

# Origen y características del Karst

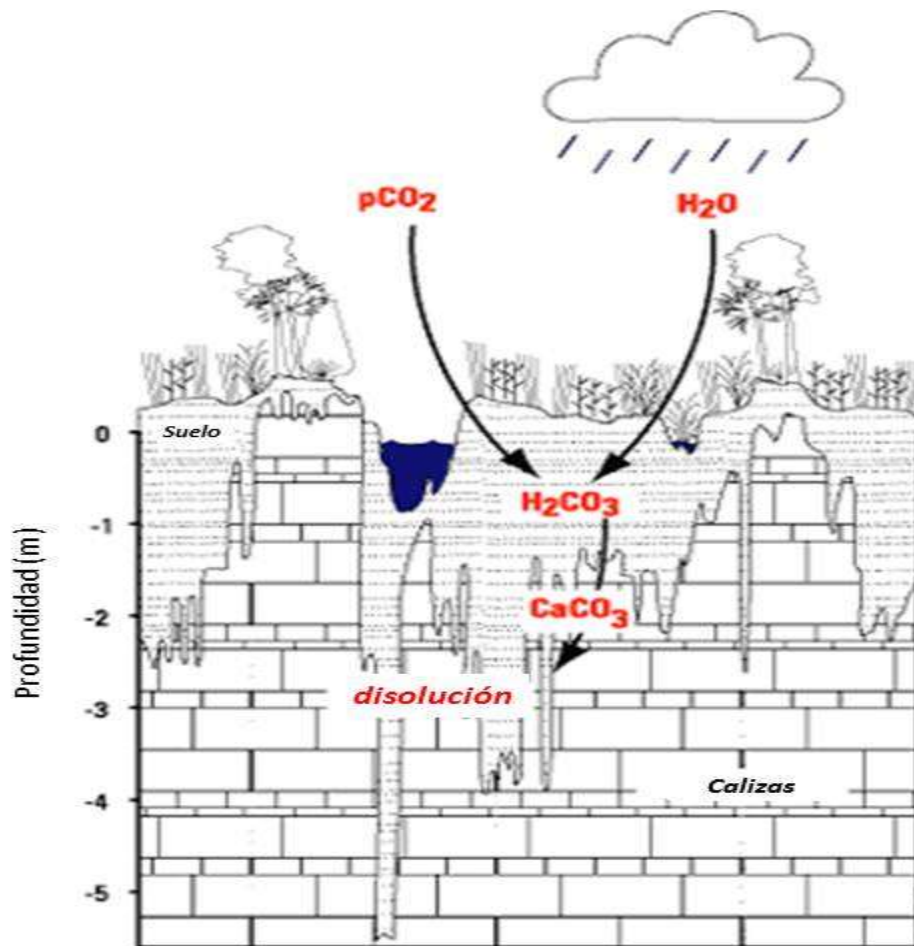


Dr. Ramón Espinasa Pereña  
[respinasa@yahoo.com.mx](mailto:respinasa@yahoo.com.mx)

# Origen y características del Karst

1. ¿Qué es el karst?
  - Formas del relieve kárstico
  - ¿Cómo se forman las cavernas?
2. Peligros kársticos
  - Tipos de dolinas
  - Clasificación geotécnica del karst
3. El karst de México
  - El karst de las Sierras
  - El karst de la península de Yucatán
4. Algunos casos de afectaciones producidas por fenómenos kársticos





**Karst:** conjunto de formas originales del relieve, que se producen en rocas fácilmente solubles: yeso, calizas, dolomías o sal.

Lo más característico del karst son las formas negativas del relieve (dolinas, resumideros, cenotes) y el drenaje subterráneo (Lugo, 1989).



- La respiración de las bacterias y raíces incrementan la  $p\text{CO}_2$
- Conforme aumenta la  $p\text{CO}_2$ , aumenta también el ritmo de disolución

Latitudes tropicales = evapotranspiración elevada  
 + suelos bien desarrollados  
 + elevada  $p\text{CO}_2$  atmosférico  
 = KARST muy desarrollado

