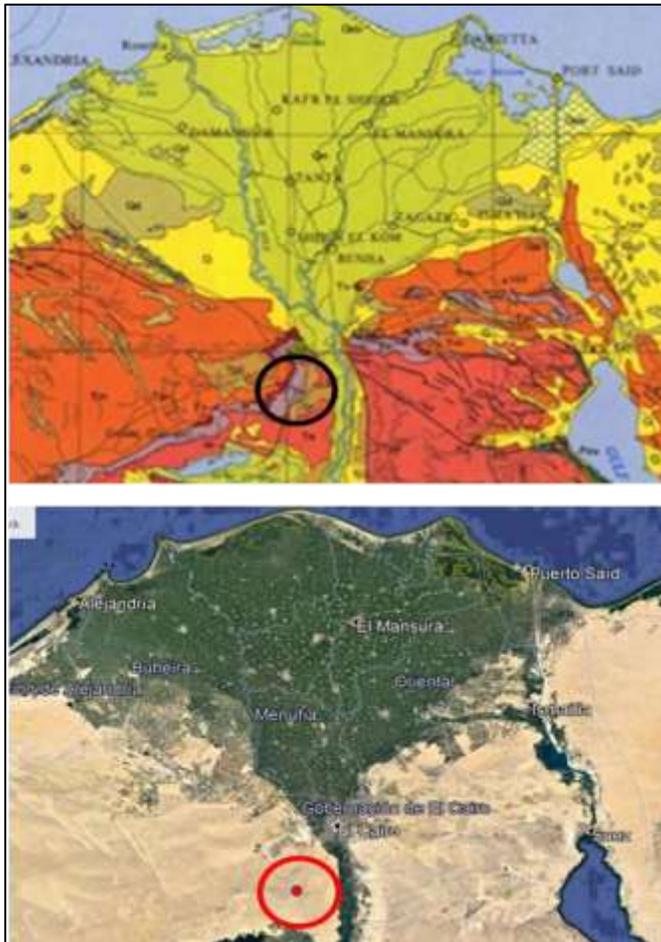


Figura 4: Plano geológico de superficie del área de Egipto y comparación con la imagen de Google Earth.

Fuente: Google Earth

En el plano geológico se delimitan distintas formaciones geológicas controladas por rocas sedimentarias pertenecientes al periodo Terciario, con edades entre el Paleoceno y el Plioceno. Las rocas sedimentarias están constituidas por una secuencia inferior de capas de calizas que controlan parte de la meseta de Guiza, seguida al oeste por secuencias de capas de lutitas, areniscas y conglomerados. En general la secuencia posee buzamiento bajo a horizontal, tal como se observa en la excavaciones de la esfinge, tallada por debajo de la superficie original del terreno.

De acuerdo con la interpretación de las imágenes Google Earth, las rocas formacionales del subsuelo afloran en alguna parte de la superficie de la meseta de Guiza, controlando el escarpado hacia el río Nilo. Así mismo se observan remanentes de rocas en algunos sectores cubiertos parcialmente por arenas, que han sido sometidas a procesos de erosión por el viento, que actúa en forma

abrasiva. Las formas topográficas resultantes se asemejan a una especie de hongo, en cuyo tallo actúa en forma más acentuada el proceso de desgaste por la acción del viento.

Las formas topográficas que resultan de la reconstrucción de la cuenca en la Figura 3, presenta una especie de escalonamiento, cuyo control está relacionado con la secuencia de capas horizontales, donde se alternan capas duras como areniscas y conglomerados, y capas blandas como las lutitas

