

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS**

**COLEGIO DE GEOGRAFIA**



**EL GRAN CAÑON DEL COLORADO**

**TESTIGO DE LA HISTORIA GEOLOGICA DE LA TIERRA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADA EN GEOGRAFIA  
P R E S E N T A  
MARTHA AMALIA GARCIA ZURITA

**MEXICO, D.F.**

**1976**

**17155**

**1170**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis queridos Padres

C. Manrique García Bonfil  
Ma. del Carmen Zurita de García

agradeciéndoles infinitamente su comprensión, su constante estímulo y todos sus - esfuerzos realizados a lo largo de tantos años, a fin de que lograra la meta anhelada.

A mis Hermanos

Gustavo Alberto  
Rafael Angel  
Ricardo Amilcar  
Patricia Aida  
Augusto René César  
Lidia Gabriela  
Coralia Patricia  
Silvia del Carmen

quienes me brindaron su ayuda espiritual y material .

A mi Esposo

Eucario Padró Castro

con amor y gratitud por su valiosa cooperación, aliciente, paciencia y comprensión.

A mis adorados Hijos

Eucario  
Iani Concepción  
Víctor

como un recuerdo e incentivo para su vida futura.

Al Dr. Jorge A. Vivó Escoto

por su inestimable apoyo en la realización de este trabajo.

A todos mis Maestros

por sus apreciadas enseñanzas.

# C O N T E N I D O

RAZONES QUE MOTIVARON EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO .....	1
INTRODUCCION .....	2
ANTECEDENTES DE LA EXPLORACION DEL GRAN CAÑON DEL COLORADO .....	4
GEOLOGIA .....	11
Serie vertical de la era azoica .....	12
Serie wedge de la era proterozoica .....	14
Serie horizontal de la era paleozoica .....	18
Meras testigos de erosión de la era mesozoica .....	28
Formaciones sedimentarias y corrientes de lava de la era cenozoica .....	32
CRONOLOGIA .....	37
MORFOLOGIA .....	39
Procesos estructurales que actuaron en la región del Gran Cañón .....	39
Bloques monoclinales del Gran Cañón .....	41
Fallas principales del Gran Cañón .....	42
Formas topográficas del Gran Cañón .....	43
ORIGEN Y EVOLUCION DEL GRAN CAÑON .....	48
Especulaciones sobre el origen y evolución del Gran Cañón ..	48
Levantamientos regionales en el área del Gran Cañón .....	49
Inicio del labrado del Gran Cañón .....	50
Síntesis de la formación del Gran Cañón .....	53
Evolución del Gran Cañón .....	53
HIROLOGIA .....	56
Nacimiento del río Colorado .....	56
Afluentes del mismo .....	56
Medidas de profundidad, anchura y velocidad de las aguas del río Colorado .....	58
Registros obtenidos por la United States Geological Survey sobre variaciones en el volumen de la corriente del río Colorado y sus efectos .....	58
Presas sobre las aguas del río Colorado .....	60
Control de la corriente del río Colorado .....	60
CLIMA .....	62
Climas de las eras azoica, proterozoica, paleozoica, mesozoica y cenozoica .....	62
Microclimas del Gran Cañón .....	62

FLORA Y FAUNA .....	66
Zonas de vida en el Gran Cañón .....	66
BIBLIOGRAFIA .....	70

INDICE DE ILUSTRACIONES .

				Pags .
Mapa de los Estados Unidos situando al Gran Cañón	entre	2	y	3
Mapa de la Región del Colorado	"	2	y	3
Diagrama del Parque Nacional del Gran Cañón	"	3	y	3
Mapa del Gran Cañón del Colorado	"	3	y	4
Mapa del Parque Nacional del Gran Cañón	"	3	y	4
Mapa del Parque Nacional del Gran Cañón	"	3	y	4
Foto de figurillas encontradas en una cueva del Gran Cañón				4
Fotos del Gran Cañón del Colorado				8
Foto del Gran Cañón				9
Foto del Gran Cañón con cuadro sinóptico				10
Diagrama de una sección del Gran Cañón	"	10	y	11
Corte geológico transversal del Gran Cañón	"	10	y	11
Diagrama de geología del Gran Cañón	"	10	y	11
Diagrama de discordancias del Gran Cañón				12
Diagramas de procesos de la era azoica				13
Diagramas de procesos de la era proterozoica				17
Foto de trilobita de la formación Bright Angel				19
Foto de pez de agua dulce de la formación Temple Butte				21
Fotos: de fósiles de la pared de calizas rojas y de la Cascada Havasu en la misma formación				22
Mapa de curvas de nivel del Gran Cañón	"	23	y	24
Foto de pisadas de animales prehistóricos de la formación Supai				24
Foto de helecho fósil de las pizarras Hermit				25
Fotos: de arenas de dunas y de pisadas de animales primitivos de las areniscas Coconino				25
Foto de Lillies marinas y corales de las calizas Kaibab				26
Foto de un diente fósil de tiburón				27
Foto de conchas marinas de las calizas Kaibab				27
Diagrama de los procesos de la era paleozoica				27
Diagrama de las rocas de la era mesozoica	"	29	y	30
Fotos: de la montaña Cedar y del Red Butte				30
Foto de troncos de madera petrificada				31
Foto de pisadas de dinosaurio en el Desierto Pintado				31
Diagrama de los procesos de la era mesozoica				32
Diagrama de los procesos de la era cenozoica				34
Diagramas de secciones transversales norte-sur y este-oeste				35
Diagramas de los extremos este y oeste y área central del Cañón				36
Cuadro de Cronología				37
Diagrama de estratigrafía, estructura y fisiografía del Gran Cañón	entre	38	y	39
Mapa fisiográfico del Gran Cañón	"	41	y	42
Diagrama de fallas del Gran Cañón	"	42	y	43
Foto de morfología del Gran Cañón	"			44
Diagrama del Gran Cañón y la región de la Meseta del Colorado	"	44	y	45
Diagramas del drenaje del antiguo río Colorado				51
Diagrama del drenaje Hualapai				52
Diagrama del actual río Colorado				52
Foto del Gran Cañón y el río Colorado				55

Mapa del río Colorado	57
Foto del río Colorado	61
Foto del Gran Cañón en invierno	64
Cuadro de temperatura y precipitación del Gran Cañón	65
Cuadro de zonas de vida	67
Diagrama de generalización de zonas de vida en el Gran Cañón	69

**RAZONES QUE MOTIVARON EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.**

La idea de elaborar este pequeño trabajo nació de la sugerencia que me hizo mi muy apreciado Maestro el Dr. Jorge A. Vivó Escoto, con el fin de obtener datos del origen y evolución del Gran Cañón para hacer una comparación con la magnífica ponencia que el mismo elaboró acerca del Cañón del Sumidero de Chiapas; la cual fue expuesta en la Primera Conferencia Regional de Geografía de Chiapas, realizada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez en el mes de mayo de 1972.

Me agradó llevar a cabo este estudio porque la región del Gran Cañón además de bella es muy interesante ya que en ella se registran la mayor parte de los procesos geológicos de la historia de la Tierra.

Otra razón es que para el estudio geográfico no existen límites políticos.

Por otro lado existe escasa información en español del Gran Cañón, por lo que considero que este trabajo podrá ampliar un poquito más el conocimiento de esta región, a todo aquel que se interese en conocerla.

♦ Publicada en la Memoria de la Primera Conferencia Regional de Geografía de Chiapas, 22-24 de mayo de 1972, editada por el Gobierno del Estado de Chiapas, México, D. F., 1974. pp. 141-165

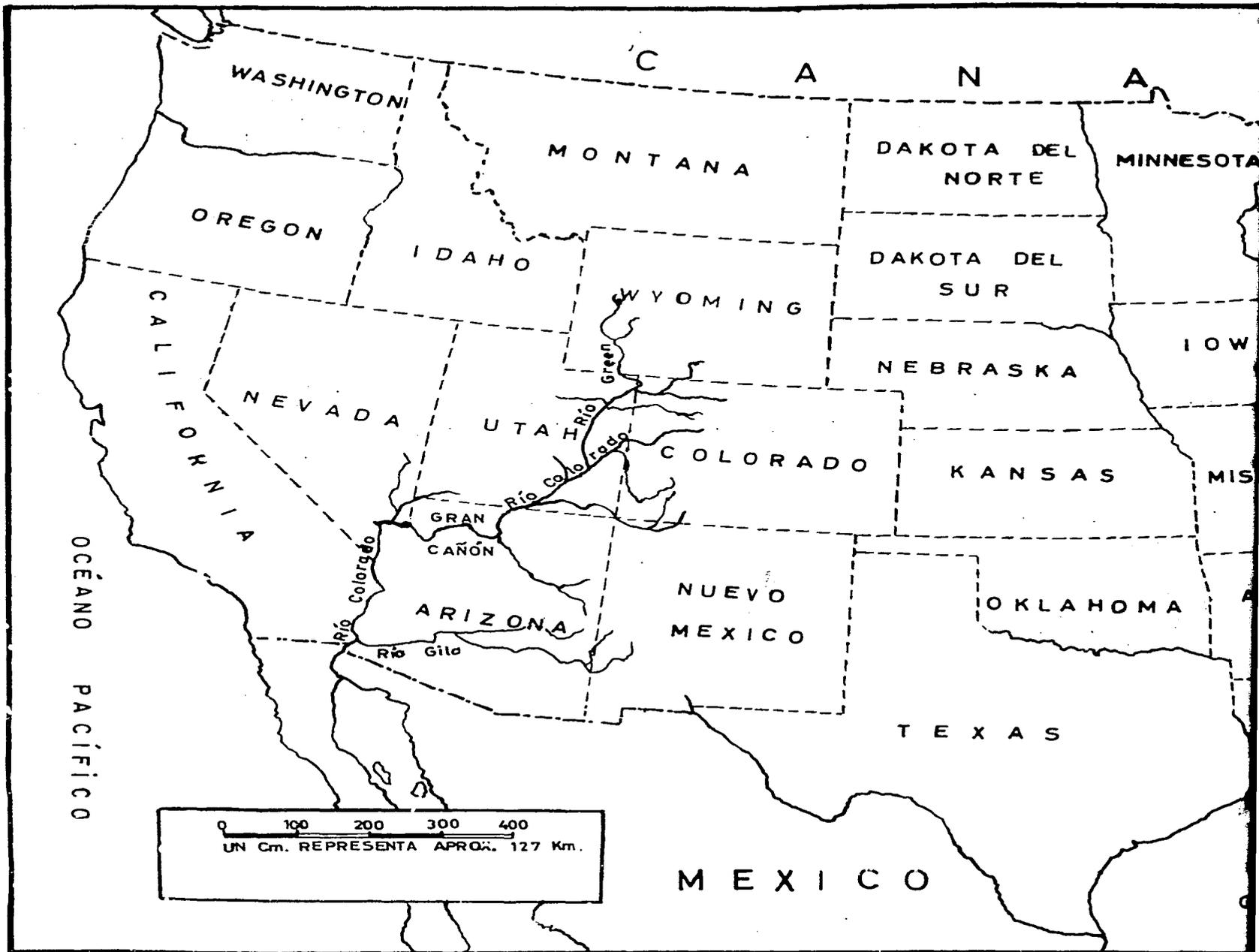
## I N T R O D U C C I O N .

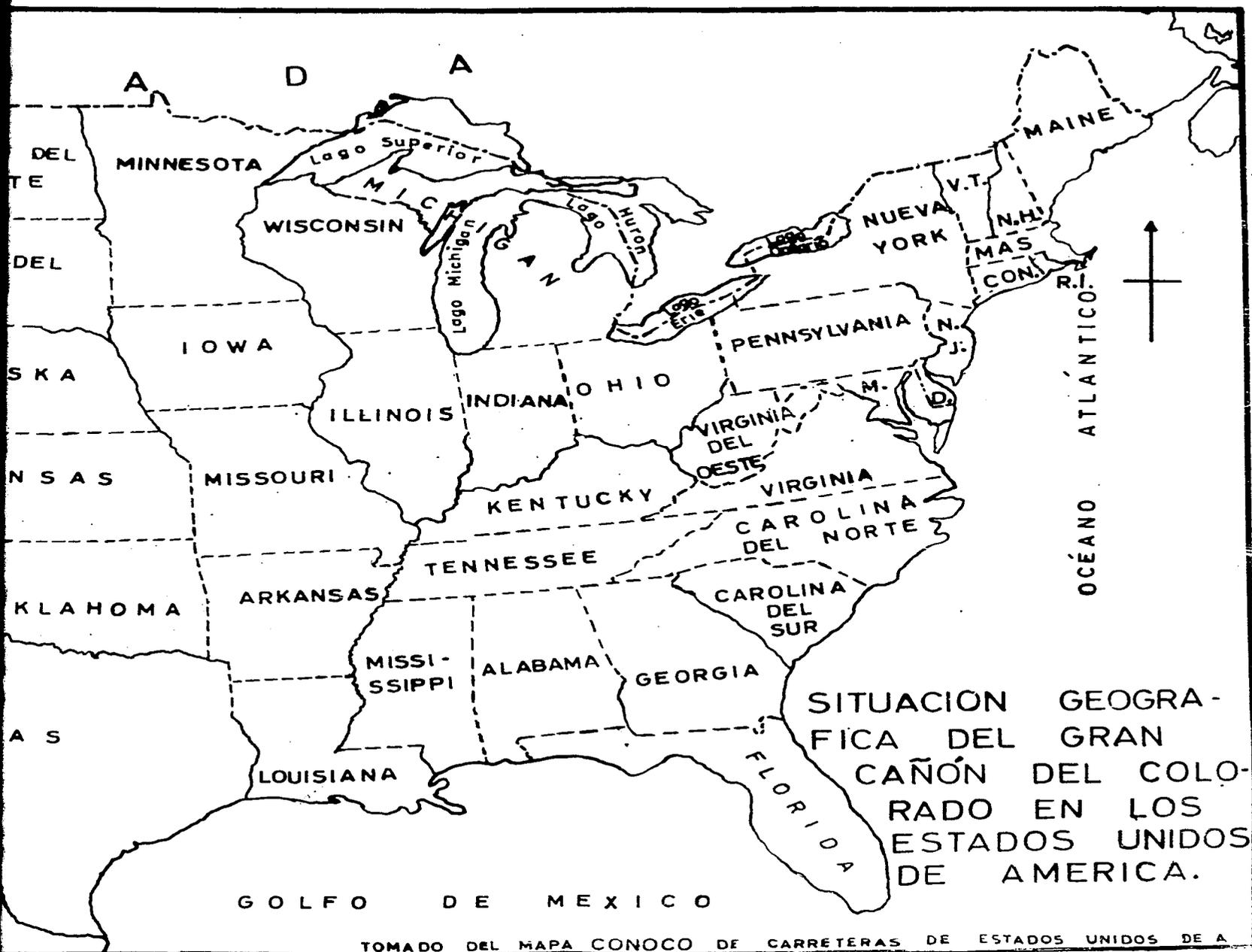
El Gran Cañón del Colorado se localiza en las mesetas altas de la parte noroeste de Arizona ( 1 ), ( 2 ), ( 3 ), ( 4 ), entre los 36 y 37 grados de latitud norte y entre los 111 y 114 grados de longitud oeste ( 5 ), en el occidente de los Estados Unidos de América. Forma parte de la margen suroeste de la región de la Meseta del Colorado, tiene una área de 370 000 kilómetros cuadrados, y está más o menos centrada en las cuatro esquinas de los estados de Utah, Arizona, Colorado y Nuevo México.

La sección que corresponde al Gran Cañón dentro de la Meseta del Colorado se extiende a partir de la línea divisoria de Utah y Arizona hacia el sur hasta la Escarpa Mogollon, que es prominente y elevada, y que mira a la región baja del centro de Arizona.

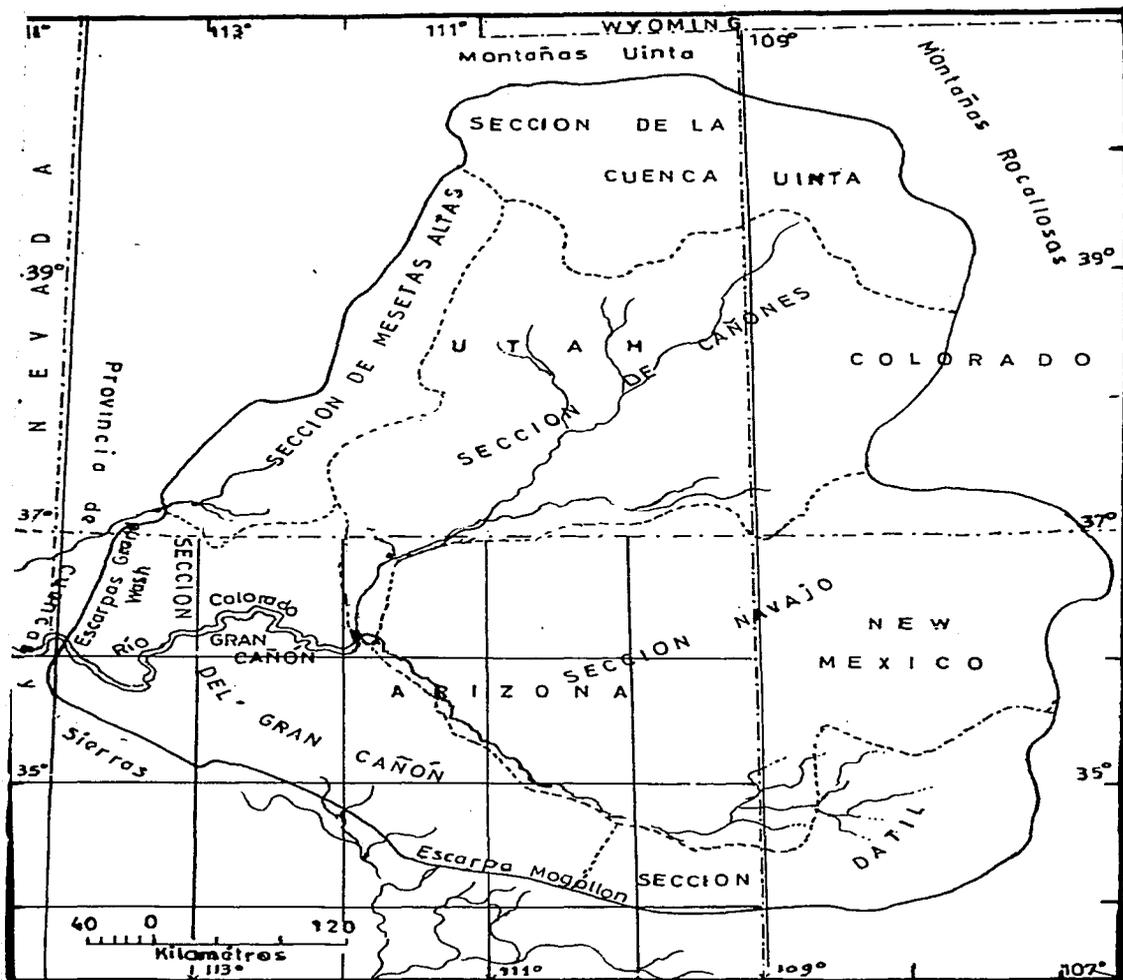
El Gran Cañón se extiende desde Lee's Ferry, cerca de la frontera de Arizona, hasta las escarpas Grand Wash, según un autor ( 6 ), mientras que otros ( 7 ), ( 8 ), dicen que empieza en el Pequeño Río Colorado, afluente del río del mismo nombre y termina en las mismas escarpas Grand Wash, con una longitud de 349 kilómetros, entre los dos últimos puntos mencionados y una total de 451 kilómetros, desde Lee's Ferry.

El Gran Cañón del Colorado está limitado en sus dos márgenes por mesetas; en la margen norte por las Mesetas Kaibab, Kanab, Uinkaret y Shivwits y en la margen sur por la Meseta Coconino. En el este está limitado por el Desierto Pintado y en el oeste por las Escarpas Grand Wash.





TOMADO DEL MAPA CONOCO DE CARRETERAS DE ESTADOS UNIDOS DE A



REGION DE LA MESETA DEL COLORADO. Tomado de *Annals of the Association of American Geographers*, John Fraser Hart, ed., vol. 62 No. 2, p. 213, Lawrence, Kansas, 1972.

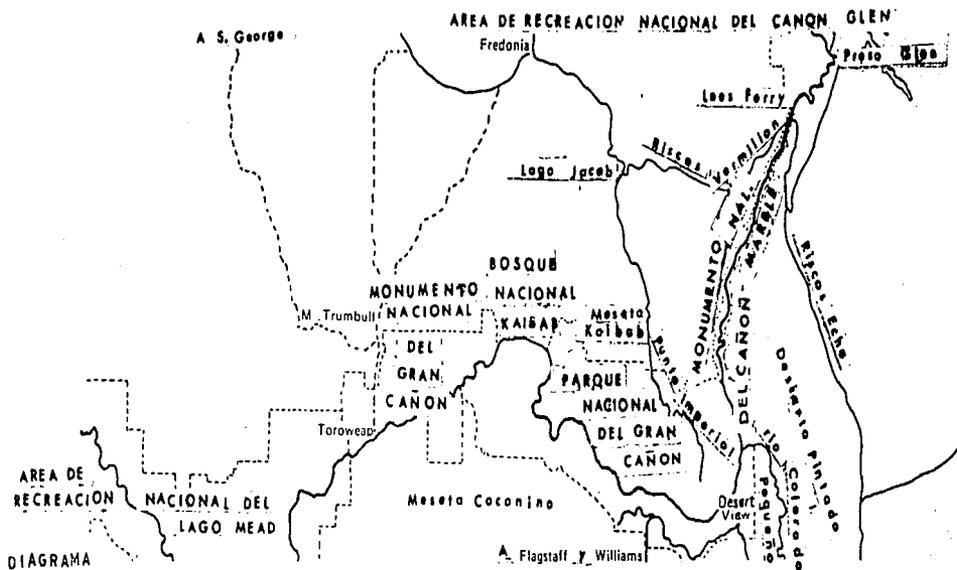
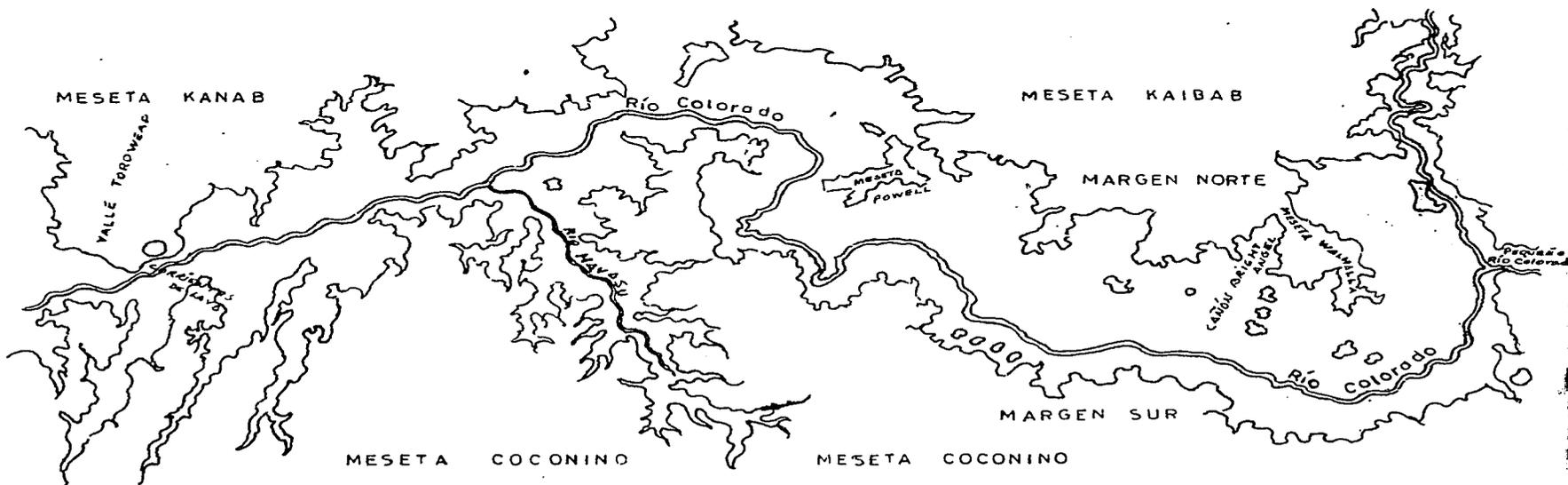


Diagrama del Parque Nacional del Gran Cañón. Tomado de Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth Hamblin y Joseph R. Murphy, impreso en Brigham Young University, P.S. Provo, Utah, 1969



0 1 16  
Esc. en Km.