# Paisaje Kárstico: Cerro Zinzintépetl, Puebla-Oaxaca



# **Paisaje Kárstico: Sierra Gorda, Querétaro**



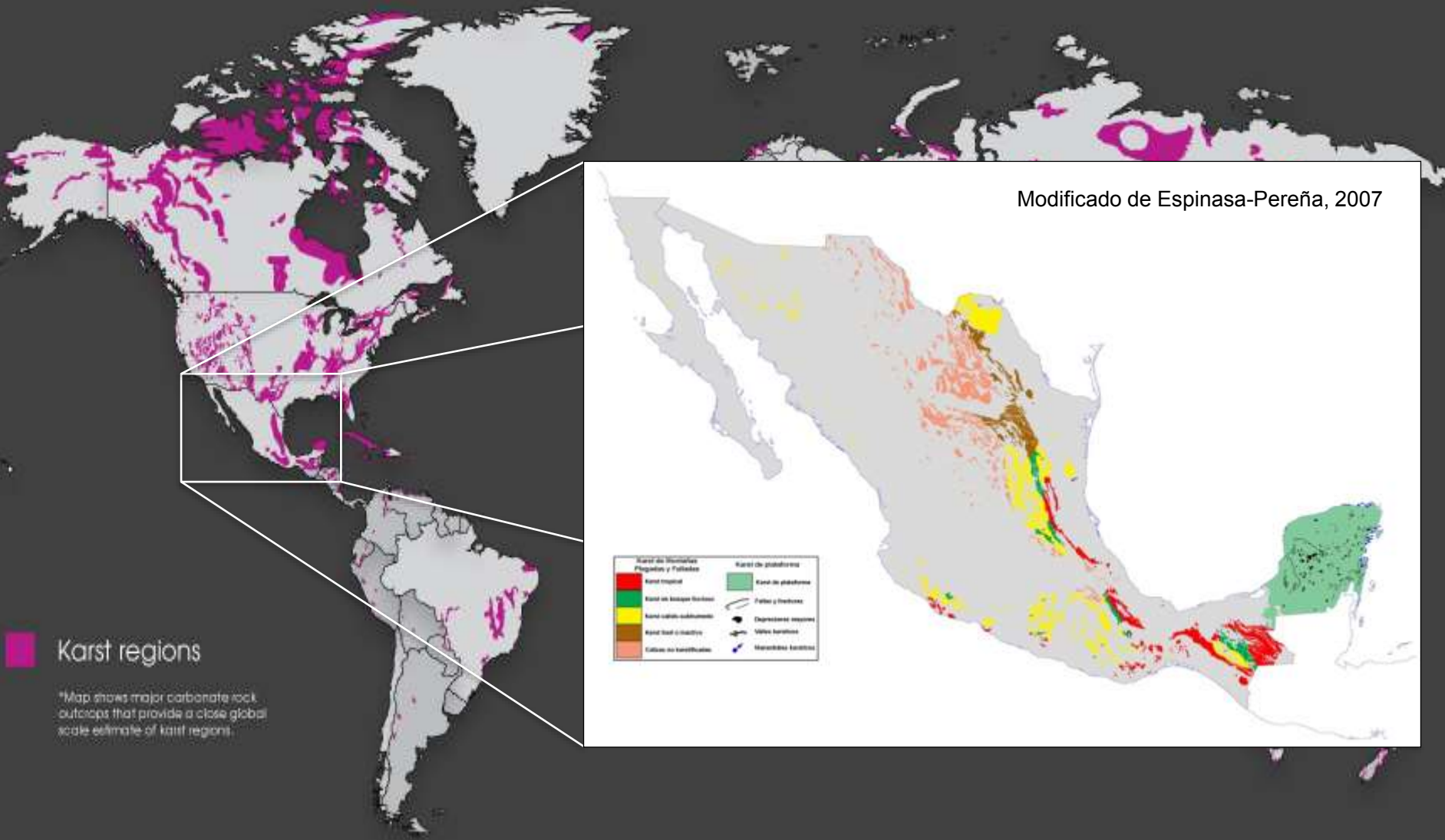
# Paisaje Kárstico: Selva del Ocote, Chiapas



# Paisaje Kárstico: Bacalar, Quintana Roo



# Distribución de las regiones kársticas en México

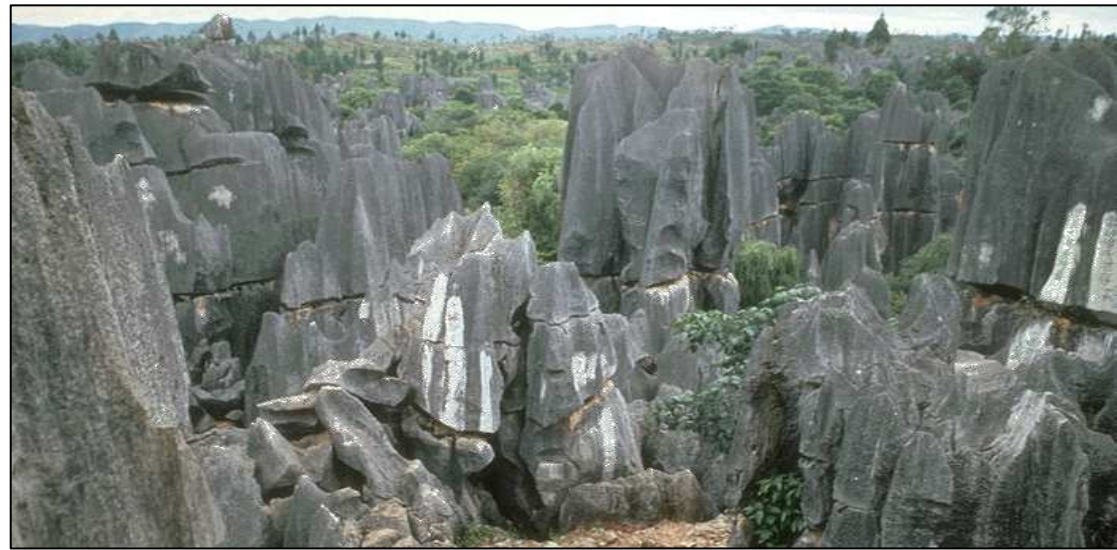
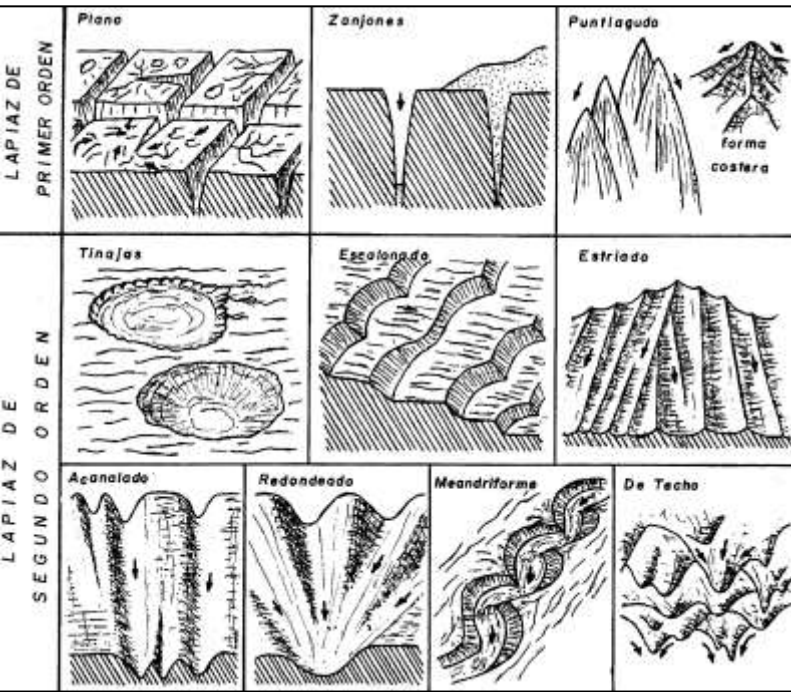


**Karst regions**

\*Map shows major carbonate rock outcrops that provide a close global scale estimate of karst regions.