#### IV. LA DESERTIFICACIÓN Y LAS PIRÁMIDES

Los grandes monumentos que representan las pirámides egipcia, constituyeron un auge en la economía y progreso de cualquier civilización. Para las obras de tal magnitud se deben contar con condiciones climáticas adecuadas, que permitan por largo tiempo, estabilidad en la cadena de generación de trabajo y bienestar a la población. De acuerdo a investigaciones realizada por el Potsdam-Institut fuer Klimafolgenforschung (Instituto para la Investigación del Impacto Climático de Potsdam, Alemania) encabezada por Martin Claussen [4], la transición al clima árido de hoy no fue gradual, sino que se produjo en dos episodios específicos, el primero menos severo, ocurrió entre 6.700 y 5.500 del presente y el segundo, de menor tiempo, duró de 4,000 a 3,600 años atrás. Las edades indicadas por M. Claussen corresponden a 2.000 a 1.600 AC., siendo construidas las pirámides entre 2500 a 2000 AC., lo cual abarcaría condiciones climáticas menos severas. A partir de las fechas indicadas por Claussen, describe que las temperaturas de verano aumentaron bruscamente y la precipitación disminuyó, según la datación por carbono-14, devastando las civilizaciones antiguas y sus sistemas socioeconómico.

La pirámide Keops, considerada una de las maravillas del mundo, de cuya construcción han pasado más de cuatro milenios, su altura inicial fue de 146 metros, con una base de 230 metros de lado, hoy en día debido a los procesos de erosión con el tiempo y a la eliminación de la cubierta con mármol blanco, su altura es de 138 metros. [5]. De acuerdo con las dimensiones, el volumen de la pirámide resulta de 2.592.350 m<sup>3</sup>, dicho volumen en una explotación de cantera, debemos multiplicarlo por lo menos 1,5 veces, lo cual abarca desechos por fragmentos no deseados así como intervalos de piedra de poca dureza, lo anterior no lleva a un volumen de más de 4.000.000 m<sup>3</sup>. Las excavaciones solo para obtener los materiales para construcción de la pirámide de Keops, deben ser de un volumen tan impresionante como la pirámide, debiendo existir una excavación que tenga relación geométrica, que puede ser 500 metros de largo por 40 metros de altura y 200 metros de profundidad,

debiendo de estar representado en algún lugar de la meseta de Guiza. Dicha excavación al igual que la cuenca seleccionada para la investigación debe de estar cubierta, ya sea por las arenas del desierto o materiales aluviales producto de deslaves en las laderas.

#### V. DESLAVES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Las condiciones climáticas han variado a través de los siglos, constituyendo ciclos donde la temperatura global asciende y desciende, aparentemente asociadas cuando desciende las altas temperaturas a lluvias de mayor intensidad y duración. Lo anterior es analizado por R. García y E. García, [6], donde se relacionan con eventos del último milenio, con el desarrollo Inca en Perú y el ocultamiento de los moáis en la isla de Pascua.

Si retrocedemos en historia, el cambio del Imperio Egipto antiguo al medio, pudo estar relacionado con causas naturales originadas por cambio en el ambiente, tal como lo indica Claussen [4], desbastando el sistema social y económico existente. Lo anterior obliga a migrar a sitios de menor agresividad climática con condiciones ambientales para el desarrollo, pudiendo estar relacionado con el auge de Egipto Medio y el Moderno con en el amplio valle aluvial del río Nilo.

En la Figura 5, se ha seleccionado un sector en la parte alta de la cuenca en estudio, en cuya imagen se destacan una forma de cauces anchos en comparación con la forma de "V" típica de un proceso de erosión vertical. La clara sombra ancha de los cauces, puede ser el resultado de un proceso de erosión lateral cambiando su forma original de "V" a una "U". Lo anterior puede estar asociado a lluvias torrenciales, con un proceso de saturación e inestabilidad en las laderas, originando deslaves, con grandes aportes de sedimentos.

La imagen de los cauces aparenta formas cóncavas, que pueden ser el resultado de un primer relleno de material arenoso transportado por el viento, sobre una superficie de roca sin efectos de meteorización. La densidad de drenaje de la cuenca es de 15 km/km<sup>2</sup>, muy superior a cualquier cuenca con condiciones hidrológicas de alta precipitación, lo cual puede estar relacionado en el pasado con alta precipitaciones y caudales en un ambiente similar a selva tropical, muy distinta al actual paisaje desértico.