MAPA DEL GRAN CAÑÓN. Tomado de Grand Canyon de Merril D. Beat, publicado por KC Publication, p.18  
Las Vegas, Nevada, 1974.

MONUMENTO  
NACIONAL DEL  
GRAN CAÑON

RESERVACION  
INDIA HAVASUPAI

PARQUE NACIONAL  
DEL GRAN CAÑON  
ARIZONA

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
ESCALA EN KILOMETROS

LAGO JACOB

BOSQUE

NACION

CAMINO DE TERRACE  
RÍA

CARETERA  
CABO

CIMA  
TOPOCOBA

PUNTO  
GALAHAD  
2,401 m.

PUNTO  
SUBLIME 2,264 m.

PUNTO HAVASUPAI  
2,036 m.

2,492 m.

PUNTO  
BRIGHT  
ANGEL

PUNTO TIYO

CATARATAS

TEMPLO RIBBONS

SHIVA

RANCHO 2,325 m.

PHANTOM

PUNTO MOHAVE

PUNTO HOPI 2,149 m.

PUNTO YAVAPAI

PUNTO YA

PUNTO PUN

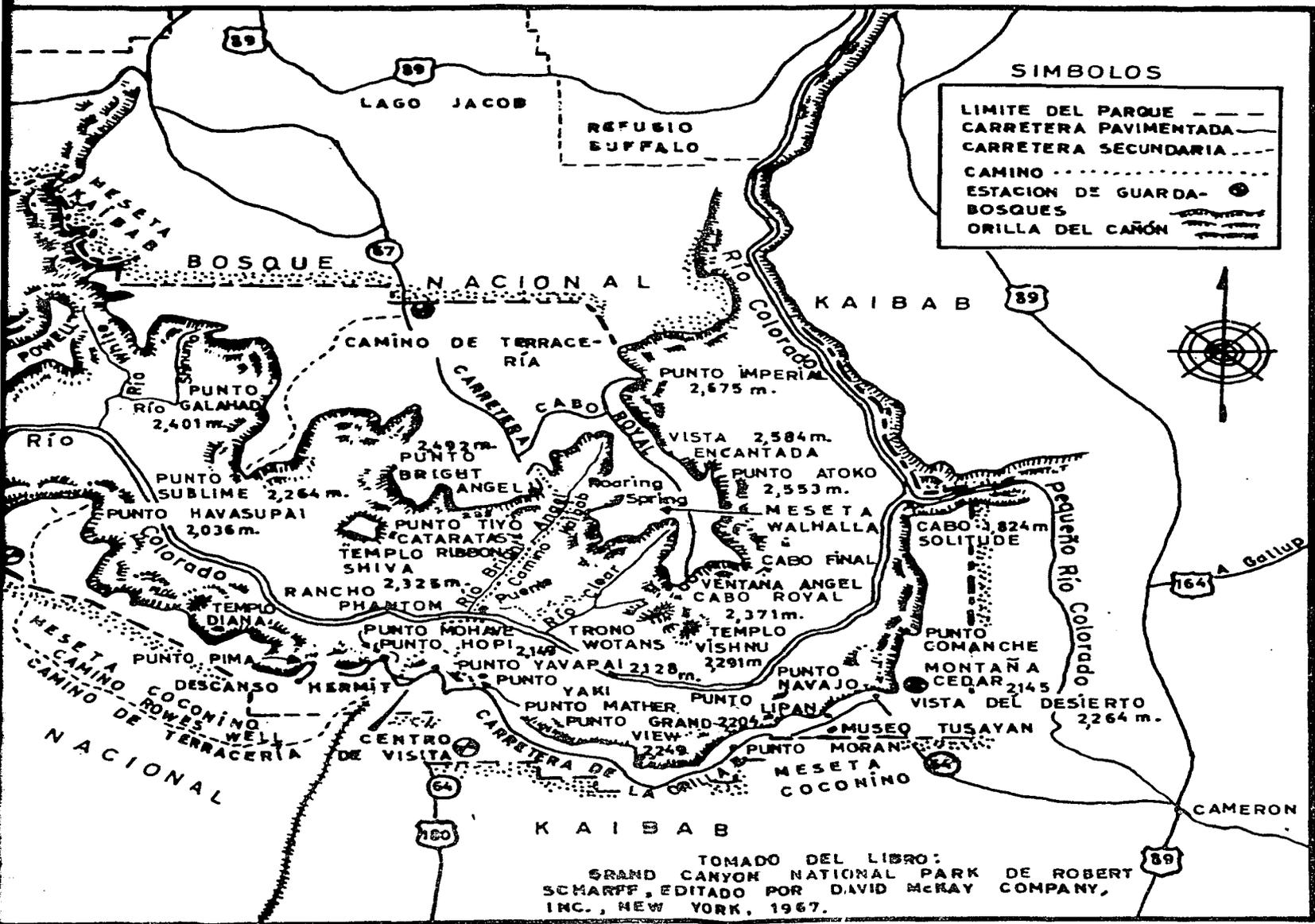
CENTRO  
DE VISITA

64

160

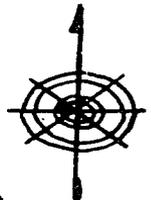
K A

SCHMA  
INC.



**SIMBOLOS**

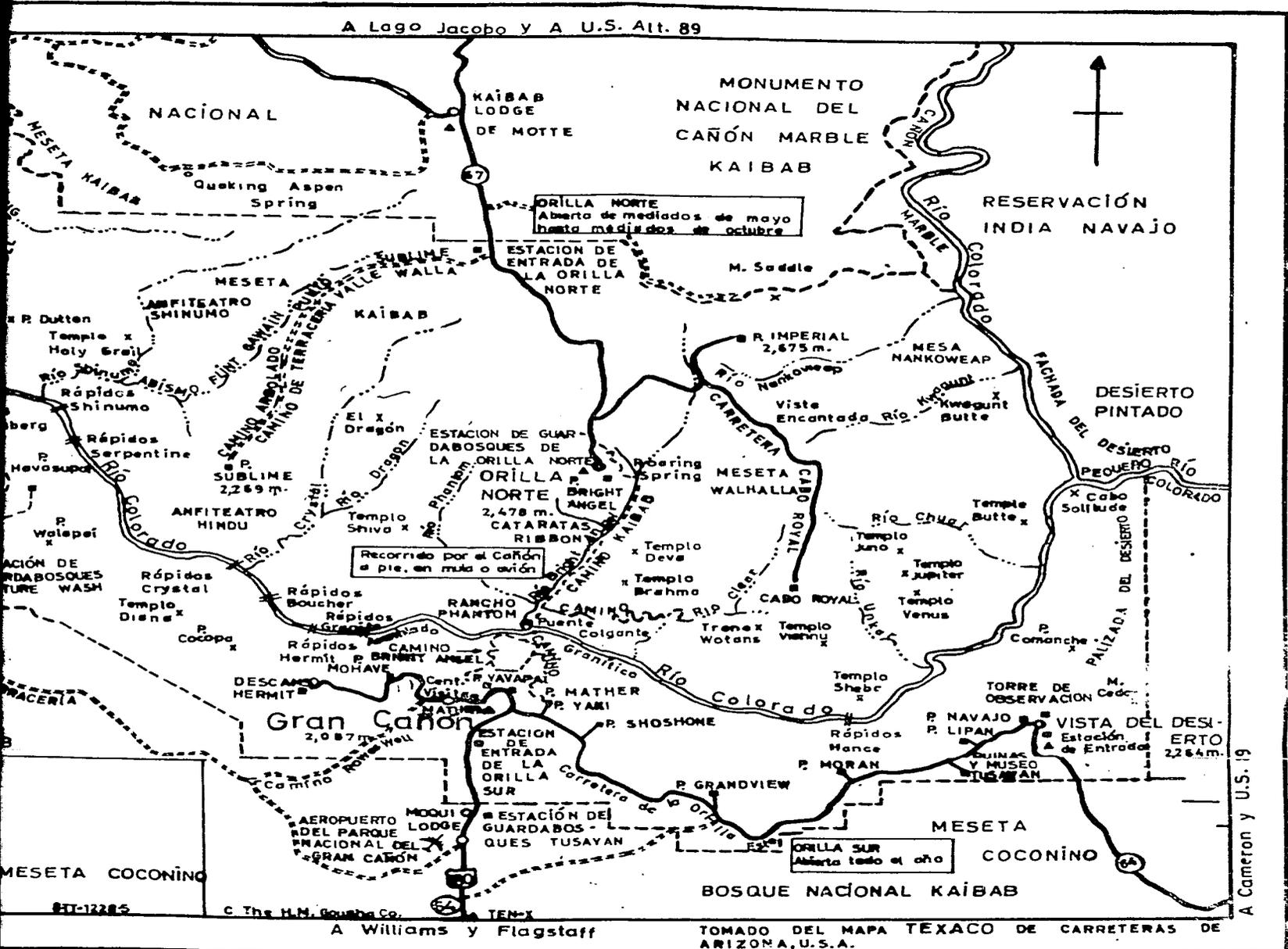
- LIMITE DEL PARQUE - - - -
- CARRETERA PAVIMENTADA ————
- CARRETERA SECUNDARIA - · - · -
- CAMINO - · · · · ·
- ESTACION DE GUARDA - ●
- BOSQUES
- ORILLA DEL CAÑÓN



TOMADO DEL LIBRO:  
 GRAND CANYON NATIONAL PARK DE ROBERT  
 SCHARFF, EDITADO POR DAVID McRAY COMPANY,  
 INC., NEW YORK, 1967.



A Lago Jacobo y A U.S. Alt. 89



NACIONAL

MONUMENTO NACIONAL DEL CAÑON MARBLE KAIBAB

RESERVACIÓN INDIA NAVAJO

KAIBAB LODGE DE MOTTE

ORILLA NORTE Abierta de mediados de mayo hasta mediados de octubre

ESTACION DE ENTRADA DE LA ORILLA NORTE

M. Saddle

MESETA KAIBAB

AMFITEATRO SHINUMO

MESETA KAIBAB

AMFITEATRO HINDU

MESETA KAIBAB

Gran Cañon 2,087 m.

ESTACION DE GUARDABOSQUES DE LA ORILLA NORTE

ORILLA NORTE 2,478 m. CATARATAS RIBBON

Recorrido por el Cañon a pie, en mula o avión

RANCHO PHANTOM

CAMINO BRINNY ANGEL

CAMINO MOHAVE

DESCANSO HERMIT

ESTACION DE ENTRADA DE LA ORILLA SUR

ESTACION DE GUARDABOSQUES TUSAYAN

BOSQUE NACIONAL KAIBAB

TOMADO DEL MAPA TEXACO DE CARRETERAS DE ARIZONA, U.S.A.

Litografiado en U.S.A.

BHT-12285

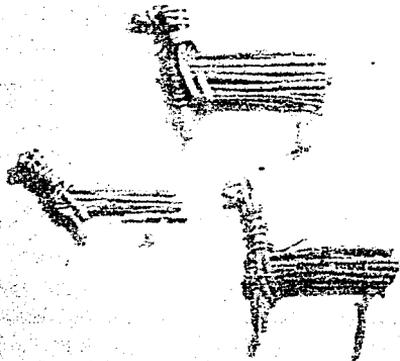
c. The H.M. Gouba Co.

A Williams y Flagstaff

A Cameron y U.S. 19

## ANTECEDENTES DE LA EXPLORACION DEL GRAN CAÑON DEL COLORADO.

El Gran Cañón del Colorado fue conocido por el hombre mucho antes de la fecha que se ha señalado como la inicial en el recuento histórico del mismo. Esto lo atestiguan los hallazgos arqueológicos de figurillas hechas de ramitas partidas que representan diversos animales encontrados en cuevas que datan de hace 3000 (9), 3500 (10), a 4000 (11) años de antigüedad, según los últimos métodos radiactivos de investigación. Se sabe que posteriormente otros grupos humanos han ocupado tanto la margen norte como la sur del Gran Cañón, entre ellos los que se dedicaban a la hechura de cestos, hace alrededor de 2000 años, los Cochonina hace 1400 años y la cultura denominada de los indios "Pueblos"\*, los cuales primero vivieron en los riscos y después en mesas y buttes, con antigüedad de 1200 años y posiblemente los indios Havasupai que viven actualmente en la parte oeste del Gran Cañón, quienes se establecieron allí desde hace 1400 años (12), (13).



Figurillas hechas de ramitas partidas de hace 3500 años, encontradas en una cueva del Gran Cañón.

Foto tomada de Ancient Landscapes of the Grand Canyon Region de Edwin D. McKee, impreso por Northland Press, Flagstaff, Arizona, 1972, p.43

blos".

\* Nombre que se les da en el SW de EUA a los indios que viven en "Pueblos".

El Gran Cañón del Colorado fue visitado por lo menos hacia el año 1700 por indios Hopis, quienes dejaron restos de cerámica dispersos en varios sitios; también hasta el año 1800 los indios Navajos estuvieron en esa región, pues se han encontrado vestigios de sus fuegos (14), y además existe una leyenda entre ellos que dice " que en un tiempo en la región del Cañón hubo una gran inundación, como consecuencia de copiosas lluvias y, más tarde, estas aguas acumuladas encontraron una salida, la cual formó al Gran Cañón, y que a los Navajos para sobrevivir a esa inundación temporalmente se convirtieron en peces, lo cual sirve de base a la costumbre actual de que ellos no comen pescado (15).

Por otra parte, en el año de 1540, Francisco Vazquez Coronado, siendo gobernador de Nueva Galicia, salió rumbo a las " Siete Ciudades de Cibola", un reino indio que se decía era muy rico en oro (16), (17), (18). No encontró oro, pero descubrió lo que hoy es Nuevo México y Arizona. Más tarde Pedro Tovar exploró la provincia de Tusayan, en donde los Hopis le hablaron sobre " un gran río y un cañón" localizado al oeste. Por lo que, al ser comunicado esto al gobernador Vazquez Coronado, éste envió al capitán García López de Cárdenas (19), (20), (21), quien con soldados fue guiado por Hopis y al cabo de 20 días de viaje, alcanzaron la orilla sur del Gran Cañón, en octubre de 1540.

Después, en el año de 1776 el Gran Cañón fue visitado independientemente por dos sacerdotes españoles, el padre Escalante y el padre Garcés (22), (23); el primero no estuvo en el Gran Cañón, pues solamente visitó al Cañón Glen, mientras que el segundo visitó al Cañón e hizo una descripción de él y es a quien se le atribuye el haber dado el nombre al Río Colorado por la gran cantidad de materiales rojizos en suspensión (24).

En 1851 una expedición del capitán Lorenzo Sitgreaves viajó hacia el oeste (25), partiendo de pueblos Zuni, desde el río Zuni hasta el Colorado (26), atravesando al río alrededor de 241 kilómetros arriba de Yuma (27), al norte de Needle, a fin de determinar la ruta del ferrocarril Santa Fe (28).

En 1853 el teniente Amuel W. Whipple hizo una investigación siguiendo los caminos de los pueblos Zuni hasta el área del Gran Cañón para la introducción de un ferrocarril a lo largo del paralelo 35 grados, el que más tarde fue construido con el nombre de Ferrocarril de Santa Fe (29),(30).

En 1857 el Departamento de Guerra de los Estados Unidos envió una expedición al mando del teniente Joseph Christmas Ives para explorar la posible navegabilidad de la corriente del río Colorado (31),(32). No fue sino hasta la primavera de 1858 cuando el teniente Ives llegó al Gran Cañón acompañado por el geólogo doctor John Strong Newberry, quienes realizaron el primer informe profundo de la región del Cañón, afirmando que la morfología del Gran Cañón era el resultado de la erosión del río.

En 1869 el mayor John Wesley Powell (33),(34), hizo un atrevido recorrido en bote a través del río Colorado, iniciando su viaje desde la Ciudad de Green River, sobre el río Green, afluente del río Colorado, en Wyoming, y desembarcó en la desembocadura del río Virgin, recorriendo más de 1609 kilómetros por el cauce del río desde el punto de partida. Nuevamente en 1871, el mayor Powell partió río abajo hasta el cruce de Los Padres y en el verano de 1872 llegó a Lee's Ferry, descendiendo a través del Gran Cañón y continuó su viaje hasta la desembocadura del Kanab Wash en donde concluyó su recorrido (35). Durante su travesía el mayor Powell llegó a la conclusión de que las formas de la región del Gran Cañón eran debidas a la intemperización y a la ero-

sión pluvial y fluvial (36). Actualmente el lago que se encuentra corriente arriba del Gran Cañón lleva el nombre de este aventurado explorador, denominándose Lago Powell, así como también la Meseta Powell que está en la margen norte del Gran Cañón.

Clarence E. Dutton, a fines del siglo XIX. efectuó estudios geológicos del Gran Cañón (37), (38), llegando a la conclusión de que el río Colorado era un río viejo que fluía en una planicie baja formando muchos meandros, y que después el río fue rejuvenecido por un levantamiento terrestre, el cual elevó a la Meseta Kaibab. creándose un gran domo, el que probablemente bloqueó a la corriente del río Colorado, - obligándolo a buscar otro camino e iniciando de este modo, el labrado del Gran Cañón. Esta teoría explicó durante varios decenios el origen del impresionante Cañón del Colorado (39).

Finalmente, el Gran Cañón del Colorado ha sido recorrido por muchos otros investigadores, los cuales han aportado mayor información acerca de él.



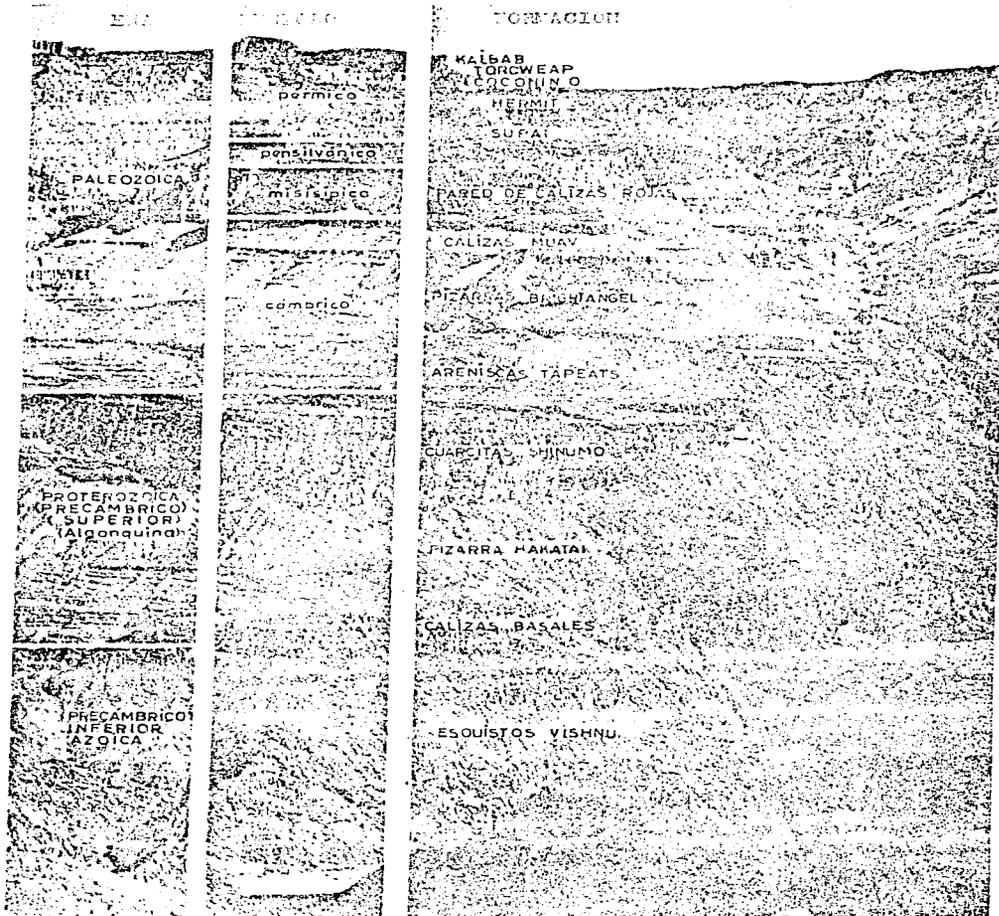
Vistas del Gran Cañon del Colorado





Foto del servicio del Parque  
Nacional.

El Gran Cañón. 1. Esquistos y granitos ( precámbrico inferior ); 2. Areniscas, calizas y pizarras ( precámbrico superior ); 3. Formaciones Tonto ( periodo cámbrico ); 4. Pared de calizas rojas ( periodo misisípico ); 5. Areniscas y pizarras Supai ( periodo pérmico ); 6. Pizarras Hermit ( periodo pérmico ); 7. Areniscas Coconino ( periodo pérmico ); 8. Formaciones Toroweap y Kaibab ( periodo pérmico ).



Fotografía del Gran Cañón, la cual muestra claramente a las formaciones geológicas, a las eras y períodos en que fueron depositados. Foto tomada de Grand Canyon de Merrill D. Beal, pp. 26 y 27, Las Vegas, Nevada, U.S. A., 1974.

A DE CORTE VERTICAL

MESETAS KAIBAB Y COCONINO  
ORILLA DEL GRAN CAÑON

Depositos marinos  
con conchas del mar, etc.

Probablemente dunas de arena con vestigios de reptiles y anfibios primitivos

Huellas de: plantas primitivas de verdor permanente; helechos; insectos y sedimentos agrietados por el sol

EXPLANADA

Depositos rojos con animales y plantas terrestres en la planicie de inundación

Superficie de tierra antigua

Depositos marinos con conchas, corales, etc.

Escamas de peces

Depositos marinos con conchas y algas marinas

Trilobitas

PLATAFORMA DEL

TONTO

Algas marinas

Acant.

Grani

Pegmatita

Esquistos?