**Lapiaz:** formas que resultan de la disolución directa de la roca, tanto en la superficie como en las porciones cubiertas de suelo







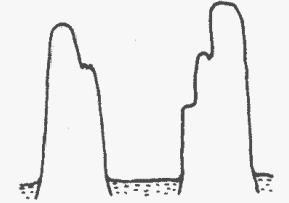
Karst de Conos (Kegelkarst)



Karst de Cúpulas (Kuppenkarst)



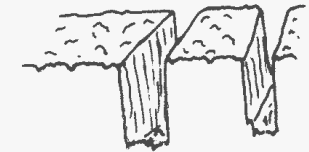
Karst de Mogotes



Karst de Torres



Dolinas Tropicales (Cockpits)



Karst de Corredores (Karstgassen)



**Karst tropical:** Se caracteriza por la presencia de conspicuos cerros residuales de forma cónica, situados entre profundas dolinas, o rodeadas por planicies aluviales.

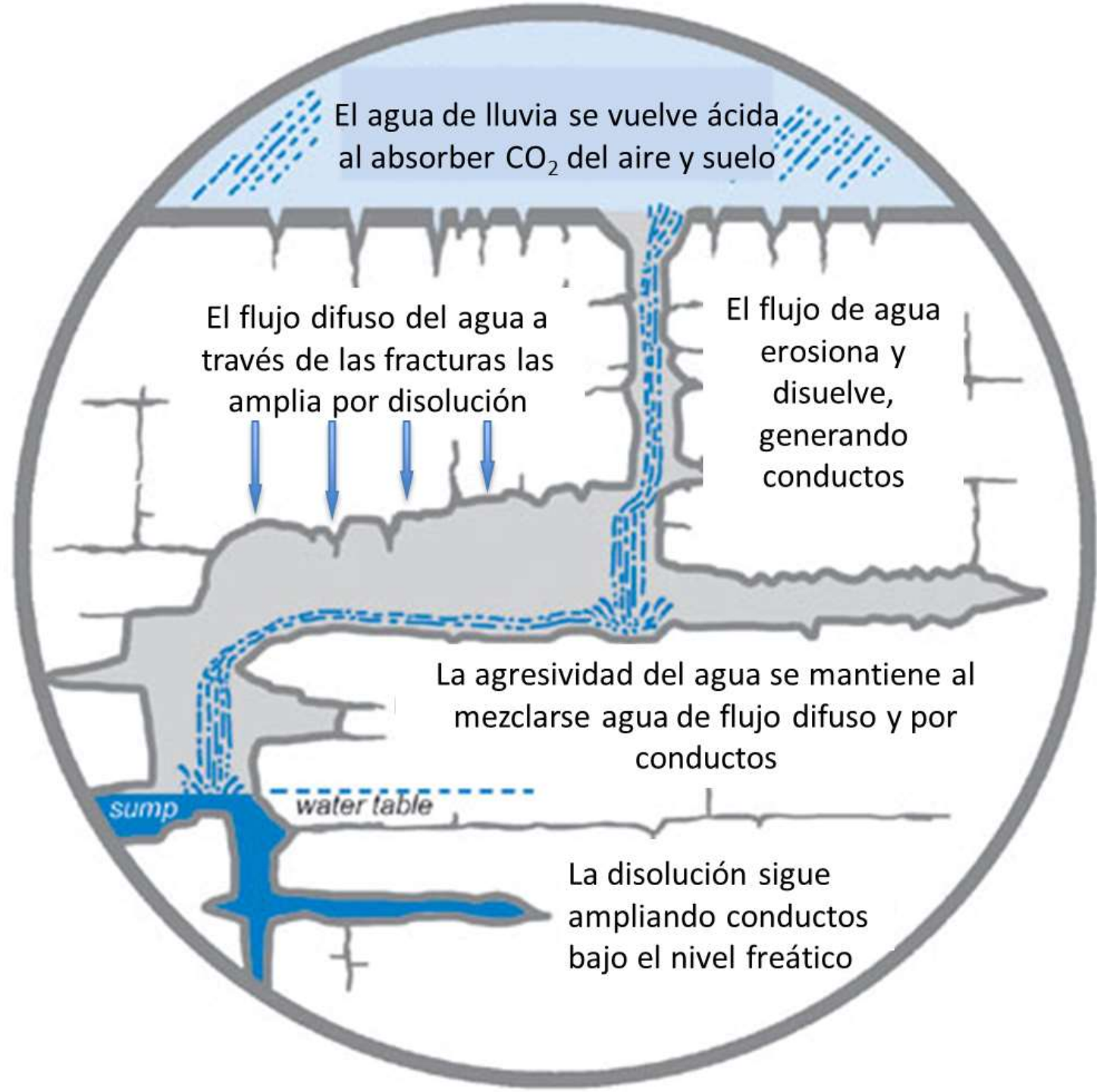
Sierra Oxmolón, Tabasco



Río Li Po, China



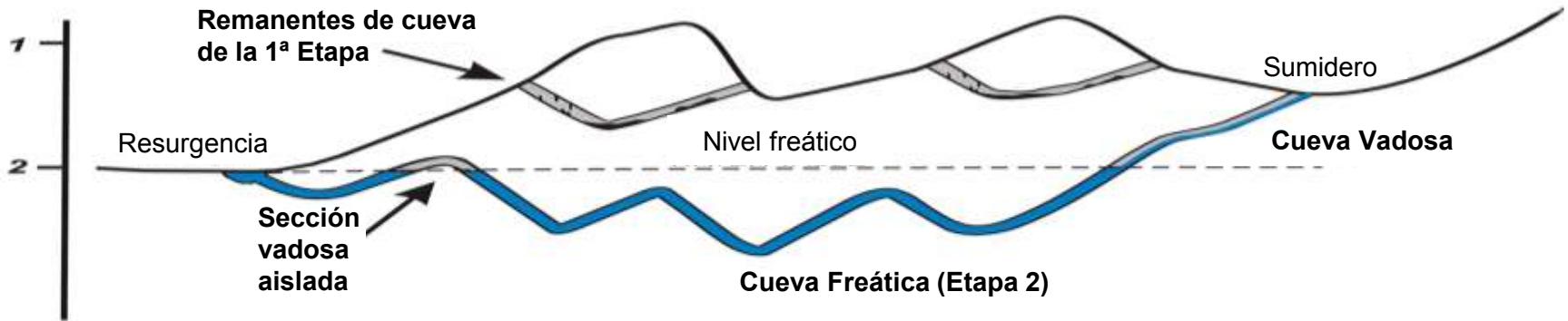
# El origen de la cavernas y el drenaje subterráneo