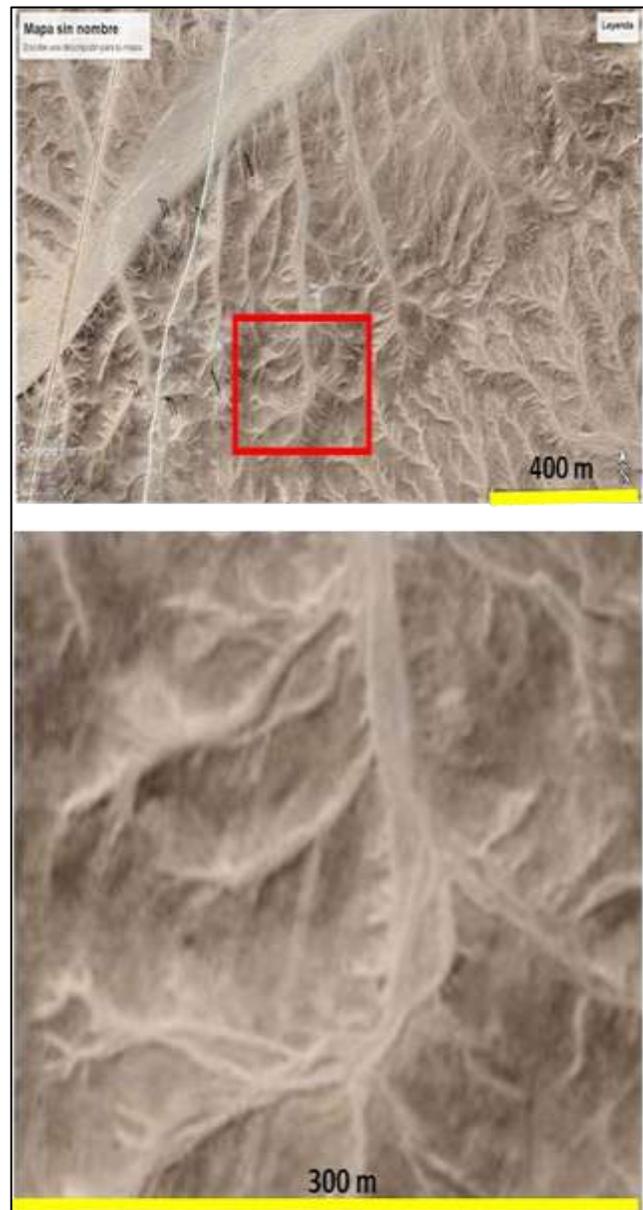
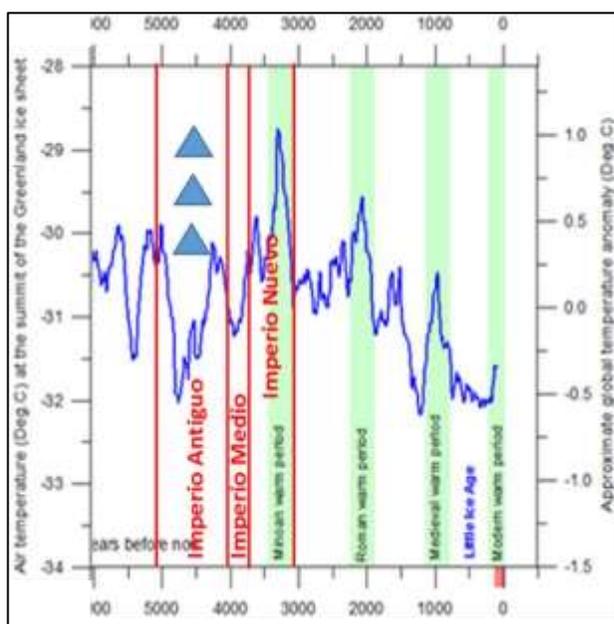


Figura 5: Detalle de los cauces de drenaje en la parte superior de la cuenca de estudio. Fuente Google Earth



**Figura 6:** En el gráfico de Richard Alley, “Reconstrucción de Temperatura de 10700 años antes del presente, según el Glaciar GISP2, en Groenlandia”, se encuentra delimitado la evolución del Imperio Egipcio. **Fuente:** Elaboración propia

## VI. EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ÚLTIMOS CUATRO MILENIOS

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Richard Alley [7] a partir de 2 millas de núcleos de hielo extraídos de glaciares de Groenlandia, analizó la variación climática de hace 10.700 años hasta nuestros días. El trabajo está basado en la desviación isotópica de oxígeno en núcleos de hielo cuyos resultados se resumen en la Figura 6.