Visn qu

Clatura de las Eras y Períodos es la seguida por la mayoría de los libros de R. M. Field, impreso por la Uni

## REGIÓN DE LA MESETA DEL COLORADO

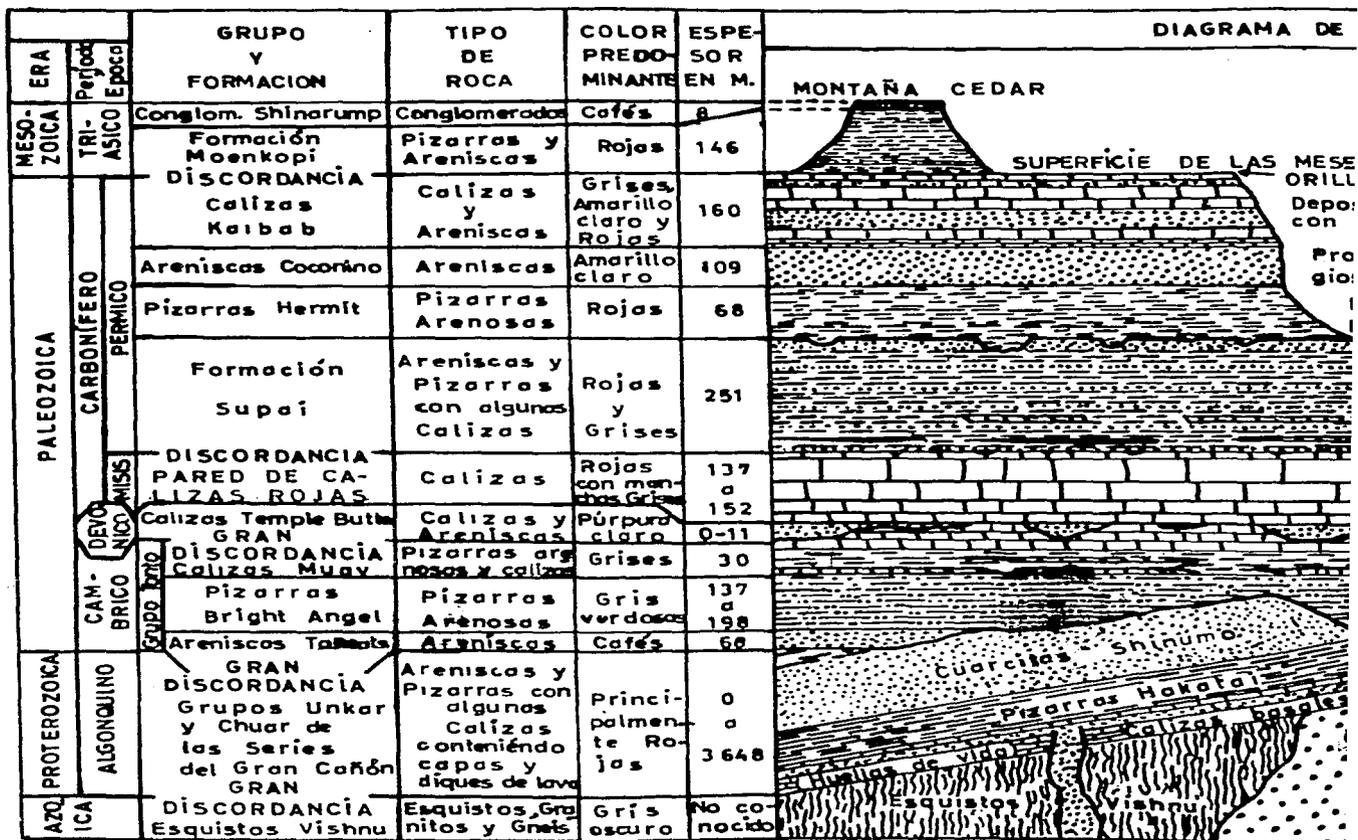
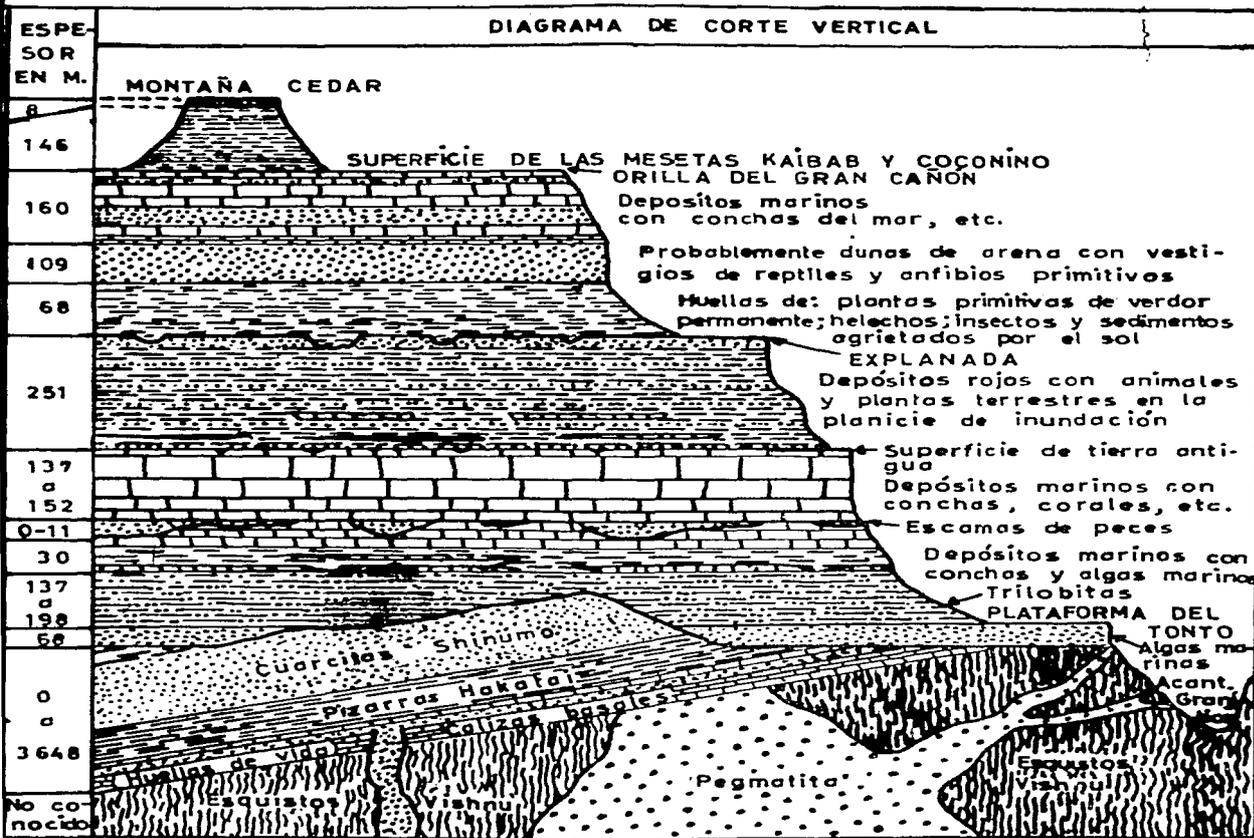


Diagrama de una sección del Gran Cañón. La nomenclatura usada por el U.S. Geological Survey pero no es según modernos. Tomado de Los Principios de Geología Histórica (Universidad de Princeton, New York, 1947)



cción del Gran Cañón.-La nomenclatura de las Eras y Períodos es la Geological Survey pero no es seguida por la mayoría de los libros e Los Principios de Geología Histórica de R.M. Field, impreso por la Uni eton, New York, 1947

# CORTE GEOLOGICO TRANSVERSAL DEL GRAN CAÑON

ORIGEN  
EN  
PUNTO YAKI  
2,207 m

Depósitos marinos de conchas corales, esponjas.  
Dunas de arena con vestigios de reptiles o anfibios primitivos.  
Depósitos de agua dulce de plantas coníferas primitivas, helechos, alas de insectos y sedimentos agrietados por el sol. EXPLANADA

Depositos en la planicie de inundación de plantas y huellas de animales terrestres.

Depósitos marinos de conchas y corales.

Depósitos en la playa de conchas, algas marinas y marcas de olas.  
MESETA DEL TONTO

MESETA DEL TONTO

ACANTILADO INTERIOR  
Cuarzitas  
Shinumo (púrpura)

Areniscas Tapeats

Primeras huellas de vida vegetal  
Pizarra Hakatai (rojo)

Calizas Bosales

Calizas Bosales

Esquistos Brahma

Esquistos Brahma (gris oscuro)

FIN DEL CAMINO EN EL RIO COLORADO 7,35 m. SOBRE EL PUENTE COLGANTE

Granitos (rosas o blancos)

BUTE O'NEILL

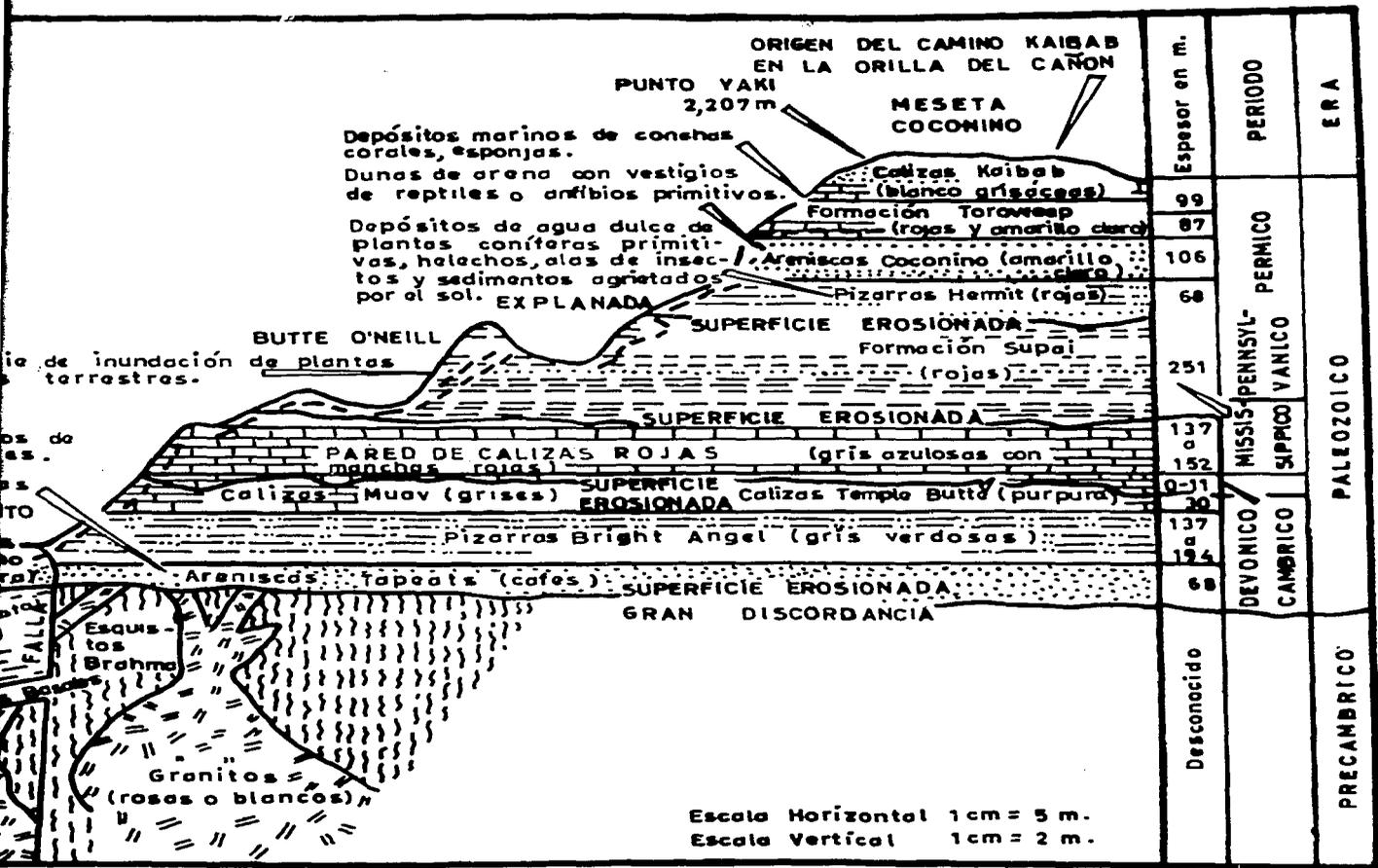
PARED DE CALIZAS ROJAS

Calizas Muav (grises)

Pizarras Bright Angel

GRAN DISCO

Escala 1  
Escala 1







## GEOLOGIA.

El Gran Cañón del Colorado es sin duda uno de los más famosos e interesantes en el mundo, tanto por su belleza escénica como por su interés geológico, ya que las formaciones rocosas de sus laderas dan un resumen espectacular casi completo de la historia de la Tierra. En él están registrados los acontecimientos ocurridos durante las eras azoica, proterozoica, paleozoica y mesozoica, existiendo de ésta solo remanentes. Es allí donde claramente pueden comprenderse los principios fundamentales de la Geología Física e Histórica debido a la poca complejidad estructural y escasa deformación que las rocas han tenido, como podrá ser apreciado en las notas siguientes (40), (41), (42), (43), (44), (45).

El Gran Cañón del Colorado fué labrado sobre formaciones sedimentarias bastante horizontales que datan desde la era azoica hasta la mesozoica.

Las laderas del Gran Cañón del Colorado están constituidas básicamente por tres tipos diferentes de grandes series geológicas, a saber:

1. La Serie Vertical es la capa de rocas más antiguas que forma el basamento y las laderas en forma de terrazas del acantilado interior del Cañón por donde fluye el río Colorado. Estas rocas se formaron durante la era azoica.

2. La Serie Wedge representada por estratos de bloques inclinados la cual descansa sobre la Serie Vertical y cuyas rocas pertenecen a la era proterozoica.

3. La Serie Horizontal formada por estratos de rocas más jóvenes que se hallan en la parte superior de las laderas del Gran Cañón y encima de la Serie Wedge, depositadas en la era paleozoica (46).

Estas tres grandes series están separadas por dos discordancias: la primera llamada Discordancia de la era azoica, separa a la Serie Verti-

cal de la Serie Wedge y la segunda, denominada Gran Discordancia, separa a la Serie Wedge de la Serie Horizontal. La Discordancia de la era azoica está inclinada hacia el este y está bien expuesta en Grandview, Lipan, Desert View y Cape Royal. La Gran Discordancia, vista desde los márgenes del Cañón, parece tener cerros de poca elevación cubiertos por sedimentos superpuestos y puede ser observada claramente abajo de Indian Gardens, en el camino Bright Angel (47), (48), (49).

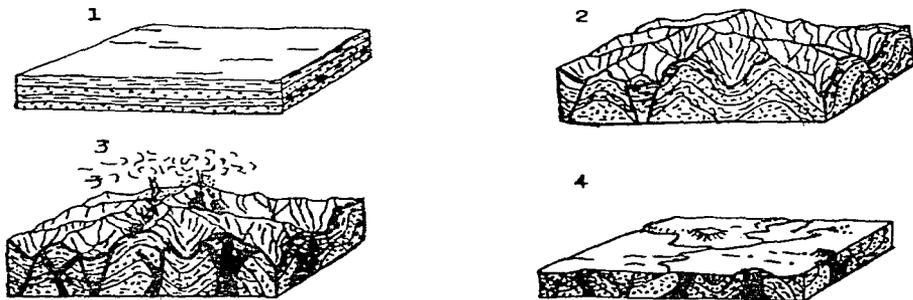


Diagrama tomado de Grand Canyon Perspectives de Hamblin W. Keneth y Murphy Joseph R., impreso en Brigham Young University, p.8, Provo, Utah, 1969.

#### SERIE VERTICAL.

Las rocas de la Serie Vertical originalmente fueron sedimentos (arenas y limos) y lavas, los cuales fueron plegados con la Revolución Mazatzal (50), formando montañas quizá más altas que las actuales, durante la era azoica. Esos sedimentos y lavas fueron alterados en su composición y textura por presión y calor, fueron metamorfozados dando por resultado a los esquistos Brahma y Vishnú, los primeros de origen volcánico mientras que los segundos de origen sedimentario. Posteriormente, hubo actividad volcánica intrusiva que dió origen a la formación de batolitos graníticos, diques de pegmatita y gneises conocidos como Granito Zoroaster. Todas las rocas de esas montañas más tar-

de fueron erosionadas quedando solamente las representadas en la Serie Vertical del Gran Cañón. Los esquistos Vishnú y Brahma se intemperizaron en colores gris oscuro, negro castaño y negro, y los granitos en color roca. Estas rocas de la Serie Vertical probablemente se extienden miles de metros abajo del presente fondo del Gran Cañón y se levantan hasta 456 metros, arriba del nivel del río (51), (52), (53), (54), (55), (56), (57).



1. Con el tiempo capas de arena, limo y otros sedimentos fueron depositados por el agua y el viento hasta formar estratos.
2. Los estratos fueron comprimidos y plegados formando montañas, habiendo cambio de estructura y composición de las rocas por calor y presión.
3. Efusión volcánica. Formación de lava en la superficie y granito en el interior.
4. Durante mucho tiempo los ríos y las lluvias ampliaron el valle, erosionando a las montañas hasta convertirlas en una gran planicie al nivel del mar.

Estos diagramas representan a los procesos ocurridos durante la era azoica. Tomados de Ancient Landscapes of the Grand Canyon Region de Edwin D. McKee, impreso por Northland Press, Flagstaff, Arizona, 1972, p. 3

Las rocas de la era azoica poseen una estructura foliada (58), que es el resultado de la disposición paralela de láminas de minerales, cristales y granos. La foliación en la mayor parte del acantilado granítico es casi vertical, contrastando con la estratificación horizontal de las rocas más jóvenes de arriba.

Las rocas de la Serie Vertical son todas homogéneas en cuanto a la resistencia a la erosión, pues son muy duras, de modo que las laderas del acantilado interior están uniformemente precipitadas e inclinadas (59).

A los procesos que dieron lugar a las rocas de la Serie Vertical (creación de montañas, metamorfismo y actividad volcánica intrusiva) se les calcula una edad de 1350 millones de años según un autor (60), mientras que otro (61), da una edad de 1700 millones de años, determinada por métodos radiométricos en los granitos, aunque a los sedimentos originales Vishnu se les asigna una edad de 2000 millones de años.

En esta serie de la era azoica no se ha encontrado ningún vestigio de vida animal y vegetal (62), (63), (64); es posible que haya habido, pero fueron quizás transformados por presión y calor como ocurrió con las rocas, pues existen evidencias de seres vivos como bacterias y plantas unicelulares, con una edad de 2000 millones de años, en rocas de esta edad y más viejas de otras partes del mundo como por ejemplo en el Escudo Canadiense (65).

El fin de los procesos que dieron origen a las rocas de la Serie Vertical fue determinado por la transgresión de un mar somero en donde las rocas quedaron sumergidas.

#### SERIE WEDGE

Las rocas que integran a la Serie Wedge fueron depositadas, durante la era proterozoica, en un mar somero encima de las rocas de la

era azoica, siendo materiales erosionados de las montañas de esa misma zona, de otros sitios altos y distantes.

A los estratos de esta Gran Serie Wedge se les da el nombre de Series del Gran Cañón y están divididos en dos grupos, el inferior - llamado Grupo Unkar y el superior nombrado Grupo Chuar. El Grupo Unkar está constituido, desde la más antigua hasta la más joven, por las formaciones siguientes (66)

1. Conglomerado Hotauta
2. Calizas Basales
3. Pizarra Hakatai
4. Cuarcita Shinumo
5. Formación Dox
6. Formación Nankoweap, con excepción de ésta y

la primera formación, el resto de las formaciones son tratadas por los demás autores que aparecen en la bibliografía.

El conglomerado Hotauta descansa directamente sobre los esquistos de la Serie Vertical.

Le siguen hacia arriba las calizas basales intemperizadas en un color café oscuro y forman riscos. Estas calizas fueron arrecifes de calizas formadas por la acción de la secreción de calcio de algas primitivas y preservan en su superficie marcas de olas y limos agrietados, los cuales sugieren que los depósitos fueron formados bajo condiciones alternadas de aguas someras y de una planicie de inundación. Este tipo de estructuras calizas representan la vida más antigua conocida en el Gran Cañón. Estructuras similares de calizas se han encontrado en Harper's Ferry en West Virginia (67), (68), de formación más reciente que las del Gran Cañón.

Inmediatamente sobre las calizas basales se localizan las pizarras Hakatai de color bermellón brillante y rojo oscuro. Es un estrato

delgado que forma una secuencia de terrazas dentro del Gran Cañón. Estas pizarras fueron formadas quizás de limos depositados por grandes ríos, bajo condiciones de un mar somero con emergencias ocasionales mostrando marcas de olas, moldes de cristales de sal, limos agrietados e impresiones de gotas de lluvia.

Los siguientes estratos corresponden a la Cuarcita Shinumo, formada por depósitos cementados de areniscas o granos arenosos de cuarzo de color púrpura, y se presenta en riscos escarpados por la gran resistencia a la erosión. Esta cuarcita también contiene marcas de olas y capas entrelazadas, las cuales insinúan haber sido depositadas en aguas poco profundas.

La formación Dox está representada por pizarras rojas que son de origen similar a las anteriores.

Sobre la formación Dox se encuentra la Formación Nankoweap.

Por último, se presentan las corrientes de lava que constituyen umbrales y diques básicos formando imponentes riscos. Estas corrientes de lava forman al Grupo Chuar de las Series del Gran Cañón.

Estos estratos de la Gran Serie Wedge contienen fósiles de vida vegetal, aunque no hay ninguna evidencia de vida animal (69), (70), (71), (72), (73), (74).

El clima que predominó durante este tiempo fue caliente y seco, según queda demostrado por los moldes de cristales de sal y por las grietas que han disminuido en los limos al evaporarse el agua por un intenso calor solar (75).

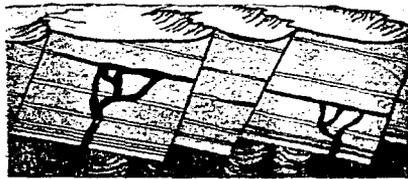
Los sedimentos acumulados en la era proterozoica fueron afectados por fuerzas de tensión, formándose bloques de montañas falladas muy distintas a las de la era azoica, de manera que los estratos fueron fracturados y fallados habiendo deslizamientos de bloques, quedando algunos elevados y otros hundidos y las rocas fueron inclinadas (76).

(77),(78) en un ángulo de 15 grados (79), conservándose su relativa horizontalidad, pues descansan uniformemente. Estos bloques de montañas falladas fueron originadas durante la Revolución denominada del Gran Cañón hace 600 a 700 millones de años (80).

Estas montañas fueron nuevamente desgastadas por erosión quedando sólo una planicie con cerros escarpados que han resistido a la erosión. El espesor de las capas de rocas de la Gran Serie Wedge alcanzó 3600 metros, aunque en unos sitios las rocas hoy aparecen como cuñas inclinadas aisladas y en otros fueron erosionados totalmente, exponiendo a los esquistos Vishnú de la era azoica y pueden ser observadas en el camino Kaibab norte y sur y al este del Gran Cañón en Desert View, en donde forman amplios cañones (81),(82).



La llanura se sumergió, depositándose capas de sedimentos de 3648 m de espesor y el material ígneo formó intrusiones.



Los estratos horizontales fueron rotos e inclinados formando montañas de bloques de falla.



Las montañas fueron erosionadas hasta un plano, quedando solo colinas en forma de cuña triangular.

Estos diagramas representan a los procesos ocurridos durante la era proterozoica. Tomados de Grand Canyon de Merril D. Beal, publicado por KC Publication, Las Vegas, Nevada, 1974, pp.24-25.

## SERIE HORIZONTAL.

La Serie Horizontal corresponde a las capas superiores del Gran Cañón y está compuesta por rocas sedimentarias que yacen horizontalmente en algunos lugares sobre las formaciones de la Serie Wedge mientras que en otros descansan directamente sobre los esquistos de la Serie Vertical.