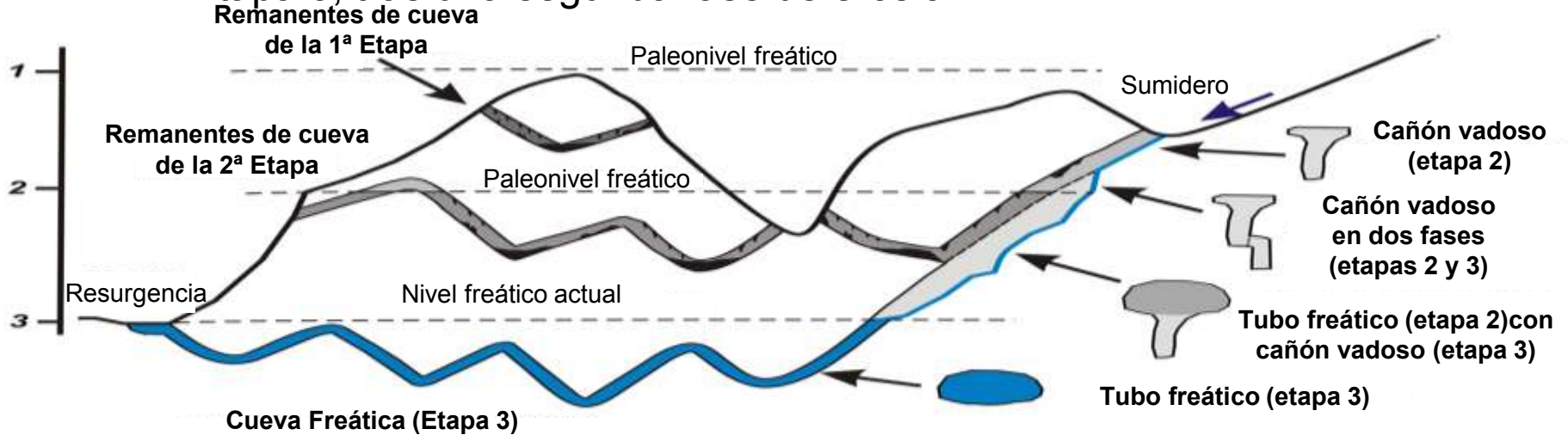
# Etapa 1, inicio del proceso kárstico



# Etapa 2, tras una primera fase de erosión

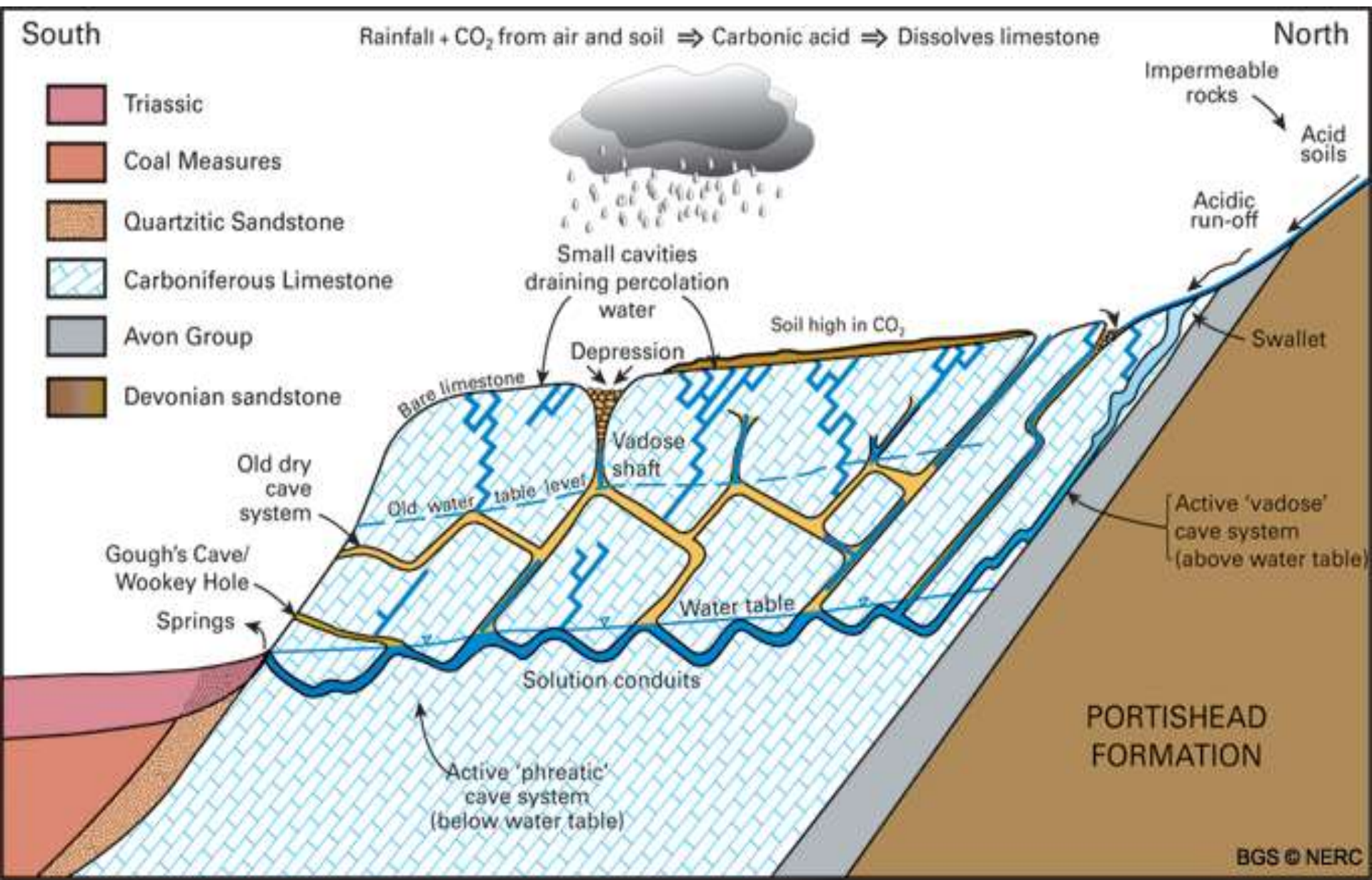


# Etapa 3, tras una segunda fase de erosión





# El origen de las cavernas y el drenaje subterráneo





**Sumidero:** Cuando el cauce de un río superficial termina en una sima o cueva, donde es absorbido masivamente, se le llama sumidero.



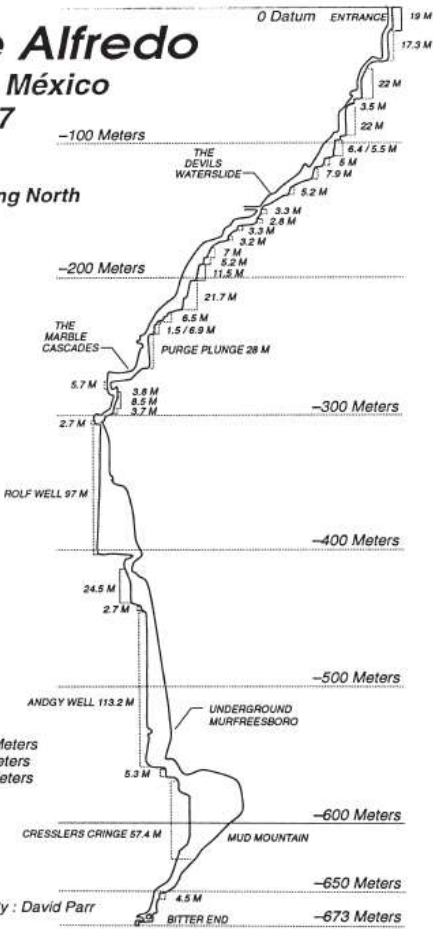
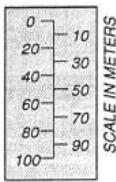


# Cuevas Vadosas: Cuando la cavidad se genera por encima del nivel freático, tiende a desarrollarse verticalmente por tiros y cascadas.

Sótano de Alfredo, Querétaro

## Sótano de Alfredo Querétaro, México QO-7

Profile Drawn Looking North



Surveyed 11-25-93 By:

- Gary Burwasser
- Alan Cressler
- Jeff Dilcher
- Mark Richardson
- Jim Smith
- Marion Smith
- John Stembel
- Chris Stine
- Ted Wilson

Survey Data

Surveyed Length — 1,049 Meters  
 True Horizontal Length — 566 Meters  
 Vertical Extent — 673 Meters