Se destacan que las altas temperaturas que coinciden con el periodo medieval, romano y cretense, así mismo retrocediendo en tiempo podemos ubicar el Imperio Egipcio, destacándose el Antiguo, Medio y Nuevo. El clima durante el Antiguo Imperio Egipcio, 5000 a 4000 años AC, la construcción de las grandes pirámides, se podría relacionar con un periodo de temperaturas medias bajas, que fueron ascendiendo al final del milenio. El Egipto Nuevo se relaciona con el periodo cretense, destacándose un alto de la temperatura, el cual desciende al comienzo del último milenio AC. En la figura R. Alley señala un alto en el periodo Romano, comienzo de la era cristiana y posteriormente, después de 1000 años otro alto en el periodo medieval. Aparentemente en la actualidad estaríamos en un alto de temperatura, donde el polémico cambio climático podría estar relacionado a la culminación de un ciclo similar a los últimos 4 milenios.

Durante el último milenio la temperatura media descendió

a nivel mundial, estando reportada como la pequeña edad de hielo, entre los años 1500 a 1900.

El ocultamiento de monumentos arqueológicos puede estar relacionado con los altos de temperatura y su descenso, debido a lluvias de mayor intensidad y duración, con efectos de deslaves. La destrucción de áreas pobladas y el resurgimiento de nuevas ciudades pueden deberse a un cambio progresivo de las condiciones climáticas y del ambiente, principalmente en el agua, tanto para consumo humano como para cultivos, obligando a ocupación de zonas con facilidades de abastecimiento.

## VII. HIPÓTESIS SOBRE CONDICIONES CLIMÁTICAS Y EL IMPERIO DEL ANTIGUO EGIPTO

Las condiciones climáticas durante el desarrollo del Antiguo Imperio Egipcio con la construcción de grandes pirámides, debieron ser muy distintas a las condiciones climáticas del actual paisaje desértico. Las imágenes de Google Earth, donde se reflejan en la cubierta de arena patrones de drenaje irregulares, con alta densidad de longitud de cauces por kilómetros cuadrados de cuenca, indica una relación en un pasado geológico de altas precipitaciones con caudales importantes en quebradas y ríos. Parte de la topografía, como el sector en estudio, se caracterizaba por un relieve montañoso muy disertado, con cuencas alargadas de filas estrechas, relacionadas con el aspecto geológico donde la posición de las capas horizontales controla un relieve de topes planos. Similar control se presenta en la meseta de Guiza, controlada por un predominio de capas de calizas, las cuales se explotaron como obtención de grandes bloques en la construcción de las pirámides.

En las imágenes los cauces de drenaje presentan una forma en “U”, que contrasta con la forma en “V” típica de cuencas con pendiente altas a moderadas. También aparentan un cauce en formas cóncavo que pueden estar relacionadas con su ampliación por efecto de erosión lateral. Dicho proceso de erosión puede deberse a problema de estabilidad en las laderas por saturación por lluvias, donde los sedimentos arrastrados actúan sobre el pie de las laderas ampliando el cauce.

Las condiciones climáticas durante el desarrollo del Imperio del Antiguo Imperio Egipcio, debieron estar relacionadas con periodos de invierno y verano, influenciados por las cuatro estaciones con similitud con el norte Mediterráneo, con periodos de otoño y primavera. Lo anterior permitió la explotación de amplias áreas de bosque tanto para las impresionantes construcciones, así como para la energía de consumo cotidiano.