Los sedimentos de esta serie fueron depositados durante la era paleozoica y en su mayoría están constituidos por areniscas formadas por arenas de playas antiguas y de dunas, como consecuencia de invasiones de mares someros y de dunas desérticas formadas por el viento en un clima frío; por pizarras originadas de limos cementados en planicies de inundación o en deltas de antiguos ríos; y calizas creadas por acumulaciones de restos de plantas y animales en el fondo de los mares. De modo que estas rocas fueron formadas por la depositación hecha por el viento y por el agua, y preservan una gran cantidad de fósiles que corresponden a formas de vida tanto animal como vegetal, desde las más simples o primitivas hasta formas un poco más complejas, así en las capas más antiguas aparecen conchas marinas, pisadas, impresiones de helechos, evidencias de peces primitivos y en las capas más recientes - hay huellas de antiguos reptiles, insectos, helechos y plantas coníferas.

Estos sedimentos de la era paleozoica fueron afectados por intervalos de erosión los cuales produjeron varias discordancias o barrancas en las laderas del Cañón (83), (84).

A continuación se describen las formaciones sedimentarias que representan a los distintos periodos de la era paleozoica, desde las más viejas hasta las más jóvenes.

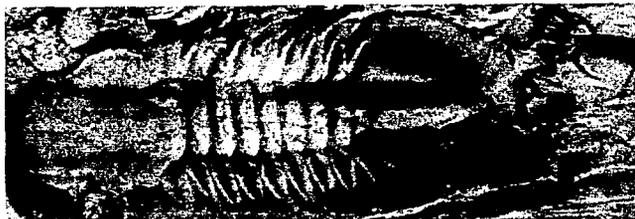
El período cámbrico consta de tres formaciones de origen marino, las cuales presentan fósiles del cámbrico medio (85).

a) Formación Tapeats. Esta comprende areniscas de color café os-

cure compuestas por granos toscos de cuarzo arenoso que tienen un espesor aproximado de 60 a 90 metros. Es la formación que forma la base de la Serie Horizontal y corta en ángulo recto a las formaciones deformadas y truncadas de las eras azoica y proterozoica (86). Las areniscas aparecen como riscos escarpados abajo de la Plataforma Tonto (87). Contienen fósiles guías llamados Scolithus, que se suponen son gusanos marinos (88), pues se encuentran entre los depósitos marinos, así como también hay conchas marinas, impresiones de algas marinas y marcas de olas de las márgenes del mar en los que fueron depositados (89),(90).

b) Formación de Pizarra Brillante Angel. En ésta hay capas alternadas de areniscas de color púrpura y café, de pizarras micáceas gris verdosas y de calizas (91), predominando las pizarras, las cuales fueron limos acumulados en el fondo de un mar somero hace 430 a 500 millones de años (92). Alcanzan un espesor de 136 a 197 metros, y están a 912 metros abajo de las márgenes del Cañón, con una anchura de 4 kilómetros. Estas rocas forman la Plataforma Tonto (93),(94), (95), y constituyen una barrera para la infiltración del agua de lluvia y de la nieve que pasan a través de las rocas superpuestas a la Pizarra Brillante Angel, pues ésta es impermeable, por lo que arriba de ella emergen manantiales en las laderas del Cañón (96). Los fósiles que presentan esta formación son conchas de braquiópodos quitinosos ( mariscos primitivos ), caracoles marinos, trilobitas y huellas de gusanos.

Trilobita preservada en las pizarras verdes de la formación Bright Angel.



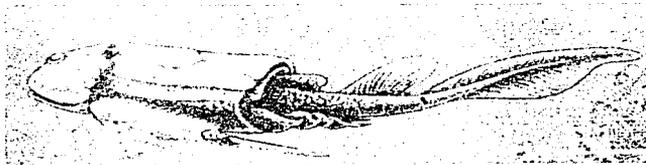
c) Formación Muav. En ella existen alternancia de capas compactas de calizas cristalinas grises y areniscas de color amarillo claro con un espesor de 30 metros (97). Contiene cavernas originadas por la percolación de aguas subterráneas en las cuales se ha disuelto el carbonato de calcio de las calizas y como éste ha sido transportado (98), constituyen, por consiguiente, un acuífero regional. Estas calizas emergieron del mar donde fueron depositadas y atacadas por erosión, quedando una discordancia, la que puede apreciarse en los diagramas que representan una sección transversal del Gran Cañón. Se presentan fósiles del cámbrico medio (braquiópodos de varios tipos y trilobitas) y es probable que los sedimentos de las calizas quedaron depositados lejos de los sedimentos Angel y estuvieron sujetos a un clima cálido.

Los períodos ordovícico y silúrico están ausentes en las formaciones del Gran Cañón (99) y la explicación de la ausencia de ellos, dada por algunos geólogos, es que las rocas de esos períodos fueron completamente erosionadas, mientras que otros afirman que la región permaneció durante esos dos períodos arriba del nivel del mar, por lo que no hubo depositación alguna de sedimentos y en consecuencia no hubo formación de rocas. Esta aseveración se considera como la más acertada (100).

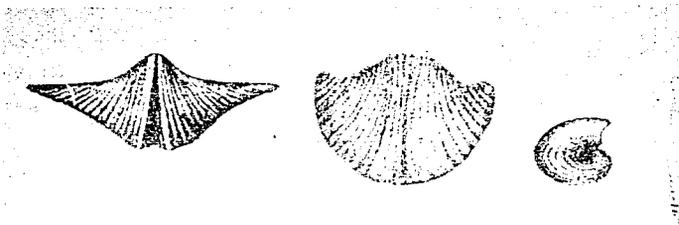
El período devónico sólo tiene una formación denominada Temple Butte. Está formada por pequeñas lentes o parches aislados de calizas arenosas de color lavanda de origen marino, de 0 a 11 metros de espesor, y fueron depositadas rellenando las cañadas de antiguos ríos. Los fósiles encontrados en esta formación son de huesos y escamas de peces, corales y braquiópodos. Se puede observar ésta a lo largo del camino Kaibab sur (101), (102), (103), (104), (105).

El misisípico o carbonífero inferior está representado por la Formación Pared Roja de calizas conocidas también como Formación de Cal Azul (106), está integrada por capas alternadas de areniscas calcáreas y calizas compactas cristalinas de color gris o azul que muestran la des-

composición de los sedimentos de la antigua superficie erosionada, la cual nuevamente fue labrada por el avance del mar en el misisípico. El color original de las calizas es gris o azul; sin embargo, se encuentran manchadas de rojo por el lavado de óxidos de hierro de las Formaciones Supai y Hermit que yacen arriba. Las calizas son rocas de carbonato de calcio puro conteniendo menos del 1% de partículas de arenas y pizarras, lo cual sugiere que se formaron en un amplio mar somero y quieto, siendo una vasta acumulación de esqueletos de antiguas plantas y animales (107). Su espesor es de 137 a 152 metros, y se encuentran a la mitad de las márgenes del Cañón y el río Colorado. Forman riscos impresionantes casi verticales, siendo los más grandes en el Cañón, alcanzando una altura de 167 metros. Las calizas han sido afectadas por disolución de las aguas subterráneas, resultando cuevas, cavernas, túneles, canales, manantiales y anfiteatros. En estas calizas hay corales, conchas, braquiópodos y crinoideos ( Lilies marinas ), todos ellos de origen marino (108), (109), (110), (111), (112). La Formación de Pared Roja de Calizas puede observarse en Newberry-Butte, Solomon Temple, Cheops Temple, Sheba Temple y en otros sitios más (113).



Pez de agua dulce del período devónico encontrado en la formación Temple Butte.

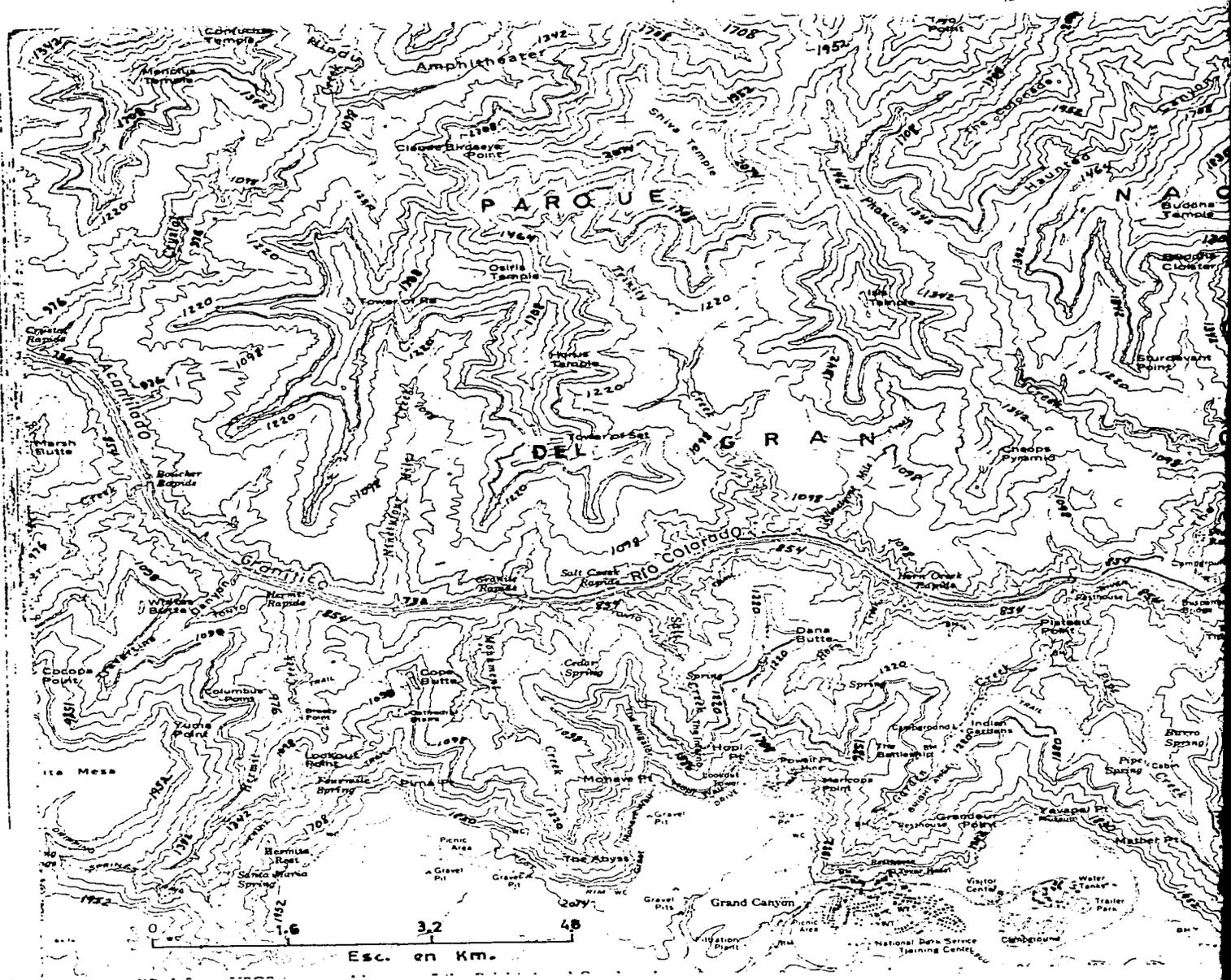


Fosiles de la pared de calizas rojas de los periodos misisipico y carbonifero inferior.

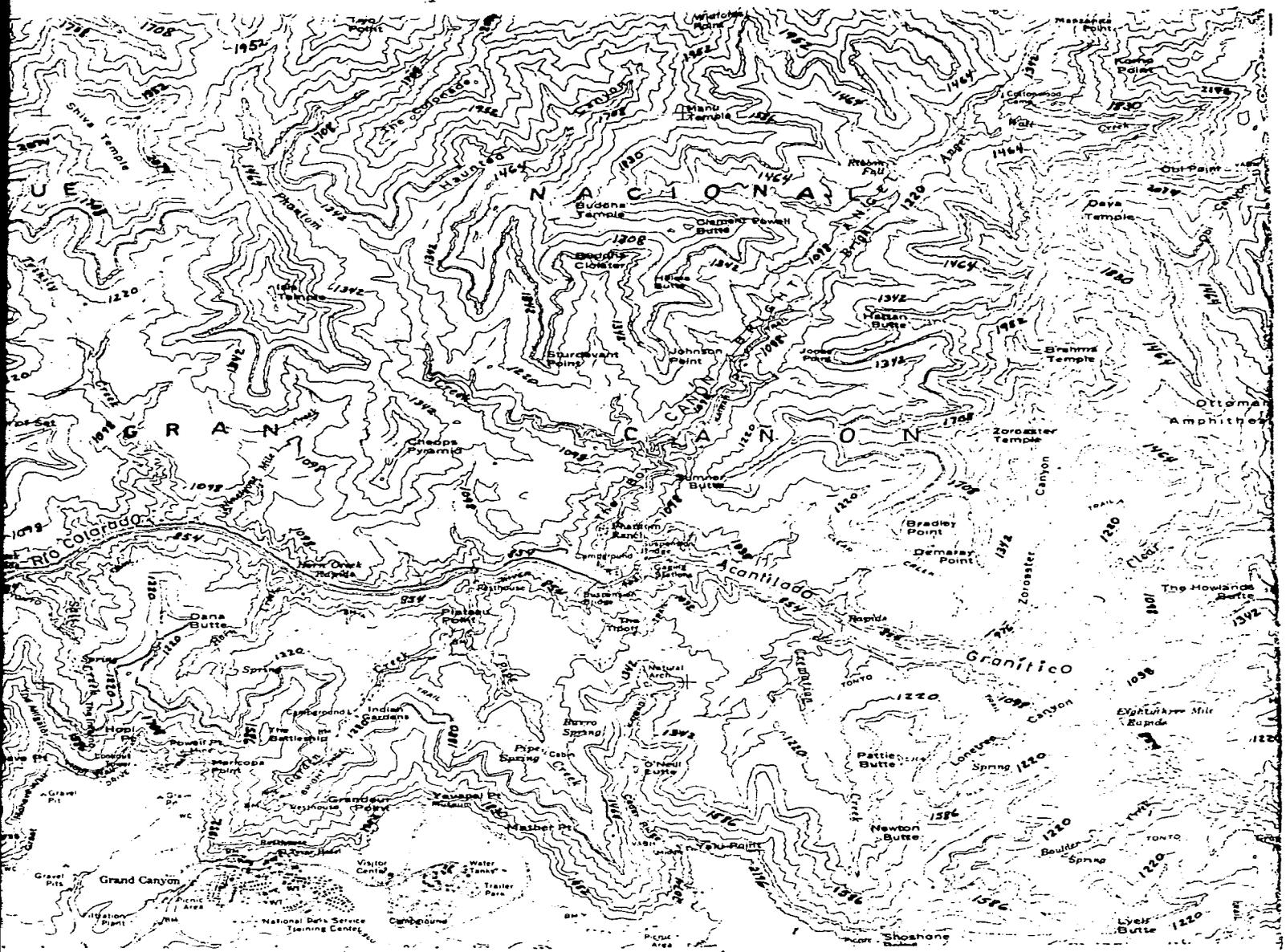


Cascada Havasu en la pared de calizas rojas en el Gran Cañón.

Durante los períodos pensilvánico (carbonífero superior) y pérmico, se depositó la formación Supai compuesta por capas alternadas de areniscas duras, pizarras rugosas suaves y limo agrietado de 250 m de espesor, que probablemente fueron traídos por ríos antiguos de tierras graníticas lejanas desde el norte y este, y depositados en la planicie de inundación y deltas de ellos mismos (114), (115); aunque las calizas impuras o limos interestratificados que forman la pendiente más baja de la formación Supai se piensa que fueron formados por el mar al retirarse de esa región (116). El color rojo que presentan se debe al contenido de hematita, producto de un óxido de hierro. Las rocas de esta formación posteriormente fueron erosionadas, creándose una discordancia, la que puede ser vista en los diagramas de secciones transversales del Gran Cañón. El clima que perduró en la región durante ese tiempo fue más árido presentándose un medio ambiente tipo sabana con largos períodos secos (117). Hay pisadas de grandes criaturas primitivas cuadrúpedas con cinco dedos, probablemente de anfibios que vivieron dentro y fuera del agua y se cree que fueron de gran cuerpo con piernas cortas porque las pisadas están bastante cerca una de la otra y quizá tuvieron cola pues aparecen marcas de arrastre y posiblemente tuvieron un parecido a los actuales caimanes y cocodrilos (118). Con respecto a los vegetales hay huellas de helechos (Walchia), (119) y de otras plantas similares. Hoy esta formación aparece como grandes terrazas escalonadas formadas de areniscas, mientras que las pizarras forman promontorios y cimas muy adentro del Cañón; entre estas se mencionan las siguientes: O'Neil Butte, Rama Shrine, Pico Geikie, Isis Temple, Lyell Butte, Tower of Set, Newton Butte, Apollo Temple, Sagittarius Ridge, Venus Temple, Tower of Ra, Dana Butte, Horus Temple, Krishna Shrine, Vishnú Temple, Shiva Temple, Eoroaster Temple, Wotan's Throne, Osiris Temple y Brahma Temple (120).



MAPA DE CURVAS DE NIVEL. Tomado de Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth Hamblin y Joseph R. Murphy, impreso por Brigham Young University, p.48, Provo, Utah, 1969.



Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth Brigham Young University, p.48, Provo, Utah,



Pisadas de animales prehistóricos de piernas cortas de la formación Supai del Gran Cañón.

El pérmico está representado además de la formación Supai, anteriormente descrita, por las formaciones que siguen a continuación:

a) Formación Hermit. Tiene un espesor de 68 metros, compuesta de pizarras rojas resultantes de la acumulación de limos y arenas finas depositadas por corrientes de agua dulce que fluyeron en esta región desde el noreste. Tiene evidencias de charcos y arroyos con marcas de olas en sus orillas y una película delgada de limo brillante agrietado que cubre la superficie de la formación Hermit, los cuales indican ser depósitos de agua somera (121), (122). El clima que predominó en esta zona fue semiárido con largas estaciones de sequía. Estos estratos han sido descritos como escenario de ardiente sol, de lluvias, granizadas, torrentes ocasionales y charcos secos, pues se encuentran impresiones de gotas de lluvia, moldes de cristales de sal y grietas al evaporarse el agua por el sol (123). Se han encontrado 35 especies de plantas principalmente de hojas de helechos, la mayoría maceradas o marchitas, así como pequeñas coníferas (124), (125). Como fósiles animales aparecen huellas de caminos de gusanos, pisadas de animales pequeños en forma de salamandra, alas de insectos hasta de 10 centímetros (126) y pisadas de animales vertebrados.



Helecho fósil en las pizarras Hermit del período pérmico.

b) Formación de areniscas Coconino. Presenta arenas silíceas finamente granuladas de color blanco amarillento, en estratos cruzados que representan arenas amontonadas por el viento en los lados de sotavento de dunas cambiantes de un desierto que cubrió miles de kilómetros cuadrados (127), (128), el cual bordeaba a un mar que dejó huellas de olas (129), (130). Más tarde un mar cálido somero avanzó hacia las dunas erosionando sus cimas y nivelando su superficie (131). Las areniscas constituyen un prominente risco blanco amarillento (132), formando muchos buttes y templos. Contienen alrededor de 27 especies animales, entre ellas, huellas de animales cuadrúpedos primitivos ( anfibios ) de pequeños reptiles como lagartijas o salamandras, escorpiones, huellas de caminos de gusanos antiguos e insectos.



Arenas depositadas por el viento en la formación Coconino del Gran Cañón.

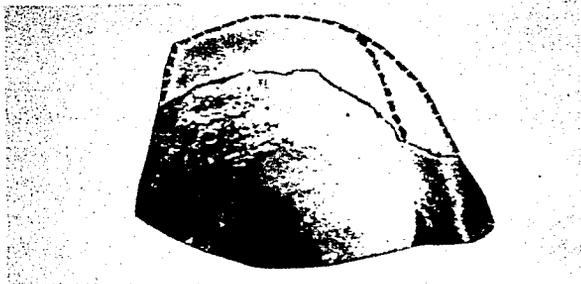
Pisadas de animales primitivos de cuatro patas encontradas en las areniscas Coconino del Gran Cañón.

c) Formación Toroweap. Está integrada por areniscas rojas y amarillo claro con calizas grises intercaladas que fueron depositadas en el mar Toroweap y tienen 77 metros de espesor, existiendo fósiles de braquiópodos y moluscos que sugieren abundante vida marina dejada por la regresión del mar Toroweap (133), (134), (135), (136), (137).

d) Formación de calizas Kaibab. Contiene calizas relativamente puras, gris amarillentas, que forman las capas superiores de las laderas del Gran Cañón y constituyen a la Meseta Kaibab en la margen norte y a la Meseta Coconino en la margen sur y corresponden a las últimas rocas depositadas durante la era paleozoica. Las calizas son casi uniformes de arriba a abajo, con 99 metros de espesor, siendo unas duras y otras suaves, presentando capas de pedernal (138). Estas rocas, al igual que los fósiles que se presentan, fueron depositados por la transgresión de un océano hacia el oeste hace 200 millones de años. Los fósiles dejados por este mar cálido fueron braquiópodos, crinoideos o Lilies marinas, equinoideos, briozoos, corales, esponjas y dientes de tiburón (139), (140), (141), (142), (143).



Lilies marinas o crinoideos. Corales en forma de cuerno.



Diente fósil de tiburón.



Conchas marinas de las colizas Kaibab.



Se depositaron capas de sedimentos de 1216m. Intervalos de erosión ocurrieron dejando un vacío en los registros.

Este diagrama representa a los procesos de la era paleozoica. Tomado de Grand Canyon de Merrill D. Beal, publicado por FC Publication Las Vegas, Nevada, 1974, pp.24-25

## ERA MESOZOICA.

La región del Gran Cañón del Colorado estuvo cubierta por sedimentos de la era mesozoica con un espesor total probable de 1216 a 2432 m, hace 140 millones de años, lo cual está comprobado por la presencia de mesas testigos de erosión como son la Montaña Cedar, que se encuentra a 3 km., al este del Gran Cañón, cerca de Desert View, y el Red Butte, que está a 24 km., al sur de la Villa del Gran Cañón, ambos localizados lejos de las margenes del Cañón y que quedan discordantemente sobre la superficie de las Mesetas Kaibab y Coconino.

Las únicas formaciones del mesozoico representadas en esas mesas testigos de erosión son:

- a) Formación Moenkopi
- b) Formación de Conglomerados Shinarump

En la Montaña Cedar se presentan estas dos formaciones, mientras que en el Red Butte sólo aparece la Formación Moenkopi, cubierta por una capa de lava de la era cenozoica, la que la ha protegido de la erosión. Esta formación consiste de areniscas rojas y blancas y pizarras chocolate del periodo triásico (144), (145).

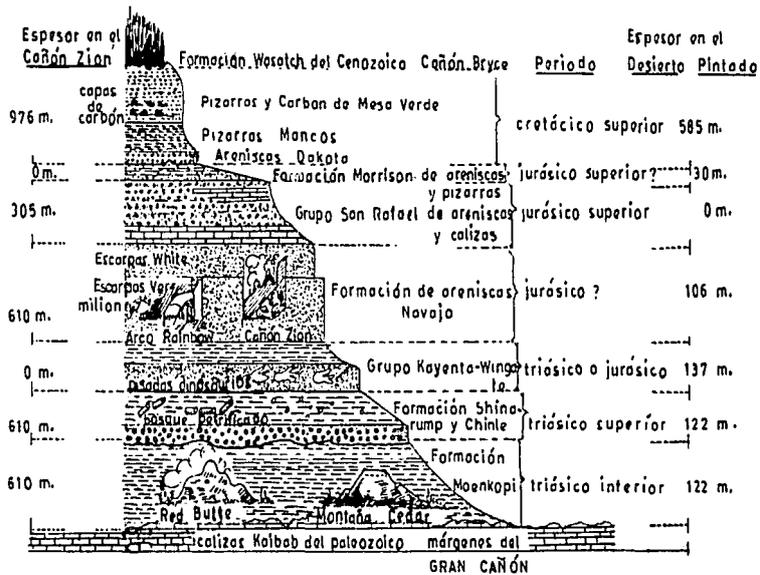
La formación de Conglomerados Shinarump está constituida por una capa de grava muy resistente a la erosión, por margas y calizas de tonos rosa sobre blanco del cretácico y terciario (146). Esta formación sólo se puede observar en la Montaña Cedar como se dijo antes.