Created On Interleaf 5.2 Software By : David Parr



Sótano de la Joya de Salas, Tamaulipas



Hoyo de San Miguel, Guerrero



# SISTEMA CHEVE

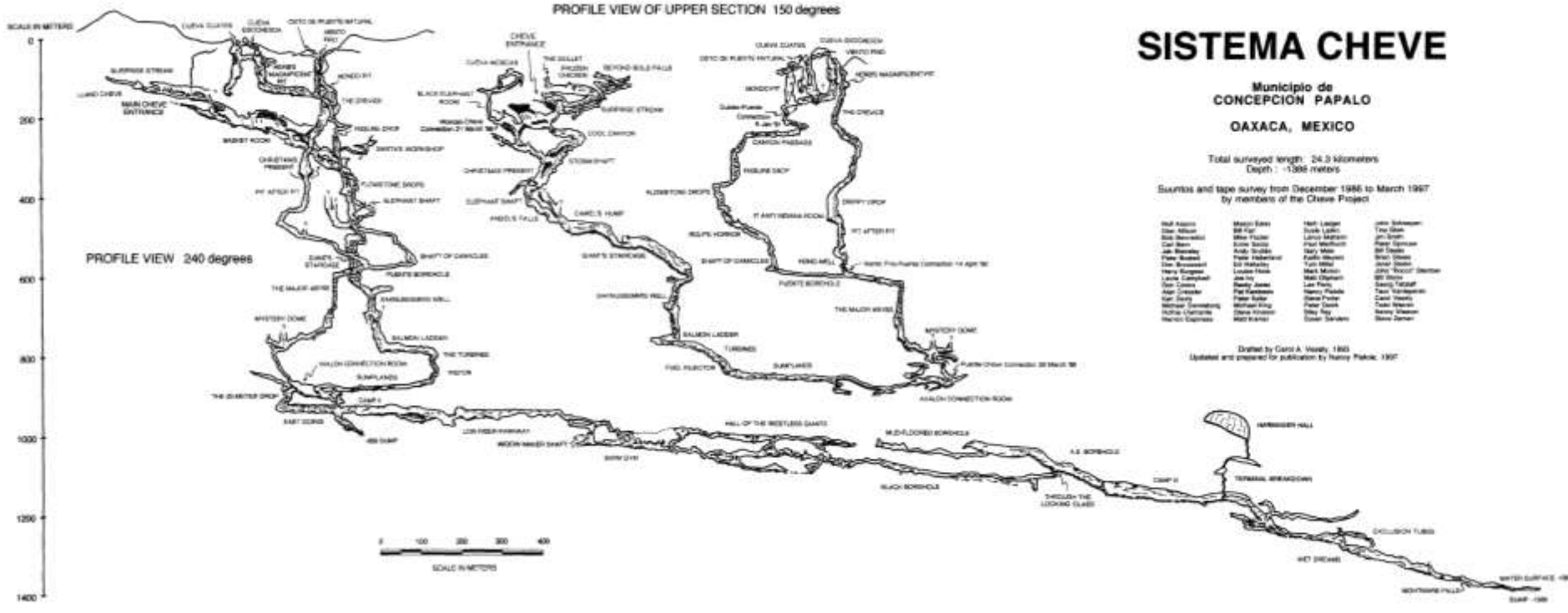
Municipio de  
CONCEPCION PAPALO  
OAXACA, MEXICO

Total surveyed length: 24.5 kilometers  
Depth: ~1300 meters

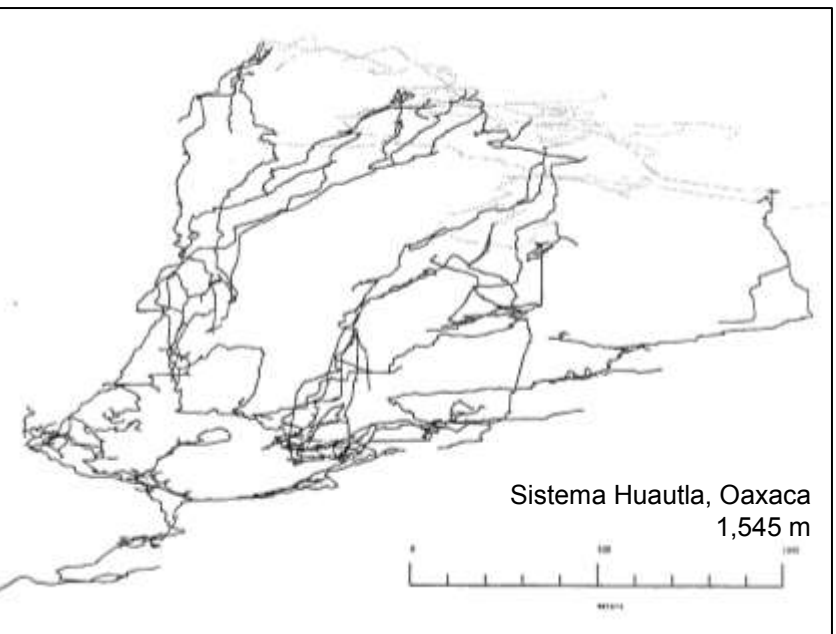
Sourtes and tape survey from December 1986 to March 1987  
by members of the Cheve Project

BOB ADAMS	MICHELLE ENNE	PAUL LANGST	JOHN SIMONSON
DAVE ALLEN	BEN LEE	TIM LARSON	TRAY SIMON
BOB BRIDGEMAN	DAVE MARTIN	LARRY MASON	JIM SMITH
CARL BURN	ELLEN SACKS	PAUL McLELLAN	ALFRED SPANER
JOE BRONKOWSKI	JOHN SHERWIN	MARK MASON	BOB STEARNS
DAVE BROWN	PAUL SHAMBERG	PAUL MCELROY	BOB THOMAS
BOB BUCK	JOHN SHERWIN	JOHN MORSE	BOB THOMAS
DAVE BRONKOWSKI	MARK HARRIS	MARK MITCHELL	JERRY 'DICK' TRAMER
HENRY CAMPBELL	LUKE HARRIS	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
BOB COOK	JAN HAY	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
ALAN CRADLER	BOB JONES	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
BOB DAVIS	MARK JOHNSON	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
MICHAEL DEWEES	PAUL KIDDER	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
MICHAEL DEWEES	PAUL KIDDER	MARK MITCHELL	BOB THOMAS
MICHAEL DEWEES	PAUL KIDDER	MARK MITCHELL	BOB THOMAS

Drafted by Carol A. Vesely, 1985  
Updated and prepared for publication by Nancy Potholc, 1987