La cuenca del río Nilo debió contrastar con la actual, la cual está controlada por amplias áreas desérticas que

abarcan más de 60% de la cuenca. Tal como lo indica R. García [1], con una cuenca totalmente reforestada, los caudales medios debieron ser mucho mayor que los 2830 m<sup>3</sup>/s actuales, cubriendo el amplio valle aluvial, con nivel de agua superiores a los actuales. Hacia el año 2000 AC, las condiciones climáticas debieron cambiar progresivamente relacionadas con aumento de la temperatura media debido al avance de la desertificación del norte del continente Africano. Una forma de explicar la forma de los cauces, sería relacionándolos con problemas de deslaves, asociados con lluvias torrenciales y de mayor duración, las cuales podría estar asociadas con el aumento de la temperatura.

#### VIII. COMENTARIOS FINALES

La actual situación climática de nuestro planeta Tierra, en el mal llamado "Calentamiento Global", no deja de ser un ciclo normal en la variación del Cambio Climático similar a lo ocurrido en el pasado cercano.

Las condiciones ambientales del desarrollo del Antiguo Imperio Egipcio, debieron ser muy distinta al actual paisaje desértico con las agrestes temperaturas, posiblemente relacionadas con un ambiente mediterráneo y paisaje montañoso cubierto por vegetación, que circundaba el área plana de la meseta de Guiza, donde fueron construidas las grandes pirámides. La presencia de agua que debió ser obtenida a cotas superiores a la altura de las pirámides, permitió el abastecimiento y el desarrollo de la meseta de Guiza, difícil de imaginar con fuentes de agua a nivel del río Nilo.

La cuenca del río Nilo también totalmente cubierta por vegetación, estaría relacionada con la generaron altos caudales medios, con niveles de mayor altura que facilitaron la navegación y el transporte de grandes bloques de rocas graníticas.

En cualquier excavación arqueológica existe una historia de su desarrollo y costumbres, pero también su ocultamiento relaciona condiciones climáticas particulares, producto de grandes aportes de sedimentos cuyo medio de transporte se relaciona con el agua.

El estudio de la cuenca seleccionada constituye una pequeña muestra, pudiendo ampliarse la investigación a áreas mayores, que podrían aclarar el panorama del desarrollo urbanístico de la civilización del antiguo Egipto, lo que facilitaría la ubicación de nuevos hallazgos arqueológicos.

#### REFERENCIAS

- [1] R. García R, (2019), documento en elaboración "EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SOCIEDAD DURANTE EL DESARROLLO DE LA CIVILIZACIÓN DEL ANTIGUO EGIPTO, 3000 A 2000 AC. Revista Tekhné Vol 22, Num 2 (2019) 080-090.

- [2] R. García R, (2019), documento en elaboración "EL PAISAJE OCULTO DEL DESIERTO DEL SAHARA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. 2500 AC., Revista Tekhné 22.4. Septiembre 2019. ISSN 1316-3930.
- [3] PLANO GEOLÓGICO REGIONAL DE EGIPTO, publicado por el Ministerio de Industria y Recursos Minerales, 1981.
- [4] M. Claussen (1999), Ciencia diaria. ScienceDaily, 12 de julio. Unión Geofísica Americana. "La abrupta desertificación del Sahara comenzó con cambios órbita de la Tierra, acelerada por la retroalimentación atmosférica y de la vegetación". Potsdam-Institut fuer Klimafolgenforschung (Instituto para la Investigación del Impacto Climático de Potsdam, Alemania). <[www.sciencedaily.com/releases/1999/07/990712080500.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/1999/07/990712080500.htm)>.
- [5] La pirámide de Keops – Monumentos, <https://www.maravillas-del-mundo.com> > <https://reydekish.com/2014/12/13/la-gran-piramide-de-giza/>
- [6] R. García R, E. GARCIA R.(2018) "EL CLIMA HACIA EL 2030. LA GEOMORFOLOGÍA COMO PROXY EN EL CAMBIO CLIMÁTICO". Revista Tekhné Vol. 21. Número 3, Facultad de Ingeniería, UCAB.
- [7] Alley Richard B. (2000). "The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, And Our Future". Princeton University Press. 229 P.