Estas dos formaciones fueron originalmente limos, arenas y gravas acarreados por ríos y arenas transportadas por el viento y depositadas en lagos; esto se haya comprobado por los fósiles de vertebrados y plantas depositadas durante el triásico (147).

En la Montaña Cedar existen trozos de madera petrificada, los cuales

# ROCAS DE LA ERA MESOZOICA.

## Región del Desierto pintado y del Cañón zión.



Tomado de Ancient Landscapes of the Grand Canyon Region de Edwin D. McKee, impreso por Northland Press, p.20, Flagstaff, Arizona, 1972.

provenían de los bosques de las montañas del norte y fueron transportados y depositados por los ríos. Estas maderas representan a pinos extintos ahora en el Hemisferio Norte y tienen un diámetro de 3 metros y una altura de más de 60 metros (148), (149).

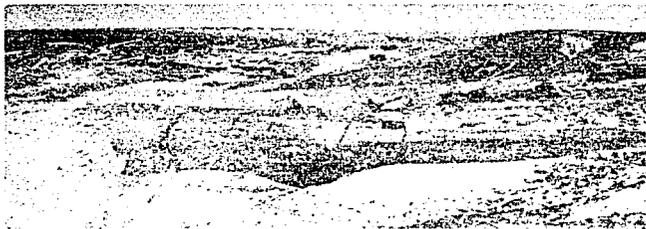
Conveniente es hacer mención de la región noreste de Arizona y sur de Utah en la cual se encuentran el Desierto Pintado, los riscos Echo y el Cañón Zion, los cuales están constituidos por rocas pertenecientes a la era mesozoica habiendo en ellos areniscas, limos y gravas sobre las que han sido labrados y se considera que esa región fue una área baja y plana, y formó una planicie de inundación de ríos, los que transportaron a los sedimentos y a los trozos de madera petrificada - que se sitúan allí. Las areniscas depositadas fueron arenas acumuladas por los vientos y dieron origen a dunas, indicando que el clima que - persistió en el norte de Arizona y sur de Utah, incluyendo al Gran Cañón, fue seco desértico con excepción de algunas regiones de esos dos mismos estados en que el clima fue cálido y más húmedo durante el jurásico, dando origen a una vegetación abundante y a suelos pantanosos, - los cuales posteriormente crearon a los yacimientos de carbón.

Las formaciones rocosas del mesozoico localizadas en el Desierto Pintado, en los riscos Echo y en el Cañón Zion son: la Formación Moenkopi, la Shinarump; el Grupo Kayenta-Wingate, la Formación de Areniscas Navajo, el Grupo San Rafael de Areniscas y Calizas y la Formación Morrison de Areniscas y Pizarras del período jurásico; las Areniscas Dakota las Pizarras Llanos y las Pizarras y Carbón de Mesa Verde del período cretácico. Las formaciones Moenkopi y Shinarump pertenecen al triásico. Todas estas formaciones pueden ser observadas en el diagrama de las rocas de la era mesozoica (150).



Montaña Cedar





Troncos de madera petrificada del período triásico.



Pisadas de dinosaurio en  
el Desierto Pintado.



Se acumularon sedimentos de 1216 m a 2432 m cubriendo a las rocas de la era paleozoica.

Este diagrama representa a los procesos de la era mesozoica. Tomado de Grand Canyon de Merril D. Beal, publicado por KC Publication, p. 25, Las Vegas Nevada, 1974.

#### ERA CENOZOICA.

Al iniciarse la era cenozoica se produjeron levantamientos y fallas posteriores en la región del Gran Cañón (151), (152), los cuales permitieron la aceleración de los procesos erosivos que dieron lugar a la formación del Gran Cañón del Colorado y a los cañones Bryce y Zion del sur de Utah. La región, por tanto, no se mantuvo bajo el nivel del mar, por lo que no existen sedimentos marinos pero sí se encuentran sedimentos aluviales y lacustres (153), (154), comprobado por la gran irregularidad y variedad de los sedimentos depositados. Estos sedimentos integran a las formaciones Wasatch o Claron y Bidahochi (155).

La formación Wasatch o Claron se localiza en el Cañón Bryce y está constituida por calizas y areniscas color crema y rosa ( debido al deslave de las tierras altas que cubren a las calizas y areniscas, manchándolas ) que en un principio fueron arenas y cal depositadas en lagos y contienen fósiles de moluscos de agua dulce.

La formación Bidahochi, se localiza al este del Gran Cañón del Colorado y está constituida por estratos que fueron depositados por las aguas del río Colorado al desembocar en el Lago Bidahochi. Obrérvase -

el diagrama del origen del Gran Cañón que se encuentra en páginas posteriores

Al oeste del Gran Cañón existen otros depósitos sedimentarios de esta misma era pero son de poca extensión y por tanto de poca importancia.

Además de los levantamientos, de la erosión y sedimentación en la región del Gran Cañón durante el cenozoico, hubo actividad volcánica - extrusiva (156), (157), (158), creándose corrientes de lava formadas por basaltos y dacitas (159), (160), las que originaron a los Picos de San Francisco cerca de Flagstaff, a las Montañas Pino a 137 kilómetros al oeste del Cañón y a la lava que escurrió desde el punto Toroweap sobre la ladera norte del Cañón a una profundidad de 912 metros, la cual cerró la corriente del río Colorado y al valle Toroweap por mucho tiempo, originando un lago entre el Gran Cañón y el Cañón Marble. La altura del dique de lava varió de 30 a 699 metros. Este dique fue labrado por las aguas del río Colorado y por la gran cantidad de arena y grava que arrastraba y sus restos hoy pueden verse en ambos lados del río en el acantilado interior abajo del cono volcánico Vulcan's Throne. La lava del valle Toroweap no pudo ser erosionada por la poca cantidad de agua que venía por el Cañón Toroweap y este fue azolvado por los materiales desgastados de sus laderas y por los materiales transportados por las corrientes de agua, dando lugar de este modo al Valle Toroweap. Probablemente los azolves en su desembocadura alcanzan un espesor de más de 608 metros (161).

Evidencias de vida moderna de animales y vegetales se presentan en la región del Gran Cañón durante la era cenozoica, y son principalmente de camellos, caballos, perezosos y mamuts, sin olvidar que es entonces cuando el hombre aparece como la forma de vida más elevada o compleja (162).

En conclusión, los cañones Bryce y Zion fueron cavados por la gran elevación de tierras y por la acción de las corrientes de agua, durante la era cenozoica, siendo los mismos procesos que dieron origen al Gran Cañón del Colorado y los que todavía existen en la actualidad, pues estamos viviendo en el período holoceno de esa misma era.



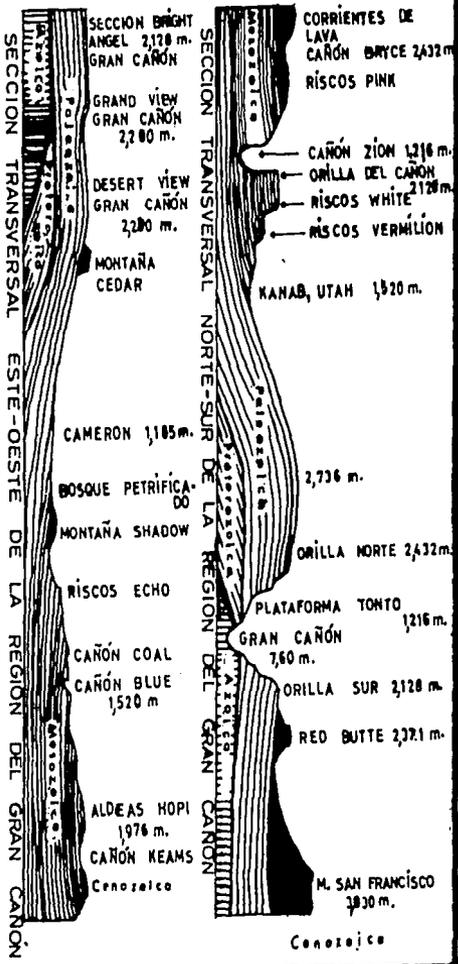
La erosión removió casi todos los estratos, excepto una delgada capa de rocas del mesozoico. El río Colorado estableció su drenaje hacia el oeste.



Al cortar el río hacia abajo expuso a las rocas antiguas. Quedaron restos de las rocas del mesozoico. Volcanismo en el último millón de años.

Este diagrama representa a los procesos de la era cenozoica Tomado de Grand Canyon de Merrill D. Deal, publicado por KC Publication, p.25, Las Vegas, Nevada . 1974.

TORRADO DE ANGIENT - LANDSCAPES OF THE GRAND CANYON  
 DE EDWIN D. HENKE, IMPRESO POR NORTHLAND PRES.,  
 PLASTAFF, ARIZONA 1972. P. 1X





Cerca del extremo oeste del Parque Nacional las laderas del Cañón están formadas solo por rocas de la era paleozoica. Quizá las rocas de la era ozoica no están muy lejos del lecho del río.



Área central o Bright Angel. El acantilado interior está cortado en las rocas duras verticales de la era ozoica. Las laderas superiores del Cañón están formadas por rocas horizontales de la era paleozoica. El estrato inclinado de la era proterozoica fue erosionado excepto a la izquierda del acantilado.



Extremo este (Desert View, Cape Royal). El fondo del Cañón está formado por rocas inclinadas de la era proterozoica. Las laderas superiores son de rocas comparativamente horizontales de la era paleozoica.

DIAGRAMAS TOMADOS DE ANCIENT LANDSCAPES OF THE GRAND CANYON REGION DE EDWIN D. McKEE, IMPRESO POR NORTHLAND PRESS, FLAGSTAFF, ARIZONA, 1972. p. 33.

A continuación se anexa la cronología del tiempo geológico de la Tierra (163).

Eras	Periodos	Inicio en millones de años	Duración total en millones de años
cenozoica	cuaternario		
	holoceno		
	pleistoceno	2.5 y 3	2.5 y 3
	plioceno	12	
	mioceno	26	
mesozoica	terciario		
	oligoceno	38	
	eoceno	54	
	paleoceno	65	65
	cretácico	135	
paleozoica	jurásico	195	
	triásico	225	225
	pérmico	290	
	pensilvánico	345	
	misisípico	345	
proterozoica	devónico	395	
	silúrico	435	
	ordovícico	500	
	cámbrico	570	570
azoica		3600	3600
		4500	

Este cuadro se ha incluido aquí, con el fin de que se comprenda mejor el cálculo del tiempo de los sedimentos pertenecientes a las eras proterozoica, paleozoica y mesozoica representados en las laderas

del Cañón, casi en su totalidad.

Las rocas sedimentarias erosionadas del Gran Cañón de la era proterozoica tienen aproximadamente la edad de 3000 millones de años, según el cuadro (164).

Las rocas sedimentarias erosionadas del Cañón de la era paleozoica tienen aproximadamente la edad de 345 millones de años; sin embargo, este dato debe tomarse con reserva porque en las laderas del Cañón, faltan las formaciones sedimentarias de los períodos ordovícico y silúrico y las formaciones del devónico, misisípico y pensilvánico están representadas someramente, como están descritas anteriormente.

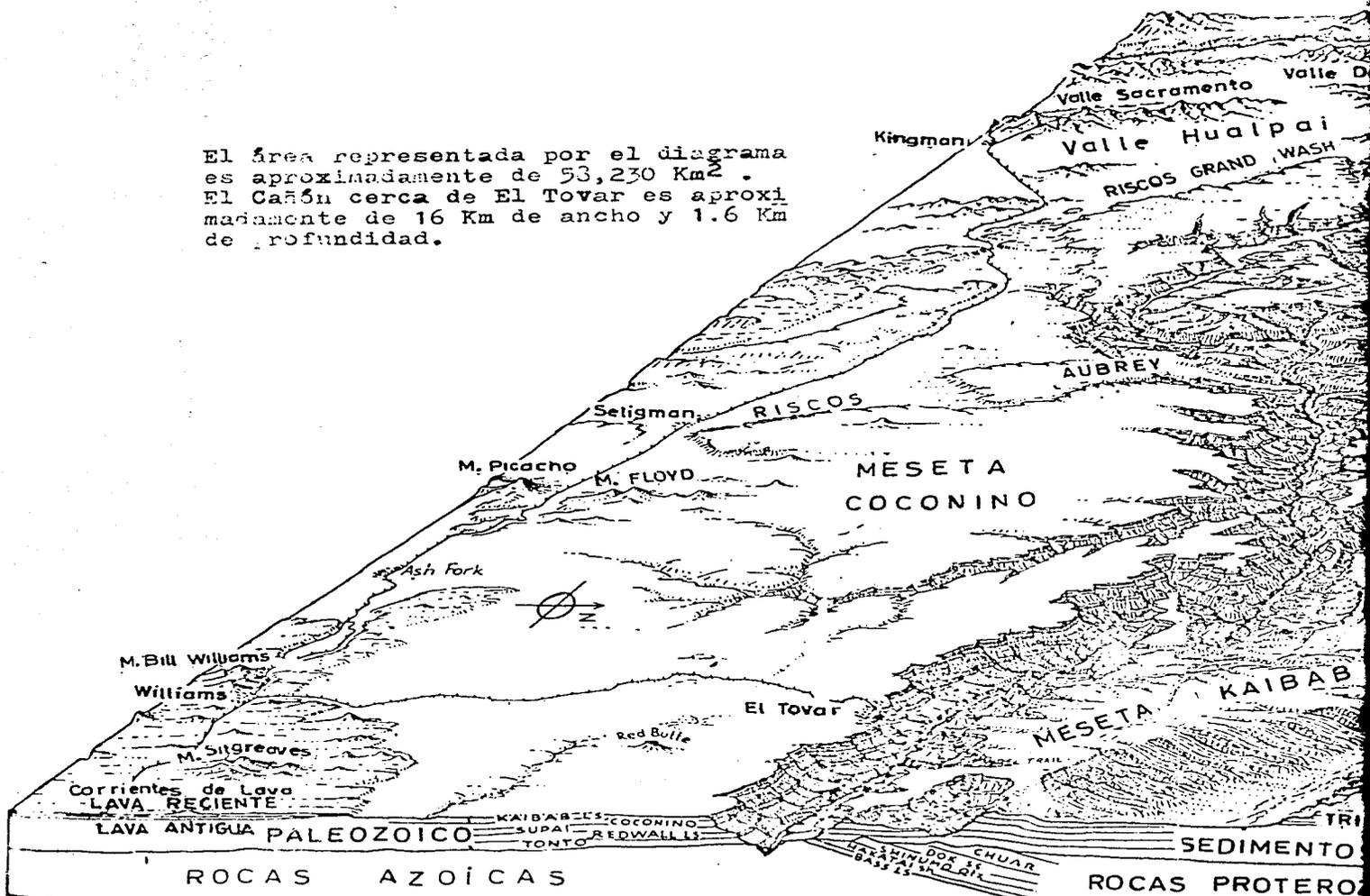
Las rocas sedimentarias erosionadas de mesas y buttes de la era mesozoica tienen la edad de 65 millones de años.

De modo que la edad de las rocas sedimentarias afectadas por la erosión en el Cañón, corresponde aproximadamente a 3410 millones de años, sin tomar en cuenta a los períodos de la era cenozoica ni la azoica.

Por otra parte, la corriente del río Colorado se inició con el desarrollo de fallas de origen tectónico en el período oligoceno hace más o menos 38 millones de años (165), pero el desarrollo pleno del ciclo del Gran Cañón tuvo lugar con el rejuvenecimiento del río durante los períodos plioceno, pleistoceno y holoceno (166), desde hace 12 millones de años (167)

Resulta interesante la observación de las formaciones rocosas del Gran Cañón del Colorado, pues ellas representan a la mayor parte del tiempo geológico de la Tierra, alcanzando una edad de 3410 millones de años, la cual comparada con la edad total de la Tierra de 4500 millones de años, abarcan el 75 % de la cronología de la Tierra.

El área representada por el diagrama es aproximadamente de 53,230 Km<sup>2</sup>. El Cañón cerca de El Tovar es aproximadamente de 16 Km de ancho y 1.6 Km de profundidad.



El diagrama ilustra la estratigrafía, estructura y fisiografía Los Principios de Geología Histórica de R. M. Field, impreso



## MORFOLOGIA.

A continuación se describen los procesos estructurales que actuaron en la región del Gran Cañón (168):

### Era azoica.

Hubo formación de montañas, intrusiones, metamorfismo regional y por contacto; posteriormente gran actividad erosiva con una consiguiente peniplaneación. Al terminar la era, esta región se sumerge.

### Era proterozoica.

Durante ésta se formaron bloques de montañas falladas (169), (170), hubo intrusiones y metamorfismo por contacto; estas formas estuvieron sujetas nuevamente a erosión y por tanto, a una peniplaneación. Al cierre de la era ocurrió una sumersión.

### Era paleozoica.

En los períodos cámbrico medio y devónico hubo un amplio levantamiento continental, se forman plegamientos poco pronunciados y más tarde hubo erosión. En el paleozoico superior se produjeron levantamientos y erosión de poca significación; al cerrar esta era, ocurrió un amplio levantamiento continental y quizá erosión leve.

### Era mesozoica y cenozoica.

En estas dos eras la región sufrió un fuerte levantamiento con la consiguiente formación de flexiones, plegamientos no pronunciados, fracturas y fallas y erosión posterior (171), (172).

Las formas de la Meseta del Colorado, excepto los conos volcánicos y corrientes de lava, se deben principalmente a procesos de erosión diferencial; esto queda comprobado por la horizontalidad de las formaciones sedimentarias y además porque no existen pruebas con-

tudentes de una gran influencia de movimientos estructurales, salvo en el lado norte del Cañón.

Sin embargo, se ha presentado influencia de los procesos estructurales en la zona, desde el cretácico hasta el presente, en los cuales se produjeron tres levantamientos regionales con actividad erosiva complementaria.

A fines del cretácico (173), (174), (175), (176), se produjo un levantamiento regional que dió origen a un domo, cuyas formaciones en el presente se observan inclinadas hacia el norte y este (177), con el resultado que en la vecindad de Gran Wash, las rocas más antiguas expuestas profundamente en el acantilado granítico están en la superficie. Estos procesos corresponden a la revolución geológica Laramidiana; posteriormente, hay una gran erosión y una depositación de sedimentos lacustres y aluviales durante el eoceno (178).

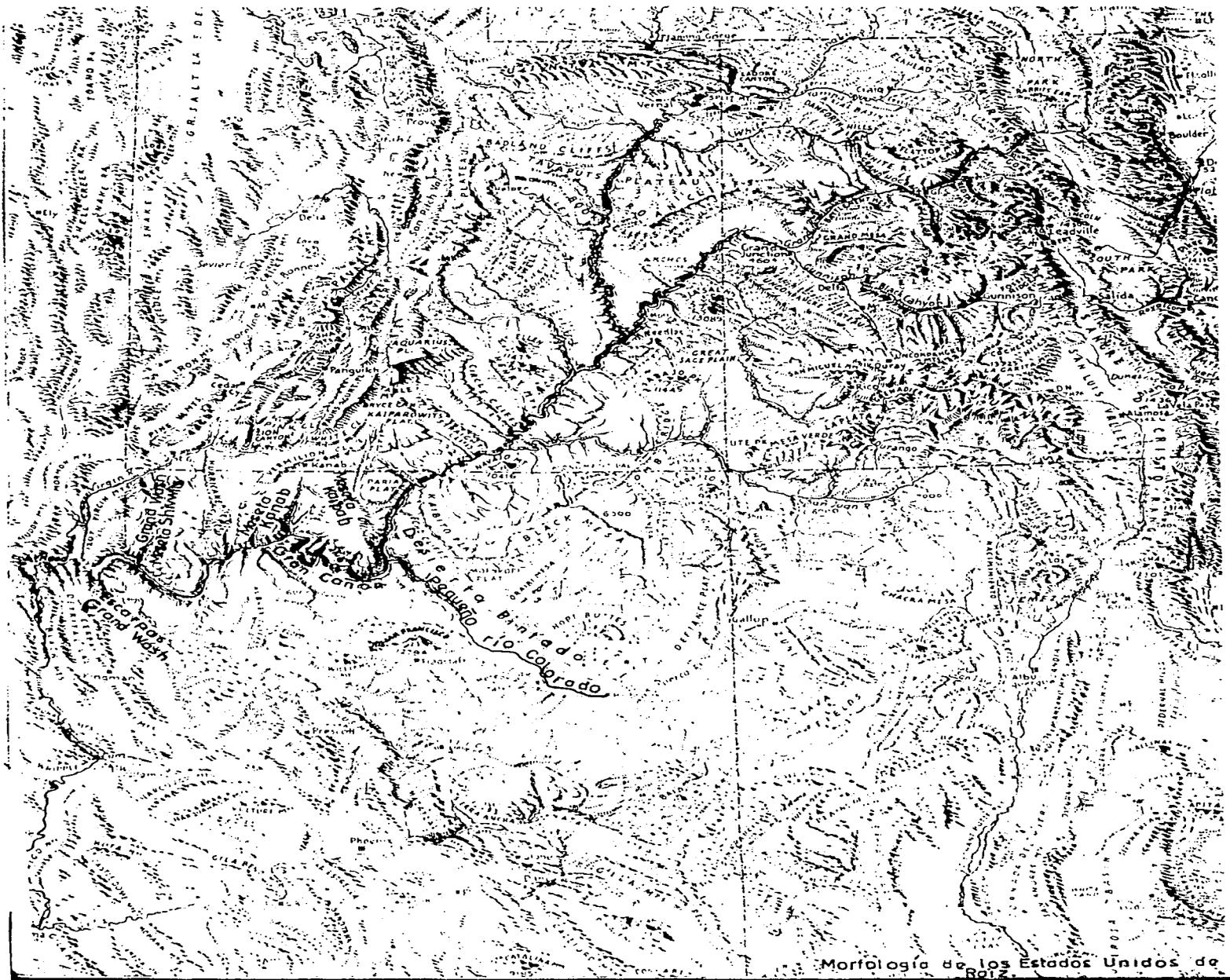
Simultáneamente a este proceso erosivo se originó otro levantamiento regional que correspondió al terciario inferior, probablemente del oligoceno que alcanzó una altitud de 1 800 a 2 500 metros. Este levantamiento produjo dislocamientos y fallas de norte a sur en la meseta, al norte del Cañón (179), (180), estos procesos produjeron actividad volcánica e intrusiva que dió origen a corrientes de lava y a lacolitos (181), (182). Estos sucesos corresponden a la revolución Cascadiana (183). Después de esto nuevamente la región fue sujeta a la erosión. Los sedimentos erosionados del mesozoico se depositaron sobre las calizas del pérmico, excepto en los buttes y mesas locales (184).

En el terciario superior y cuaternario, es decir, entre el plioceno ( 12 millones de años ), pleistoceno ( 2 a 3 millones ) (185) y holoceno, se presentó otro levantamiento regional que rejuveneció al río Colorado, lo cual provocó la iniciación del ciclo de erosión del Cañón.