Sistema Huautla, Oaxaca

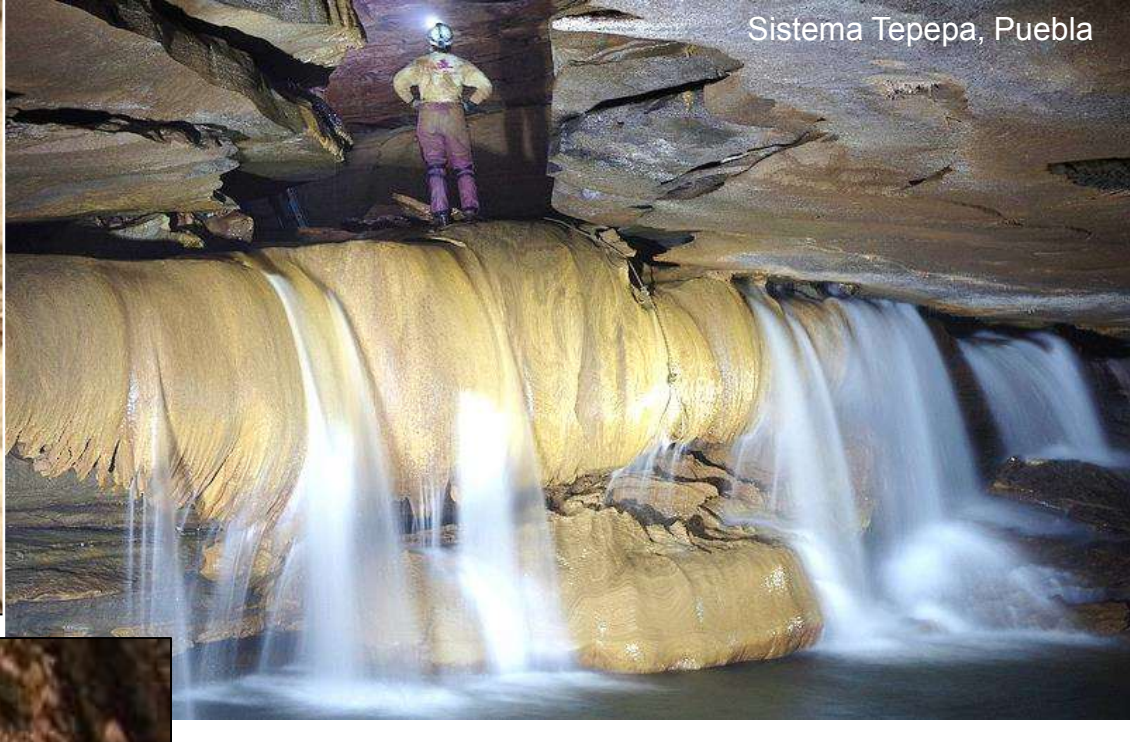


Sistema Huautla, Oaxaca  
1,545 m

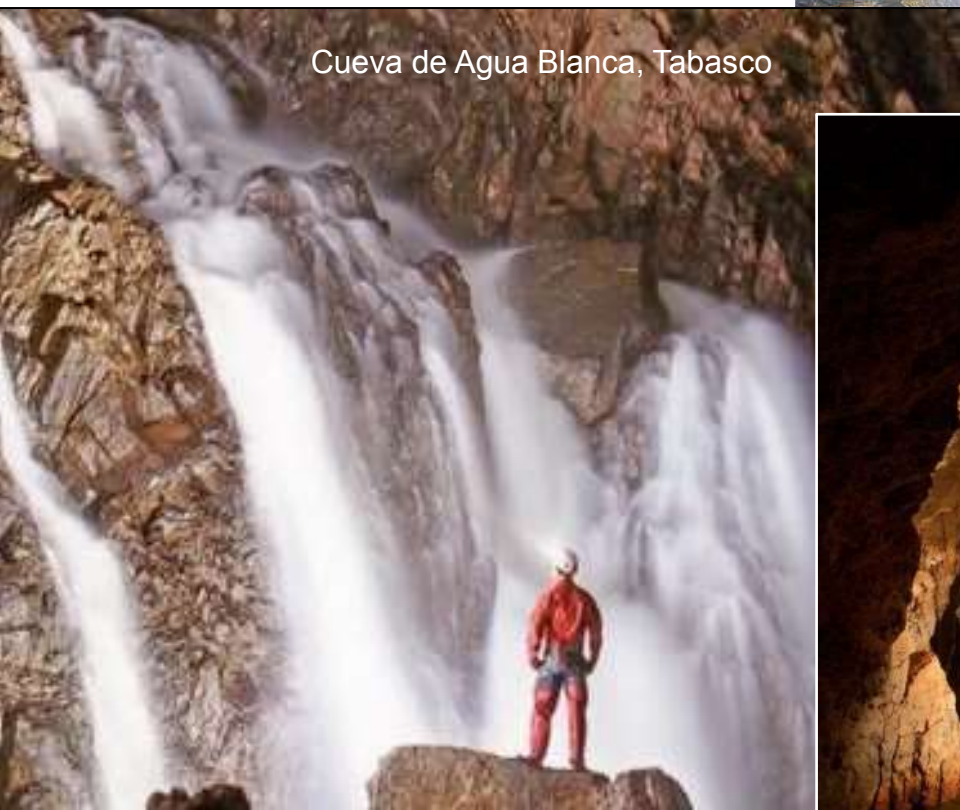
Zacatecolotla, Guerrero



Sistema Tepepa, Puebla



Cueva de Agua Blanca, Tabasco



Sumidero Yochib, Chiapas



**Cuevas Freáticas:** Cuando la cavidad se genera en el nivel freático, tiende a desarrollar galerías horizontales de secciones subcirculares.