En la actualidad el Cañón está en su etapa de juventud, lo cual está demostrado por la profundidad de los valles y cañones. Este levantamiento elevó a la meseta a altitudes entre 2 000 y 3 000 m (186), (187), (188).

El Gran Cañón del Colorado ha sido formado por la erosión del río de acuerdo con un sistema unificado e interrelacionado (189) y ayudado por erosión eólica, acentuada por los estados de aridez y semiaridez (190), (191). Fue cortado sobre un domo de estratos suavemente horizontales, que están más abruptamente inclinados en su parte este, en un par de grandes flexiones monoclinales y en su parte oeste han sido rotos por una gran falla normal que deja a las escarpas - Grand Wash, mirando hacia el oeste, es decir, hacia la región de Cuenca y Sierras (192). De esto, se deduce que la Meseta del Colorado está fuertemente fallada y dislocada por grandes monoclinales (193), (194), (195). Debido a ello se elevan una serie de bloques monoclinales en la meseta como escalones, terrazas o escarpas, desde la Gran Cuenca en el oeste hasta la Meseta Kaibab en el este, ascendiendo de 1 333 a 1 666 hasta 2 000 a 3 000 m, arriba del nivel del mar (196). Esas terrazas son bastante semejantes y han sido formadas por la diferente resistencia de las rocas debido a la erosión vertical del río y por las condiciones de aridez (197). Probablemente fueron formadas con el levantamiento ocurrido en el terciario inferior durante el oligoceno, que originó fallas de norte a sur en la Meseta, al norte del Gran Cañón.

Las escarpas Grand Wash fueron originadas por una falla normal y corresponden a escarpas de línea de falla y no a líneas de falla escarpadas por erosión (198), (199), producidas por erosión diferencial (200), lo cual está confirmado por la acción erosiva de la corriente principal, al atravesarlas y por las corrientes de lava que cubren a los planos de falla (201).



Morfología de los Estados Unidos de  
 R.I.Z.

MAPA FISIOGRAFICO DEL GRAN CAÑÓN. Tomado de Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth Hamblin y Joseph R. Murphy, Impreso por Brigham Young University, p.4, Provo, Utah, 1969

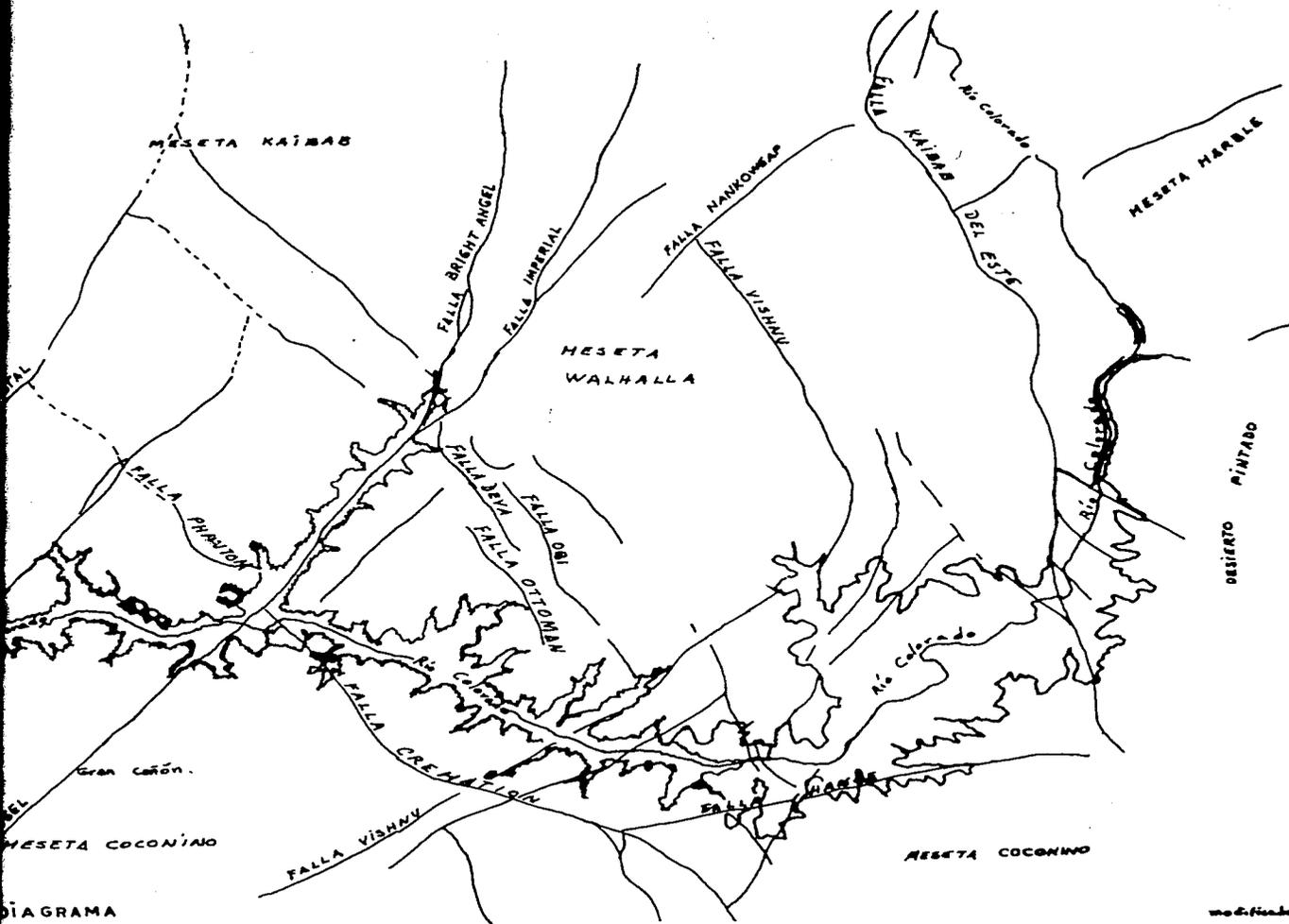
Además de escarpas de línea de falla hay escarpas de falla, dentro de la Meseta del Colorado, y corresponden a un fallamiento reciente y sobre ellas ha actuado la intemperización que ha producido derrumbes causados por deslizamientos (202), (203), (204).

Las escarpas de falla más importantes son: la que forma a las escarpas Grand Wash, antes mencionada, la falla Cremation que dió origen al Cañón Cremation, la falla Muav que separa a la Meseta Powell de la Margen Norte (205) y la falla Bright Angel que forma el cañón del río Bright Angel (206), (207), (208). La falla Cremation muestra un deslizamiento vertical de 70 m por una distancia de 1 km aproximadamente hacia el Noroeste (209). La falla Muav ocasionó el desplazamiento de las areniscas Coronino hacia el oeste. La falla Bright Angel tiene una dirección noreste a suroeste y los estratos fueron desplazados a lo largo de la falla de 46 a 55 m. Esta falla, junto con el drenaje de agua de la Margen Norte, facilitaron la erosión de las rocas fracturadas, creando al cañón Bright Angel en donde corre el río del mismo nombre. Los estratos del lado oeste de este cañón están 55 m más arriba que los del lado este. La falla tiene una longitud de 32 km y es la de mayor extensión en la Margen Norte del Gran Cañón (210). Además de estas dos fallas, existen otras más en esta región (211), las cuales pueden observarse en el mapa geológico.

Las grandes flexiones monoclinales del domo de la Meseta del Colorado son: el monoclinial Kaibab del oriente que elevó hacia el este a la Meseta Kaibab 608 a 912 m arriba de la plataforma Marble; el otro monoclinial es más pequeño, con dirección noroeste y está a través del Punto Grandview y a lo largo de éste los estratos están desplazados 152 m (212).

La Meseta del Colorado presenta crestas fuertemente inclinadas representadas por los buttes y mesas, las cuales han sido formadas





modificado de Mason, 1967.

GRAN CAÑÓN. Tomado de Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth  
 R. Murphy, impreso por Brigham Young University, P.2, Provo, Utah, 1969

por deslizamientos y erosión a lo largo de la línea de falla (213).

Las formas topográficas del Gran Cañón han sido dadas por la erosión diferencial, ayudada en algunos sitios por fracturas y fallas. A continuación se describen las formas principales del Cañón (214), (215).

a) Bloques ( temples ) y buttes, "montañas dentro del Cañón" , que ocasionan las divisorias de pequeñas corrientes tributarias intermitentes internas.

b) Acantilados internos que tienen forma de I (216) y de V (217), (218), debido a que fueron cortados sobre rocas duras metamórficas y cristalinas de la era azoica.

c) La Plataforma Tonto, se debe a la erosión remontante de las pizarras brillantes Angel desde la superficie de las areniscas Tapeats más resistentes con la consiguiente formación de riscos en las calizas Muav por erosión subterránea.

d) La Pared de Calizas Rojas. Forman un risco muy pronunciado gracias a la dureza y a que están sobre pizarras y areniscas muy suaves formando alcobas, cuevas, anfiteatros, mesas, buttes, temples y manantiales.

e) La Planicie Superior se ha formado sobre areniscas Supai, por la erosión remontante de las pizarras suaves Hermit.

f) Las Areniscas Coconino y las Calizas Kaibab son bastante duras y resistentes, de ahí que formen riscos pronunciados sobre las pendientes más suaves de las pizarras Hermit.

Los bloques y buttes predominan más en la Margen Norte del Gran Cañón que en la Margen Sur y son formas dadas por la erosión remontante de valles tributarios constituyendo segmentos aislados de la meseta principal y forman mesas pequeñas que tienen forma de pirámide o



Morfología del Gran Cañón.

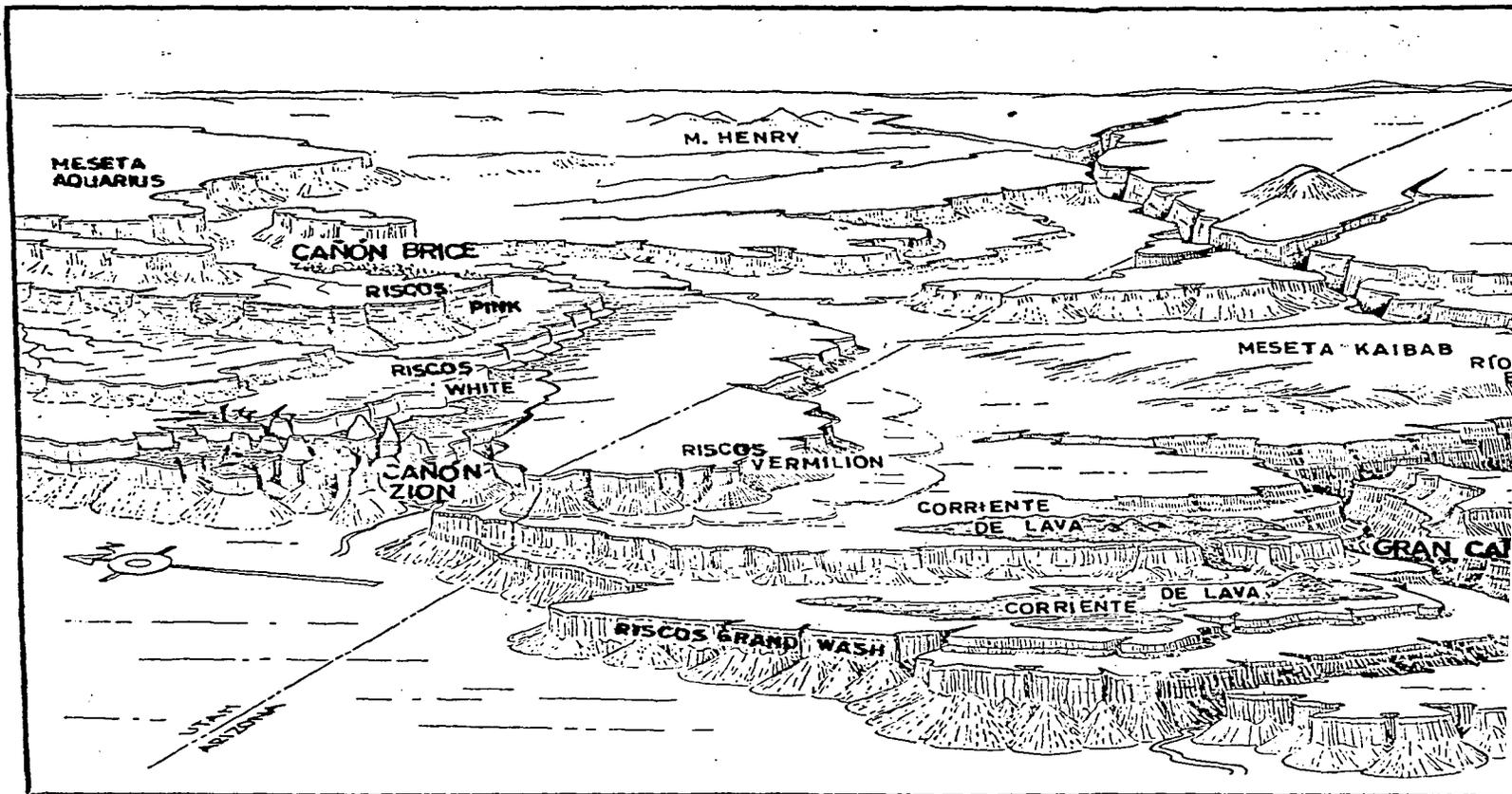
templo con su superficie plana, estas formas fueron posibles por las rocas resistentes de las formaciones Kaibab, Coconino y por la Pared de Calizas Rojas (219).

Los acantilados internos corresponden a la depresión angosta (220) en forma de I y de V por donde corren tanto el río Colorado como las corrientes tributarias. El acantilado granítico superior del río Colorado se extiende desde el Punto Grandview corriente abajo hasta cerca de la Meseta Powell a una distancia de 64 km; el acantilado medio, también granítico, está más abajo y al oeste de la Meseta Powell y es de 6 km y el acantilado granítico al oeste del Cañón, así mismo granítico, se extiende casi hasta los riscos Grand Wash y es de 80 km. El acantilado granítico tiene en conjunto una profundidad de 395 m (221). El río Colorado está produciendo una gran erosión en forma de estrías sobre los esquistos de su cauce, ya que tienen la homogeneidad y solidez necesaria para ello (222).

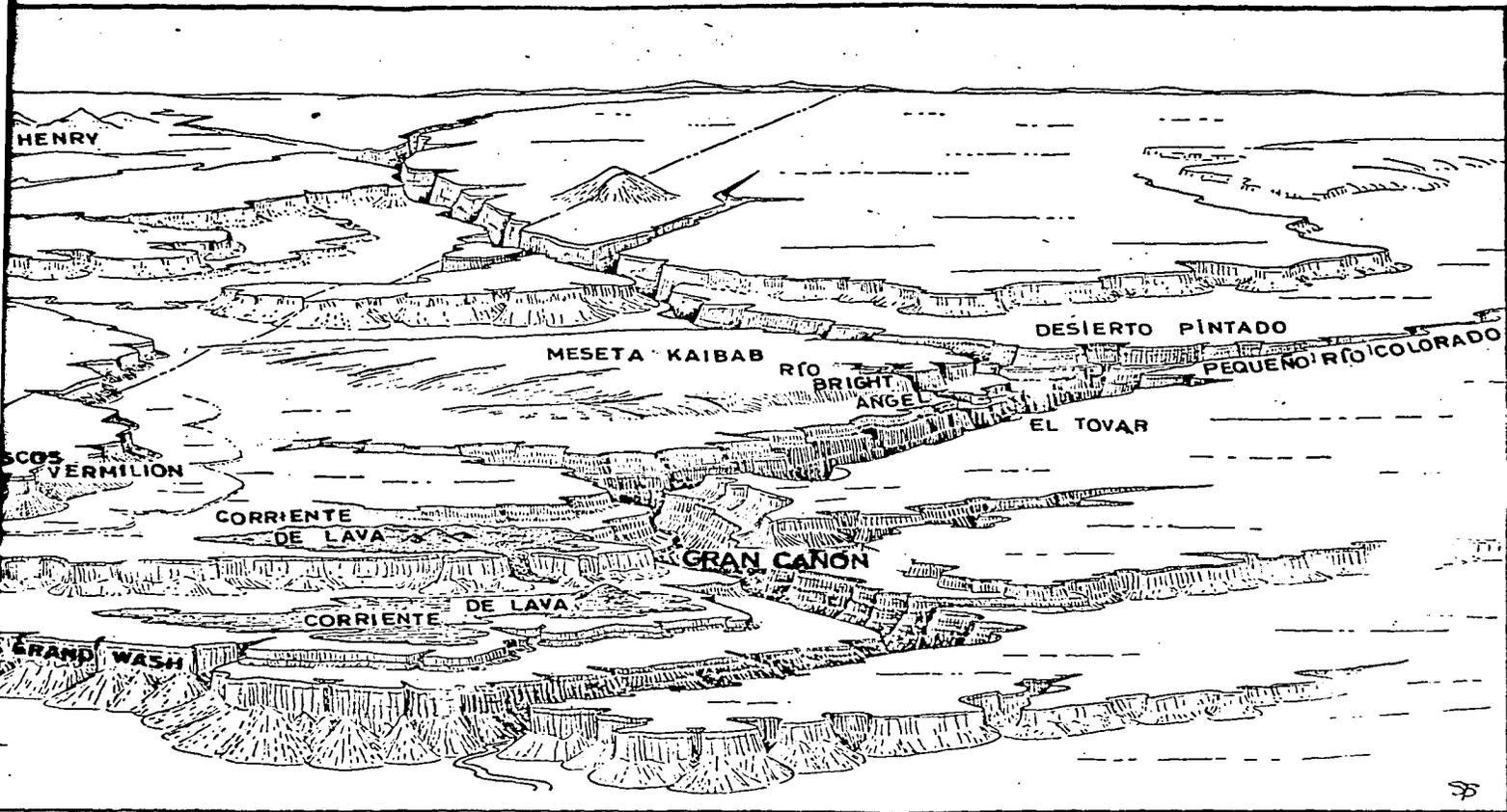
La Plataforma Tonto es una amplia terraza cavada en la cima de las areniscas Tapeats a 912 m abajo de las márgenes del Cañón, y es de más de un kilómetro y medio de ancho (223).

Las alcobas o cavernas se han desarrollado en la pared de calizas rojas, en las cabeceras de los tributarios menores y responden a la fuerza de la erosión (224).

Las cuevas son el resultado de la disolución de las calizas por las aguas subterráneas y se presentan en las formaciones Kaibab y en la pared de calizas rojas. Son muy pequeñas y muchas de ellas en la margen norte permiten el acceso de manantiales o fuentes brotantes, - especialmente en las estaciones húmedas; ejemplos de ellos son las - Cataratas Cheyava en el lado oeste de la Meseta Waihalla (225), los manantiales Roaring, los cuales surten de agua potable a las instala-



EL GRAN CAÑON Y LA REGION DE LA MESETA DEL COLORADO.  
Desarrollo estructural de las bocas de las terrazas a gran escala. C  
y las escarpas de falla en los Cañones Bryce y Zion y en las Montañas  
Basado en el dibujo de Lathrop Douglas de la Geología Histórica de S  
permiso de Editores John Wiley and Sons, Inc.



ION DE LA MESETA DEL COLORADO.

de las rocas de las terrazas a gran escala. O sirve la intemperización  
 a en los Cañones Bryce y Zion y en las Montañas Henry. Por Steve Barker  
 Lathrop Douglas de la Geología Histórica de Schuchert Y Dunbar con el  
 John Wiley and Sons, Inc.

ciones de la margen norte del Parque Nacional del Gran Cañón (226) y los manantiales Indian Gardens (226).

Los anfiteatros o cañones tributarios son debidos a la erosión remontante de las corrientes tributarias del río Colorado y están mejor desarrollados en la margen norte, porque la erosión se ha acelerado debido a la gran elevación de la meseta, propiciando una mayor precipitación y drenaje en la misma, hacia el río y son de más de 24 km de longitud, de 5 a 6 km de ancho y 1520 m de profundidad. Y es por esto que la margen norte está 3 ó 4 veces más erosionada hacia atrás que la margen sur (227).

Las calizas Kaibab constituyen a la Meseta Kaibab en la margen norte del Cañón y a la Meseta Coconino en la margen sur.

La Meseta Kaibab está aislada por el Gran Cañón en el sur y este y en el norte y oeste por planicies amplias arriba de las cuales se levanta a 1520 m. Su elevación es de 2280 a 2827 m sobre el nivel del mar, tiene una longitud de 80 km y 56 km de ancho. El nombre de la meseta proviene de la palabra india Paiute que significa "montaña acostada", cuyo término la describe apropiadamente, sobre todo cuando se ve a distancia (228).

El río Colorado al cortar al domo de la meseta original alrededor de 16 km al sur de la parte más alta, ocasionó que la margen norte quedara 304 a 608 m más alta que la margen sur (229).

La margen norte tiene una altitud de 2745 m arriba del nivel del mar en un punto a 24 km al norte sobre la Meseta Kaibab (230), (231), (232), (233), (234), y ha sido cortada en grandes valles por los afluentes del río Colorado, los cuales han formado anfiteatros o entrantes que se extienden atrás del río a más de 16 km, dando irregularidades en el terreno como mesas y buttes aislados, siendo el punto Sublime

y el Cabo Royal los riscos más elevados (235).

Sobre la Meseta Kaibab no solo ha habido erosión superficial sino también erosión subterránea, provocando todos los tipos de morfología que son consecuencia de la disolución del carbonato de calcio de las calizas por el agua subterránea.

La margen sur tiene una altitud de 1830 a 2135 m arriba del nivel del mar (236), (237), (238), (239), (240), no está cortada como la margen norte, conteniendo pocos buttes y mesas aisladas. Los anfiteatros sólo están a un kilómetro atrás de los riscos. Las corrientes tributarias de la margen sur son cortas y alimentadas con poca agua debido a la pendiente regional hacia el sur y la poca elevación relativa (241).

## ORIGEN Y EVOLUCION DEL GRAN CAÑON DEL COLORADO.

Los primeros estudios realizados sobre la formación del Gran Cañón del Colorado, fueron llevados a cabo por el geólogo doctor - John Strong Newberry en el año de 1858, quién explicó las formaciones rocosas, los fósiles, así como también la existencia de valles, riscos, mesetas y cañones del Gran Cañón, como el resultado de largos períodos de erosión, siendo los últimos originados por el mismo río Colorado, pero no dió detalles del labrado del Gran Cañón.

Las investigaciones siguientes fueron hechas por el mayor - John Wesley Powell en el año de 1872, diciéndo que todas las formas montañosas de la región del Gran Cañón, eran debidas a la erosión, por lo que todos los cañones y los cauces de los ríos permanentes e intermitentes fueron cavados por las corrientes de agua, por la intemperización y por los deslaves debidos a la lluvia, y en consecuencia los materiales erosionados fueron transportados hacia el mar.

A fines del siglo XIX, Clarence E. Dutton hizo estudios geológicos de la región del Gran Cañón, los cuales durante varios decenios fueron aceptados para explicar el origen del Gran Cañón, afirmando que el río Colorado era más viejo que las formas o estructuras terrestres donde corría en su descenso hacia el mar; según ese autor, el río, fluía sobre una planicie baja formando muchos meandros, más tarde un levantamiento terrestre lento elevó la parte suroeste del continente, ocasionando el rejuvenecimiento del río e iniciando su acción erosiva sobre la superficie donde corría y fue más rápida esta erosión al formarse un suave domo cuando la Meseta Kaibab fue levantada y al ocurrir esto la corriente del río Colorado debió haber sido bloqueada y forzada a buscar otro camino. Como se puede observar

según esta teoría sólo hubieron dos períodos de erosión, uno en que se formó la superficie de la meseta y otro en el que el río cortó a la meseta, formando al Gran Cañón (242), al que algunos investigadores dieron una edad de 7 a 9 millones de años (243), (244), (245).

Geólogos posteriores llegaron a otras conclusiones acerca de la formación de la región del Gran Cañón, en donde, según ellos, se produjeron básicamente tres levantamientos regionales:

a) El primero dió origen al domo de la Meseta Kaibab, a fines del período cretácico de la era mesozoica, hace 65 a 28 millones de años (246), (247), como parte de la Revolución Laramidiana cuando fueron formadas las Montañas Rocallosas. En el presente las formaciones del domo de la Meseta Kaibab se observan inclinadas hacia el norte y este (248).

b) El segundo levantamiento regional en la zona correspondió probablemente al oligoceno, en el terciario inferior. Este levantamiento produjo dislocamientos y fallas de norte a sur en la meseta, al norte del actual Cañón (249).

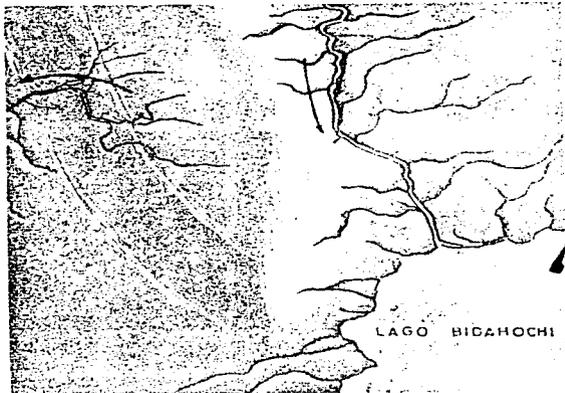
c) El tercer levantamiento regional (250), (251), (252), (253), ocurrió en el este de Arizona durante el cenozoico medio en el período plioceno, hace 12 millones de años (254). Este levantamiento fue el que realmente dió origen al Gran Cañón del Colorado, al rejuvenecer al río Colorado y al ser capturado éste, por una corriente de menor caudal (255), (256), (257), (258), ya que la Meseta Kaibab separaba hace 35 millones de años a dos sistemas de drenaje; el sistema Hualapai y al sistema del antiguo río Colorado; el primero corría hacia el suroeste desembocando en el Golfo de California, mientras que el segundo fluía hacia el sureste desde Utah al sur de Arizona, quizá en un principio el río desembocó en el Golfo de México (259), (260), (261);

sin embargo, el levantamiento regional en el este de Arizona, del cual se hizo mención anteriormente, bloqueó la salida de las aguas del río formándose un lago interior de cientos de kilómetros cuadrados y cuyos depósitos son conocidos hoy en el noreste de Arizona como la Formación Bidahochi (262), (263). Mientras tanto en el oeste, el drenaje Hualapai recibió las aguas de una vasta área, de tal forma que su cabecera gradualmente fue extendiéndose hacia el este por erosión remontante sobre las rocas sedimentarias de la Meseta Kaibab, hasta cruzar el margen sur de la misma, capturando el drenaje del antiguo río Colorado, y es a partir de esa época que el río Colorado corre desde las Montañas Rocallosas hacia el Golfo de California y desde entonces cuando el río inició el labrado del Gran Cañón, lo cual tuvo lugar entre los periodos plioceno, pleistoceno y holoceno hace 12 a 2.6 millones de años (264) por lo menos. Esta edad ha sido determinada por métodos radiométricos ( potasio-argón ) de corrientes de lava que cubren las gravas del río al oeste del Gran Cañón y por estudios recientes de los depósitos del delta del río Colorado en el Valle Imperial de California, así como de las formaciones de " Pizarras Blancas y la Muddy Creek"; la primera localizada en el noreste de Arizona y suroeste de Colorado, corriente arriba del Gran Cañón y la segunda situada corriente abajo del Gran Cañón, indican que provienen de la Meseta del Colorado, de manera que el río Colorado desde esa fecha ( 12 millones de años ) ha seguido su curso general hasta el presente, pudiendo cavar al Gran Cañón del Colorado (265). Ver diagramas en la siguiente página.

El Gran Cañón del Colorado fue cortado por el río Colorado en una distancia vertical de un kilómetro y medio a través de la pendiente sur de la Meseta Kaibab (266), (267), (268), siendo la margen - norte 364 m más elevada que la margen sur. Este desnivel se debe a



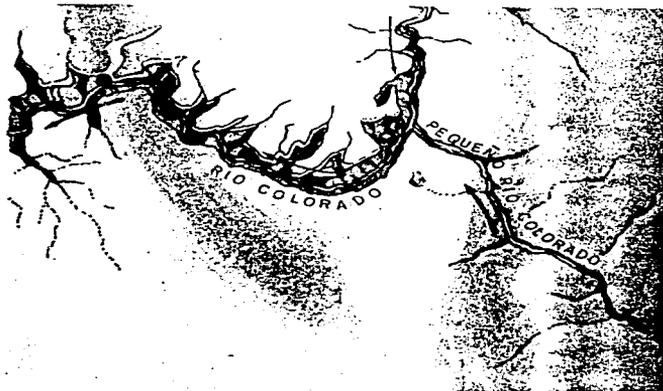
1. Ejemplo del drenaje del norte de Arizona hace 35 millones de años. La Meseta Kaibab separa el antiguo sistema de drenaje del Colorado superior que fluye hacia el este, del sistema de drenaje Hualapai que fluye hacia el oeste.



2. El antiguo drenaje superior del Colorado es bloqueado por un levantamiento de tierra en el este. El Lago Bidachochi es formado por el estancamiento de las aguas del Colorado. El sistema de drenaje Hualapai aumenta en extensión y complejidad.



3. El sistema de drenaje Hualapai se extendió hacia el este por erosión remontante y capturó el drenaje superior del Colorado. Esto ocurrió probablemente hace 10 millones de años. Los sedimentos depositados en el Lago Bidamochi indican su extensión anterior.



4. El río Colorado ahora fluyendo hacia el oeste se encajona profundamente dentro de la Meseta Kaibab. Las corrientes tributarias cavan cañones laterales. El Gran Cañón se hace más ancho acercándose a su forma actual. Diagramas tomados de Grand Canyon de Merrill D. Beal, publicado por Mc Publication, pp. 12, 13 Los Vegas Nevada 1971.

que el río cortó alrededor de 16 km al sur de la parte más elevada del domo de la Meseta Kaibab.

En el cavado del Gran Cañón no sólo ha intervenido el río Colorado al cortarlo verticalmente sobre la Meseta Kaibab, sino también la gran intemperización y erosión, actuando sobre sus laderas, ha ampliado al cañón y, por tanto, al valle del río, aunque desde luego la acción más importante la ha tenido el río Colorado (269), (270), (271), (272).

Las rocas que forman las laderas del Gran Cañón han sido y siguen siendo continuamente quebradas y removidas por los cambios de temperatura, por los deslaves producidos por las tormentas de verano y por la nieve al derretirse, por la acción de las plantas y animales, por la acción química y por la erosión edáfica, todos ellos intervienen día con día en la ampliación del Gran Cañón (273), (274), (275).

En síntesis, la formación del Gran Cañón fue condicionada por los dos últimos levantamientos. El levantamiento del oligoceno produjo fracturas y fallas que contribuyeron en la erosión diferencial, ocasionando escarpas en las líneas de falla y derrumbes por deslizamientos en las escarpas de falla y el levantamiento ocurrido en la zona durante el plioceno y pleistoceno permitió la gran actividad erosiva del río Colorado sobre los sedimentos de la meseta, siendo éste el agente primordial en el desarrollo del Gran Cañón y por último se debe a la erosión edáfica acentuada por el clima semiárido que ha imperado en la región.

#### EVOLUCION DEL GRAN CAÑON.

El último levantamiento ocurrido en la región, como antes se

amotó, dió origen a la formación del Gran Cañón, permitiendo inicialmente que el río cortara profundamente a los estratos de la meseta y a que los ríos tributarios formaran nuevos valles casi perpendiculares al Gran Cañón a través de las fallas que existían en la meseta, las cuales facilitaron la erosión diferencial, propiciando el aislamiento de mesetas, como la Meseta Powell, por la erosión de dos ríos tributarios en la zona de falla Muav y el caso de la Meseta Walhalla la que aparece como una península unida por un istmo angosto con la Meseta Kaibab precisamente en la cabecera del río Bright Angel.

El Gran Cañón se está ampliando más hacia el norte que hacia el sur por la altitud de la margen norte y por la erosión remontante de los cañones debida a los ríos tributarios (276).

Las fracturas y fallas también han ayudado al desarrollo de bloques (temples) y buttes en la margen norte del Gran Cañón, pues forman una red cruzada de zonas débiles sobre las que la erosión ha actuado, y todo esto aunado con la poca resistencia de las rocas, como por ejemplo los riscos escarpados casi verticales en las paredes del Cañón, se formaron por el cavado de las pizarras suaves, quedando sólo areniscas y calizas resistentes, y el retroceso de estos riscos, ha permitido y seguirá permitiendo la ampliación del Gran Cañón.

El acantilado interior del Gran Cañón está labrado en contraste con las laderas superiores del Gran Cañón, sobre rocas metamórficas e ígneas relativamente homogéneas y con mayor resistencia a la erosión, presentando un valle en forma de V.

Si la región del Gran Cañón permanece todavía arriba del nivel del mar, el río seguirá profundizando al Cañón en un kilómetro

y medio más, mientras que la erosión continuará ampliándolo hasta que los riscos de las laderas del Cañón en muchos millones de años desaparezcan y no exista más el Gran Cañón, y entonces el río Colorado correrá con menor velocidad en una planicie, formando meandros hasta llegar al mar (277).



Vista del Gran Cañón y del río Colorado.

## HIDROLOGIA.

El río Colorado es uno de los mayores sistemas de ríos en Norteamérica (278), ocupando el 50. lugar (279). Tiene un recorrido aproximado de 3218 km (280).

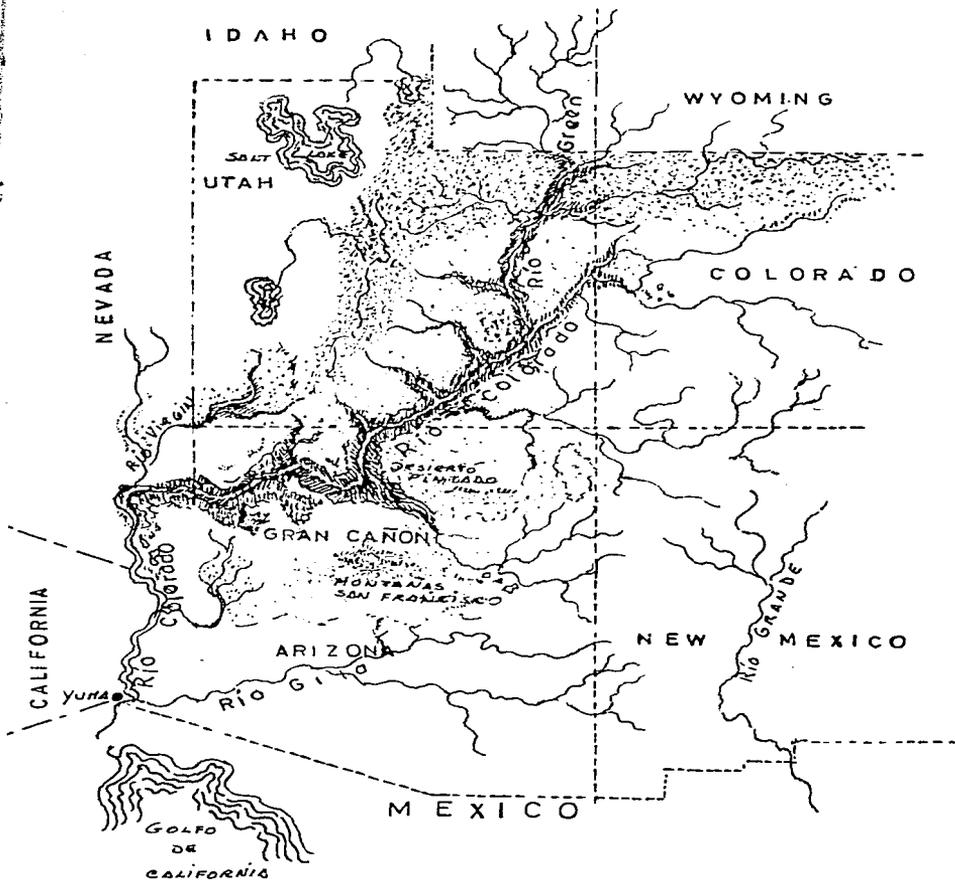
El Colorado nace en las Rocallosas del estado de Colorado en el Parque Nacional de las Montañas Rocallosas y desemboca en el Golfo de California, cerca de Yuma, Arizona, donde ha construido un gran delta (281), (282), (283). La distancia desde su fuente a través de la región de mesetas altas hasta el Golfo de California es de 2333 km (284).

Su mayor afluente es el río Green, el cual se forma en las montañas Wind River del estado de Wyoming, con una longitud de 1158 km a través de cañones y parques hasta unirse con el Colorado en el Parque Nacional de Canyonlands a 1770 km antes de desembocar al Golfo (285), (286), (287).

Además del río Green, el río Colorado tiene como tributarios al río San Juan en Utah y el río Gila en Arizona. En el área del Gran Cañón tiene como afluentes principales a los ríos Pequeño Río Colorado y al Bright Angel. El Pequeño Río Colorado se le une al río Colorado al este del Gran Cañón, mientras que el río Bright Angel se encuentra en la falla Bright Angel dentro del Gran Cañón.

Toda la meseta del Colorado es drenada por este sistema (288), abarcando una área de cerca de 621,331 km<sup>2</sup> (289).

En contraste con la mayoría de los ríos, el Colorado tiene una inclinación excepcionalmente escarpada. En el área del Gran Cañón el río desciende de una elevación de 942 m en las escarpas Echo a 265 m en el Lago Mead, habiendo una diferencia de nivel de 677 m aproxima-



MAPA DEL RIO COLORADO. Tomado de Ancient Landscapes of the Grand Canyon Region de Edwin D. Mc Kee, impreso por Northland Press, p.35, Flagstaff, Arizona, 1972.

damente entre los dos puntos. La inclinación promedio es alrededor de 3 m por kilómetro, más de 25 veces que el río Misisipi (290). El río Colorado tiene un descenso desde su nacimiento en las montañas hasta el mar de 3050 m (291).

El río en la región del Gran Cañón presenta alrededor de 161 (292) a 200 (293) rápidos, siendo los más vigorosos del mundo. Los rápidos resultan aquí de cantos rodados muy grandes depositados por las corrientes tributarias durante las inundaciones. El tamaño de ellos varía año con año dependiendo de la cantidad de detritos que se acumulen en la desembocadura del río tributario; así por ejemplo en diciembre de 1966 hubo una tormenta anormal e intensa en la margen norte del Gran Cañón, la cual causó una repentina inundación en la desembocadura de los ríos Bright Angel y Crystal modificando e intensificando grandemente a los rápidos (294).

El río Colorado ha labrado 19 cañones (295) grandes, siendo el Gran Cañón el de mayor longitud, el de mayor belleza y el más importante de todos ellos porque en él se encuentra escrita la historia geológica de la Tierra.

Los españoles le dieron al río el nombre de río Colorado porque el río fue verdaderamente de color rojo o café, debido a las arenas y limos que transportaba éste. Los norteamericanos adoptaron esta denominación del río, ya que lo describía apropiadamente (296).

Las aguas agitadas del río Colorado se mueven a velocidades aproximadas de 4 a 22 km por hora, medidas tomadas cerca del río Bright Angel. Su profundidad varía de 3 a 15 m, siendo la máxima de 20 m. Su anchura es de 91 m aproximadamente (297), (298), (299), (300).

La estación de aforo de la United States Geological Survey situada en el fondo del Gran Cañón ha obtenido registros exactos los cuales muestran que el volumen de la corriente del río ha variado de un

escurrimiento el 28 de diciembre de 1924 de  $20 \text{ m}^3$  por segundo (301), (302), a una medida de inundación de  $3603 \text{ m}^3$  por segundo en julio de 1927. Las marcas de una creciente de agua dejadas por una inundación en julio 8 de 1884 corriente arriba del Gran Cañón, fueron usadas para computar un máximo de escurrimiento de  $8511 \text{ m}^3$  por segundo.

Como se sabe los ríos hacen su mayor trabajo de transporte durante las etapas de inundación, así mismo el río Colorado cargó sólidos suspendidos y material disuelto ( azolves ) variando de algunos cientos de toneladas en días de agua baja o corriente normal a un máximo de 27,600 000 toneladas por día durante una inundación el 13 de septiembre de 1927 (303), (304). El promedio de carga por día en un período de varios años fue de 500, 000 toneladas (305), (306), (307).

Tales cifras pueden parecer insignificantes si no se examinan. Por ejemplo para transportar el promedio de carga de 500,000 toneladas en camiones de volteo de 5 toneladas de capacidad, se necesitarían 100,000 de ellos , los cuales circularían a menos de un segundo de separación entre sí durante 24 horas, para hacer la misma cantidad de trabajo que el río realizó en forma natural cada día (308).

Estos datos nos dan una idea de la gran importancia que ha tenido el río Colorado en el labrado del Gran Cañón.

El río Colorado además de transportar materiales disueltos y suspendidos, mueve grandes cantidades de guijarros y cantos rodados, los que no pueden ser determinados exactamente, pero quizá, iguallen a la cantidad de sólidos suspendidos (309), (310). Todos ellos al ser movidos por la corriente van excavando o cortando continuamente, al lecho del río y a las paredes del cañón, contribuyendo de este modo a la acción erosiva del río (311).

Tales fueron las herramientas cortantes que reforzaron al río Colorado y facilitaron la erosión de capas y capas de rocas creando el

paisaje fantástico del Gran Cañón.

La tasa de denudación de toda el área drenada por el río Colorado es de 16 cm o más cada 1000 años, aunque las tasas de erosión varían de un lugar a otro (312), (313).

El Colorado y sus tributarios recogen todos los productos de erosión de todas las partes de la meseta y los transportan a nuevos lugares o bien hasta su desembocadura, en el Golfo de California, donde han formado un amplio delta llamado Valle Imperial, a través de un largo período de tiempo (314).

El impetuoso y turbulento río Colorado corrió indomable durante muchos siglos, pero ha partir de 1963 en que fueron cerradas las compuertas de la presa Glen, corriente arriba del Gran Cañón, el río Colorado ha perdido temporalmente su fuerza para mover grandes cantidades de arena y cantos rodados. De tal modo se ha logrado un control avanzado de las corrientes del Colorado a través del Gran Cañón (315), (316), (317), (318).

La presa Glen contiene una gran masa de agua la que recibe el nombre de Lago Powell, llamado así en honor al mayor John Wesley Powell. Este lago actualmente absorbe cerca de 3/4 partes de los sedimentos acarreados por el río, lo cual ha tenido un efecto considerable de aclaramiento de las aguas del río Colorado al fluir a través del Gran Cañón. Así mismo regula a la corriente del río, como antes se menciona, evitando los grandes desniveles anteriores producto de las inundaciones.

Al oeste del Gran Cañón se encuentra otro gran lago llamado Lago Mead, el cual fue creado al construirse la presa Hoover sobre el río Colorado a mediados de 1930. Esta presa ejerce control de las aguas del río Colorado corriente abajo, al occidente del Gran Cañón (319).

Las aguas del río Colorado algunas veces presentan un color verde, aunque generalmente su coloración es rojiza, especialmente cuando se inundan los ríos Paria o Pequeño Río Colorado, o bien durante las competencias deportivas que se celebran allí.

La carga de sedimentos medidos ahora promedian cerca de 80 000 toneladas durante 24 horas, aproximadamente 1/6 parte de lo que el río turbulento transportó.

Por lo que se deduce que el río Colorado ha perdido temporalmente fuerza para erosionar al Gran Cañón (320).



Vista del río Colorado

## CLIMA.

La región del Gran Cañón tuvo condiciones climáticas muy distintas a las de ahora, indicado esto por las formaciones rocosas que allí se encuentran, las que fueron creadas en un clima árido o semiárido durante las eras azoica, proterozoica, paleozoica y mesozoica, mientras que las de la era cenozoica ( que no se localizan dentro del Gran Cañón ) se formaron en un clima más húmedo, pues tuvieron influencia de las glaciaciones. Estas produjeron lluvias abundantes dando origen a lagos y al aumento del caudal tanto del río Colorado como el de sus afluentes, acelerándose de este modo el corte del Gran Cañón (321).

Actualmente el Gran Cañón presenta una serie de microclimas que cambian sutilmente desde la superficie superior de las paredes más altas ( márgenes norte y sur ) hasta el fondo del Cañón, existiendo desde el clima frío (322), (323), (324), hasta los climas seco desértico y seco estepario (325), (326), (327), (328), (329).

Así mismo existe diferencia de microclimas entre la margen norte y la margen sur, debido a que la primera tiene una mayor elevación que la segunda, siendo de 2745 m sobre el nivel del mar en la margen norte, mientras que la margen sur tiene de 1830 a 2135 m sobre el nivel del mar (330), (331), (332), (333), (334), (335); sin embargo el tipo fundamental de clima en ambas márgenes es el mismo.

El clima de la margen norte es Df (según la clasificación de climas de Koeppen ), es decir, frío lluvioso, con temperaturas medias máximas extremas en enero de  $1.6^{\circ}$  C y en julio de  $25^{\circ}$  C, con temperaturas medias mínimas extremas en febrero de  $-12.7^{\circ}$  C y en julio de  $8.3^{\circ}$  C y con una precipitación anual de 724.2 mm, ocurriendo la mayor precipitación pluvial en el mes de agosto con 90.6 mm y la precipitación nival máxima en diciembre con 98.5 mm (336).

La nieve alcanza durante el invierno una altura aproximada de 3 a 5 m (337), (338), (339), (340), (341).

El clima de la margen sur es Df, es decir, frío con lluvia escasa todo el año, con temperaturas medias máximas extremas de 5° C en enero y 29.4° C en julio, con temperaturas medias mínimas extremas de -6.6° C en enero y de 12.2° C en julio y con una precipitación anual de 349.3 mm, siendo la mayor precipitación pluvial en el mes de agosto con 59.6 mm y la precipitación nivosa máxima en febrero de 37.3 mm (342), alcanzando la nieve una altura de 1.5 m (343).

El clima del acantilado interior es BW y BS, es decir, seco desértico y seco estepario, con temperaturas medias máximas extremas de 10° C en diciembre y 41.1° C en julio, con temperaturas medias mínimas extremas de -1.6° C en diciembre y de 26.1° C en julio, y con una precipitación anual de 171.6 mm, siendo la mayor precipitación pluvial en el mes de agosto de 30.9 mm y la precipitación nivosa máxima en febrero de 17.5 mm (344).

	temperaturas medias máximas extremas	temperaturas medias mínimas extremas	precipitación pluvial	precipitación nivosa
Margen	25.0° C julio	8.3° C julio	90.6 mm agosto	98.5 mm diciembre
Norte	1.6° C enero	-12.7° C enero		
Margen	29.4° C julio	12.2° C julio	59.6 mm agosto	37.3 mm febrero
Sur	5.0° C enero	-6.6° C enero		
Acantilado	41.1° C julio	26.1° C julio	30.9 mm agosto	17.5 mm febrero
Interior	10.0° C diciembre	-1.6° C diciembre		

Haciendo un análisis de los datos de temperatura y precipitación existe una diferencia notable de climas entre la margen norte, la margen sur y el acantilado interior del Gran Cañón.

La margen norte tiene temperaturas más bajas que la margen sur. Así mismo la precipitación es mayor en la primera que en la segunda.

Estas diferencias por supuesto, como se explicó en páginas anteriores en Origen y Evolución del Gran Cañón, han intervenido en la ampliación y en el cavado del Gran Cañón, aunque el mayor trabajo lo ha realizado el río Colorado.

En la hoja siguiente aparece el cuadro de temperaturas medias máximas y mínimas, así como también de la precipitación del Gran Cañón, obtenidas en un promedio de 10 años. El cuadro fue tomado del libro de Grand Canyon National Park de Robert Scharff, editado por David McKay Company, Inc., p.14, New York, 1967.



Presencia del invierno en las márgenes del Gran Cañón.

TEMPERATURA DEL GRAN CAÑON DEL COLORADO  
(PROMEDIO DE 10 AÑOS)  
(EN GRADOS CENTIGRADOS)

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<u>ORILLA SUR</u>											
MEDIA MAXIMA											
5	7.2	10.5	16.1	21.6	27.2	29.4	27.2	25.0	18.8	10.5	7.2
MEDIA MINIMA											
-6.6	-5.5	-3.6	0	3.8	8.3	12.2	11.6	8.3	3.3	-2.7	-6.1
<u>ORILLA NORTE</u>											
MEDIA MAXIMA											
1.6	3.8	7.7	11.1	16.6	23.3	25.0	23.3	20.5	15	7.7	4.4
MEDIA MINIMA											
-11.1	-12.7	-7.2	-3.8	1.1	5	8.3	7.7	3.8	-0.5	-3.8	-10.0
<u>ACANTILADO INTERIOR</u>											
MEDIA MAXIMA											
13.3	16.6	21.1	31.6	31.6	38.3	41.1	38.3	35.5	30	15	10
MEDIA MINIMA											
2.2	4.4	7.7	13.3	15.5	21.6	26.1	23.3	21.1	15	5	-1.6

PRECIPITACION NORMAL MENSUAL DEL GRAN CAÑON DEL COLORADO  
(PROMEDIO DE 10 AÑOS)  
(EN MM.)

											PRECIP. ANUAL	
<u>ORILLA SUR</u>												
33.2	37.3	31.2	18.2	15.2	17.7	26.6	59.6	33.0	29.4	18.7	29.2	349.3
<u>ORILLA NORTE</u>												
96.2	89.1	97.0	49.2	33.2	25.9	39.3	90.6	31.2	39.3	34.7	98.5	724.2
<u>ACANTILADO INTERIOR</u>												
13.9	17.5	16.7	9.6	5.5	9.6	19.8	30.9	10.9	12.4	13.2	11.6	171.6

## FLORA Y FAUNA.

Las mismas diferencias de climas entre las margenes norte y sur, así como del interior del Cañón, han traído como consecuencia, una gran variedad de formas de vida tanto vegetal como animal (345).

El Gran Cañón ha sido como una barrera geográfica y ecológica para la distribución animal, ya que los cambios topográficos y del medio ambiente a través del tiempo han ocasionado el aislamiento de la población animal, lo cual también ha dado una diversificación genética (346).

En la pared vertical del Cañón más o menos de 1220 m a 1525 m de altura desde la orilla del Cañón hasta el río, hay varias zonas de vegetación (347), (348), (349).

Desde el fondo del Gran Cañón hasta una altura de 1220 m las condiciones climatológicas son similares a las que se presentan al nivel del mar en el norte de México, encontrándose asociaciones de plantas y animales características del desierto por lo que esta zona recibe el nombre de Sonorense Inferior.

A una altitud de 1220 m a 2135 m dentro del Gran Cañón prevalecen características similares a las del centro de Estados Unidos y corresponde a la zona de vida Sonorense Superior.

Entre los 2135 m y 2440 m de elevación sobre el nivel del mar se encuentra la zona llamada de Transición con caracteres semejantes a las del norte de Estados Unidos.

Desde los 2440 m hasta los 2745 m el medio ambiente es semejante al del sur de Canadá aplicándose el nombre de zona de vida Canadiense.

En la margen norte a los 2745 m de altitud las condiciones son tales como las que se localizan en la parte norte de Alaska y Canadá por lo que recibe el nombre de zona de vida del Hudson o Hudsoniana.

Al recorrer el Gran Cañón desde el fondo hasta las márgenes el paisaje que se aprecia es similar en gran parte al que hay desde el norte de México hasta el norte de Canadá, observándose cambios de clima, vegetación y animales silvestres.

Las zonas de vida no son estrictas y precisas sino que se entremezclan sobre todo al pasar de una zona a otra (350).

A continuación se agrega el cuadro de zonas de vida obtenido del libro de Grand Canyon National Park de Robert Scharff, editado por David Mc Kay Company, Inc., pp. 100-101, New York 1967.

ZONAS	PLANTAS	ANIMALES
Hudsoniana o Canadiense	abeto Engelmann, abeto Douglas abeto Alpino, abeto blanco, a- beto azul, enebro enano, álamo, sauce, abedul rojo, cerezo, ar- ce enano.	venado de las Montañas Rocallosas, guajolote, lince, gato montés, ar- dilla listada, puma, coyote, conejo cola de algodón, liebre, zorrillo, ardilla terrestre, faisán.
Transición	pino ponderosa, abeto Douglas, abeto blanco, enebro de las Mon- tañas Rocallosas, álamo, sauce, roble enano de California, roble Gambel, caoba de montaña, acacia del suroeste, arce enano, arce de las Montañas Rocallosas, cas- cara sagrada, fresno, artemisia ( salvia ).	venado de las Montañas Rocallosas, guajolote, ardilla Abert, ardilla Kaibab, oso negro (emi- gra a la margen sur en- tre el área Flagstaff- Williams ), antilope, lince, gato montés, ar- dilla listada, puma, co- yote, mapache, zorra gris, puerco espín, co- nejo cola de algodón, zorrillo, ardilla terres- tre, faisán, golondrinas vibora de Arizona.
Sonorense Superior	pino piñonero, piñonero de hoja sencilla, enebro de Utah, álamo, sauce, roble enano de Cali- fornia, roble de las Montañas Rocallosas, roble Gambel, aca- cia del suroeste, algarrobo de	venado de las Montañas Rocallosas, carnero del desierto, guajolote, ar- dilla Abert, oso negro, antilope, tejón, lince, ardilla listada, puma,

## ZONAS

## PLANTAS

## ANIMALES

Arizona, lúpulo, arce, fresno de hoja sencilla, higuera, tamariz, cactus.

Sonorense

Superior

coyote, zorra gris, puerco espín, conejo cola de algodón, liebre, mapache, zorrillo, ardilla terrestre, sapo, lagartija de collar, lagartija escamosa del desierto, lagartija de cuernos cortos, víbora de Arizona, burro salvaje.

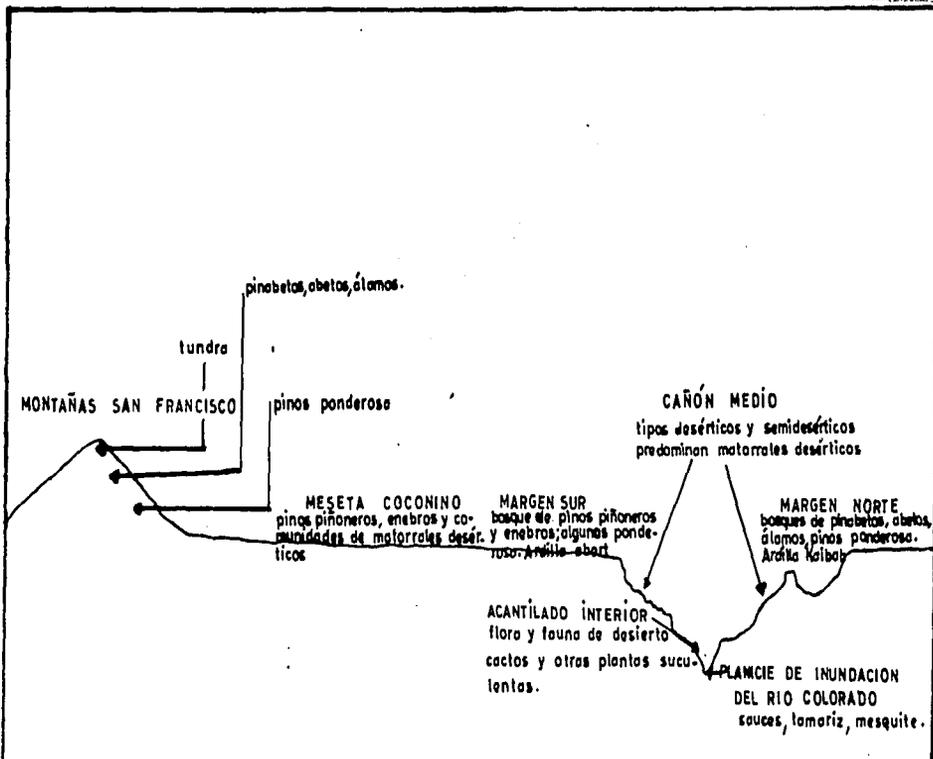
álamo, sauce de hoja angosta, sauce Dudley, sauce Yewleaf, roble enano de California, mesquite, tamariz, cactus, manzano, chabacano, durazno, nectarino, granado, ciruelo.

Sonorense

Inferior

venado de las Montañas Rocallosas, carnero del desierto, guajolote, tejón, castor, lince, puma, coyote, zorra gris, puerco espín, conejo cola de algodón, liebre mapache, zorrillo, ardilla terrestre, sapo, lagartija escamosa del desierto y víbora de cascabel, burro salvaje.

♦ Especies biológicas introducidas en el Parque Nacional del Gran Cañón. No son nativas de la región.



Generalización de zonas de formas de vida en el Gran Cañón y en las montañas y mesetas adyacentes.

Diagrama tomado de Grand Canyon Perspectives de W. Kenneth Hamblin y Joseph R. Murphy, impreso por Brigham Young University, p.13 Provo, Utah, 1969.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) McKee, Edwin. Ancient Landscapes of the Grand Canyon Region. Impreso por Northland Press, Flagstaff, Arizona, 1972, p. ix.
- 2) Beal, Merrill D. Grand Canyon- The Story Behind the Scenery- publicado por KC Publications, Las Vegas, Nevada, 1974, p.5
- 3) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Grand Canyon Perspectives- A Guide to the Canyon Scenery by Means of Interpretive Panoramas- Impreso por Brigham Young University, Provo, Utah, 1969, p.4
- 4) Field, Richard M. An Outline of the Principles of Geology. Barnes & Noble, Inc., United States of America, 1947, p. 154
- 5) Fraser Hart, John ed., Annals of the Association of American Geographers, Vol. 62, No. 2, The Association of American Geographers, Lawrence, Kansas, U.S.A., 1972, p. 213
- 6) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 4
- 7) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6
- 8) Scharff, Robert ed., Grand Canyon National Park. David McKay Company, Inc, New York, 1967, p. 9
- 9) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 3
- 10) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 43
- 11) Beal, Merrill D., Ob. cit. p. 4
- 12) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 3
- 13) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 42-44
- 14) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 146
- 15) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 10
- 16) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 3
- 17) Fraser Hart, John, Ob. cit. pp. 218-219
- 18) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 10
- 19) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 3-5
- 20) Fletcher, Colin, The Man Who Walked Through Time. Vintage Books Edition, New York, 1972, p. 95
- 21) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 10
- 22) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 5

- 23) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 10
- 24) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 5
- 25) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 5
- 26) Fraser Hart, John, Ob. cit. p. 220
- 27) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 5
- 28) Fraser Hart, John, Ob. cit. p. 220
- 29) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 5
- 30) Fraser Hart, John, Ob. cit. p. 220
- 31) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 10
- 32) Fletcher, Colin, Ob. cit. p. 93
- 33) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 5-6
- 34) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 10-11
- 35) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 6-7
- 36) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 10-11
- 37) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 11
- 38) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R., Ob. cit. p. 1
- 39) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 11
- 40) Field, Richard M. Ob. cit. p. 155
- 41) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. ix, xi
- 42) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R., Ob. cit. p. 1
- 43) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 3-5
- 44) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 1-2
- 45) Fletcher, Colin, Ob. cit. pp. 3-4
- 46) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 21-22
- 47) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 48) Field, Richard, Ob. cit. p. 156
- 49) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 20
- 50) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 15
- 51) Field, Richard, Ob. cit. p. 155

- 52) Mead, W. R. & Brown, E. H. The United States and Canada, a regional Geography. Hutchinson educational. New York, 1962, p. 50
- 53) Von Engeln, O. D. Geomorphology, Systematic and Regional. The Macmillan Company, New York, 1942, p. 169
- 54) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 15
- 55) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 2-4
- 56) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph, R. Ob. cit. p. 8
- 57) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 28-29
- 58) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 8
- 59) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 29
- 60) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 29
- 61) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 15
- 62) Field, Richard, Ob. cit. p. 155
- 63) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 15
- 64) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 4
- 65) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 16
- 66) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 8
- 67) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 7
- 68) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 16
- 69) Field, Richard, Ob. cit. p. 155
- 70) Mead, W. R. & Brown, E. H. Ob. cit. p. 50
- 71) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17
- 72) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 7
- 73) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 26
- 74) Hamblin W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 8
- 75) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 6-7
- 76) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 6
- 77) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 27
- 78) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17
- 79) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17

- 80) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17
- 81) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 8
- 82) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 6
- 83) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17
- 84) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 9
- 85) Field, Richard M. Ob. cit. p. 155
- 86) Field, Richard M. Ob. cit. p. 155
- 87) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 26
- 88) Field, Richard M. Ob. cit. p. 155
- 89) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 90) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 9-10
- 91) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 92) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 26
- 93) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 26
- 94) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 7
- 95) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 96) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 97) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 98) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 99) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 100) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 11
- 101) Scharff, Robert. Ob. cit. p. 25
- 102) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 7
- 103) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 12
- 104) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 105) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 106) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 13
- 107) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 7
- 108) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 23-25

- 109) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 7
- 110) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 13-14
- 111) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 112) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 113) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 25
- 114) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 23
- 115) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 14
- 116) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 22
- 117) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 6
- 118) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 22-23
- 119) Field, Richard M. Ob. cit. p. 157
- 120) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 23
- 121) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 23
- 122) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 15
- 123) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 16
- 124) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 125) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 16
- 126) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 15-16
- 127) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 128) Sutton, Ann, The Wilderness World of the Grand Canyon.. Philadelphia, Lippincott, 1971 p. 123.
- 129) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 22
- 130) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 131) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 132) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 22
- 133) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph, R. Ob. cit. p. 6
- 134) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 135) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 18
- 136) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 22

- 137) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 123
- 138) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 22
- 139) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 22
- 140) Field, Richard M. Ob. cit. p. 158
- 141) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 18-19
- 142) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 23
- 143) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 6
- 144) Field, Richard M. Ob. cit. p. 158
- 145) Mead, W. R. & Brown, E. H. Ob. cit. p. 50
- 146) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 21-22
- 147) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 23-24
- 148) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 23-24
- 149) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 22-28
- 150) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 20
- 151) Field, Richard, M. Ob. cit. pp. 158, 159, 160
- 152) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 24-25
- 153) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 24
- 154) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 29
- 155) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 24
- 156) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 24-25
- 157) Field, Richard M. Ob. cit. p. 158
- 158) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 29
- 159) Field, Richard M. Ob. cit. p. 158
- 160) Scharff, Robert. Ob. cit. pp. 29-30
- 161) Scharff, Robert. Ob. cit. p. 30
- 162) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 25
- 163) Newman, William L. geologist, U.S. Geological Survey. "Geologic Time- The Age of the Earth:" The World Almanac and book of facts. 1972, p. 432

- 164) Newman, William L. Ob. cit. p. 432
- 165) Newman, William L. Ob. cit. p. 432
- 166) Dunbar, Carl O. Historical Geology. John Wiley, London, 1949. pp. 419-421
- 167) Newman, William L. Ob. cit. p. 432
- 168) Field, Richard M. Ob. cit. pp. 158-159
- 169) Lehee, Edwin, Ob. cit. p. 6
- 170) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 17
- 171) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159
- 172) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 124
- 173) Holmes, Arthur. Geología Física. Segunda Edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, 1952, pp. 418-419
- 174) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16
- 175) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 11
- 176) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159
- 177) Dunbar, Carl O. Ob. cit. pp. 419-421
- 178) Holmes, Arthur, Ob. cit. pp. 418-419
- 179) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159
- 180) Mead, W. R. & Brown, E. H. Ob. cit. p. 50
- 181) Mead, W. R. & Brown, E. H. Ob. cit. p. 50
- 182) Lotze, Franz Dr. Geología. UTEHA, México, 1961, p. 163
- 183) Read, H. H. Geología. Introducción a la Historia de la Tierra. Breviario del Fondo de cultura económica. México, D.F. 1966.p.200
- 184) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159
- 185) Newman, William L. Ob. cit. p. 432
- 186) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159
- 187) Holmes, Arthur, Ob. cit. pp. 418-419
- 188) Dunbar, Carl O. Ob. cit. pp. 419-421
- 189) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 12
- 190) Longwell, Chester R., Knopf, Adolph y Flint, Richard F. Physical Geology, John Wiley, London, 1949, p. 71

- 191) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 36-37
- 192) Dunbar, Carl O. Ob. cit. pp. 419-421
- 193) Mead, W. R. & Brown, E.H. Ob. cit. p. 50
- 194) Lobeck, A. K. Geomorphology. Mc Graw Hill Book Co. Inc., New York and London, 1939, p. 495
- 195) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 196) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495
- 197) Von Engeln, O. D. Ob. cit. p. 214
- 198) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495
- 199) Von Engeln, O. D. Ob. cit. pp. 214-288
- 200) Derruau, M. Geomorfología. Ediciones Ariel, S. A. España 1966, p. 363
- 201) Von Engeln, O. D. Ob. cit. p. 383
- 202) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495
- 203) Von Engeln, O. D. Ob. cit. p. 288
- 204) Derruau, M. Ob. cit. p. 363
- 205) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 206) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 207) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 37
- 208) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 49
- 209) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 37
- 210) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 49
- 211) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 2
- 212) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 213) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495
- 214) Field, Richard M. Ob. cit. p. 160
- 215) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. pp. 10-12
- 216) Field, Richard M., Ob. cit. p. 160
- 217) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 2
- 218) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. pp. 10-11

- 219) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
220) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
221) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
222) Von Engeln, O. D. Ob. cit. p. 169  
223) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
224) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
225) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
226) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 65  
227) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 10  
228) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 60  
229) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 64  
230) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 32  
231) Sutton, Ahn, Ob. cit. p. 72  
232) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495  
233) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3  
234) Mead, W. R. & Brown, E.H. Ob. cit. p. 50  
235) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3  
236) Beal, Merril D. Ob. cit. p. 6  
237) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 31-60  
238) Folleto South Rim- Grand Canyon National Park- National Park service, U.S. Department of the Interior, Arizona, 1974  
239) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 32  
240) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3  
241) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3  
242) Beal, Merril D. Ob. cit. p. 11  
243) Beal, Merril D. Ob. cit. p. 11  
244) Fletcher, Colin, Ob. cit. p. 3  
245) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 34  
246) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16

- 247) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 11  
248) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159  
249) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159  
250) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16  
251) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 34  
252) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 12  
253) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159  
254) Newman, William L. Ob. cit. p. 432  
255) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 34  
256) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 12  
257) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16  
258) Field, Richard M. Ob. cit. p. 159  
259) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 34  
260) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16  
261) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 12  
262) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 12  
263) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 16  
264) Newman, William L. Ob. cit. p. 432  
265) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 12-13  
266) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 13  
267) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 36  
268) Fletcher, Colin, Ob. cit. pp. 3-4  
269) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 12-13  
270) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 36-37  
271) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 17-18  
272) Longwell, Chester R. Knopf, Adolph y Flint, Richard F. Ob. cit  
p. 71  
273) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 17  
274) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 12-13

- 275) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 29, 31, 32  
276) Hamblin W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3  
277) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 13  
278) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
279) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
280) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
281) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
282) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
283) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
284) Beal, Merrill D. ob. cit. p. 6  
285) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
286) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
287) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
288) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
289) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
290) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
291) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
292) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
293) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
294) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
295) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
296) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
297) Beal, Merrill D. ob. cit. p. 6  
298) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18  
299) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 36  
300) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11  
301) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6  
302) Fletcher, Colin, Ob. cit. p. 152

- 303) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6
- 304) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 96
- 305) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 6
- 306) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18
- 307) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 37
- 308) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 7
- 309) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 7
- 310) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18
- 311) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 36
- 312) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 7
- 313) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 27
- 314) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 7-8
- 315) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 8
- 316) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 18
- 317) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 11
- 318) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 37
- 319) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 8
- 320) Beal, Merrill D. Ob. cit. p. 8
- 321) McKee, Edwin, Ob. cit. pp. 7, 14, 16, 22, 26, 27, 28, 38, 39
- 322) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 60
- 323) Follato North Rim, Grand Canyon National Park. National Park service, U. S. Department of the Interior, Arizona, 1973.
- 324) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 12-13
- 325) Von Engeln, O. D. Ob. cit. p. 214
- 326) Lobeck, A. K., Ob. cit. p. 205
- 327) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 84-86
- 328) Beal, Merrill D. Ob. cit. pp. 29-31
- 329) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R., Ob. cit. p. 15

- 330) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 72
- 331) McKee, Edwin, Ob. cit. p. 32
- 332) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 495
- 333) Mead, W. R. & Brown, E.H. Ob. cit. p. 50
- 334) Polleto South Rim, Ob. cit.
- 335) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p.
- 336) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 14
- 337) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 64
- 338) Lobeck, A. K., Ob. cit. p. 205
- 339) Sutton, Ann, Ob. cit. p. 72
- 340) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3
- 341) Polleto North Rim, Ob. cit.
- 342) Scharff, Robert, Ob. cit. 14
- 343) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 3
- 344) Polleto South Rim, Ob. cit.
- 345) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 13
- 346) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. p. 14
- 347) Lobeck, A. K. Ob. cit. p. 205
- 348) Scharff, Robert, Ob. cit. pp. 97,99,100,101
- 349) Hamblin, W. Kenneth, Murphy, Joseph R. Ob. cit. pp. 13 a 49
- 350) Scharff, Robert, Ob. cit. p. 99
- 351) Judwin, Edgar, Colorado River. Encyclopedía Británica. London, 1948, Vol. 6 pp. 49-50
- 352) Servicio de Información de los Estados Unidos. EMA. Su Geografía y Crecimiento. Impreso en Cuba. s/f. p. 102
- 353) Braun, Ernest, Grand Canyon of the Living Colorado. Sierra Club, Ballantine Books, 1970
- 354) Dellenbaugh, Frederick Samuel, A Canyon Voyage. New Haven, Yale University Press, 1926
- 355) Loomis, Frank, Colorado River. New York, Toronto, Rinehart & Co. Inc., 1926.

- 356) Harry, Hansen ed., Colorado- A guide to the Highest State., New York, Hastings House, 1970
- 357) Hundley, Norris, Colorado River- Water-Rights., Dividing the Waters, Berkeley University of California Press, 1965.
- 358) Polleto Grand Canyon- A Slice of Time. National Park Service, U. S. Department of the Interior, Arizona, 1974.
- 359) Navajoland Map, publicado por Navajo Tribal Council. Museum and Research Dept. Window Rock, Arizona, 1968.