Cueva de la Mano, Guerrero



Cueva de la Mano, Guerrero



Cueva de Aclalá, Guerrero



Cueva del Río Tonto, Veracruz



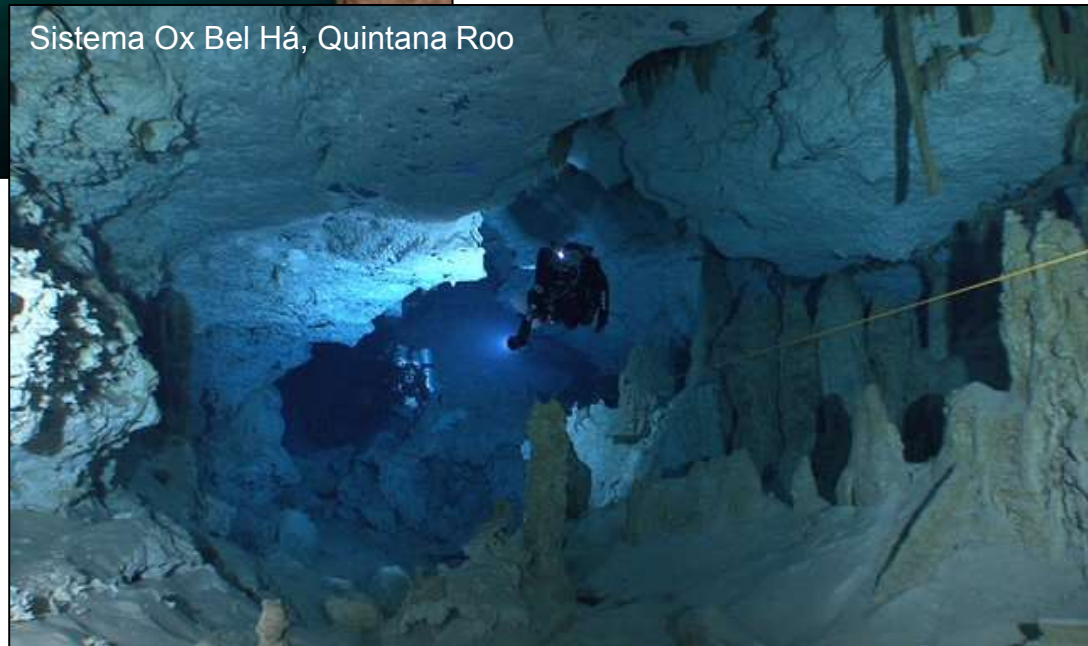


Cueva Cheve, Oaxaca



**Cuevas Freáticas:**  
Eventualmente, las galerías se desarrollan bajo el nivel freático y están totalmente inundadas.

Sistema Ox Bel Há, Quintana Roo

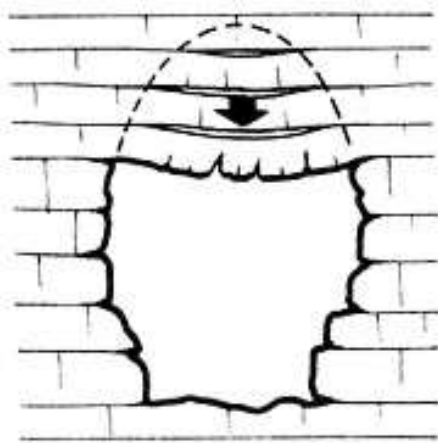


Se requieren entonces técnicas de espeleobuceo para explorarlas.

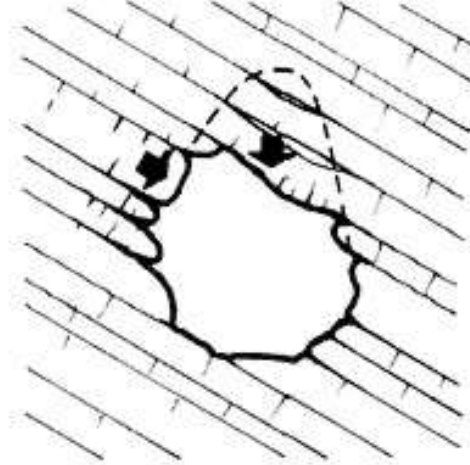
**Salas de Derrumbe:** En ciertas zonas la ampliación de las galerías subterráneas puede producir colapsos y la generación de grandes espacios subterráneos, o salones.

Aztotempa, Puebla

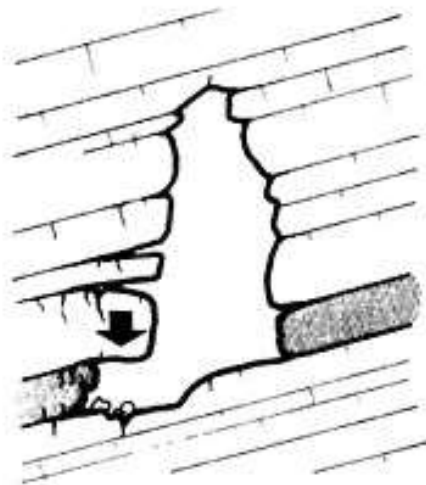




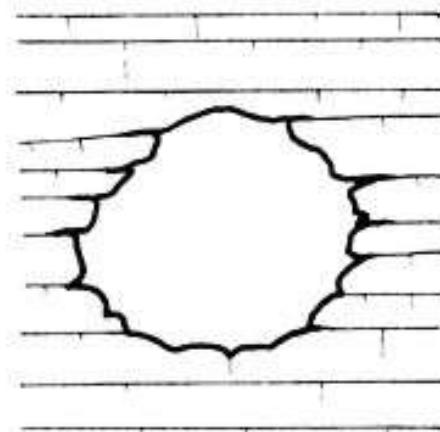
- - - Zona de inestabilidad sobre una sección de techo plano. Por encima de una anchura crítica se produce el desprendimiento.



A la inestabilidad de la bóveda se une el deslizamiento de los estratos, que dependerá de las características de sus juntas.



Desprendimiento por descalce, al erosionarse un nivel poco resistente.



Sección de bóveda estable.

**Salas de Derrumbe:** el agua subterránea disuelve y erosiona los bloques del derrumbe, ampliando el espacio y favoreciendo la migración del colapso hacia arriba.

Aztotempa, Puebla



**Grandes Sótanos:** al proseguir la migración del colapso hacia arriba, eventualmente intersecta con la superficie produciéndose un colapso y generando un sótano.



Hoya de Guaguas, S.L.P.

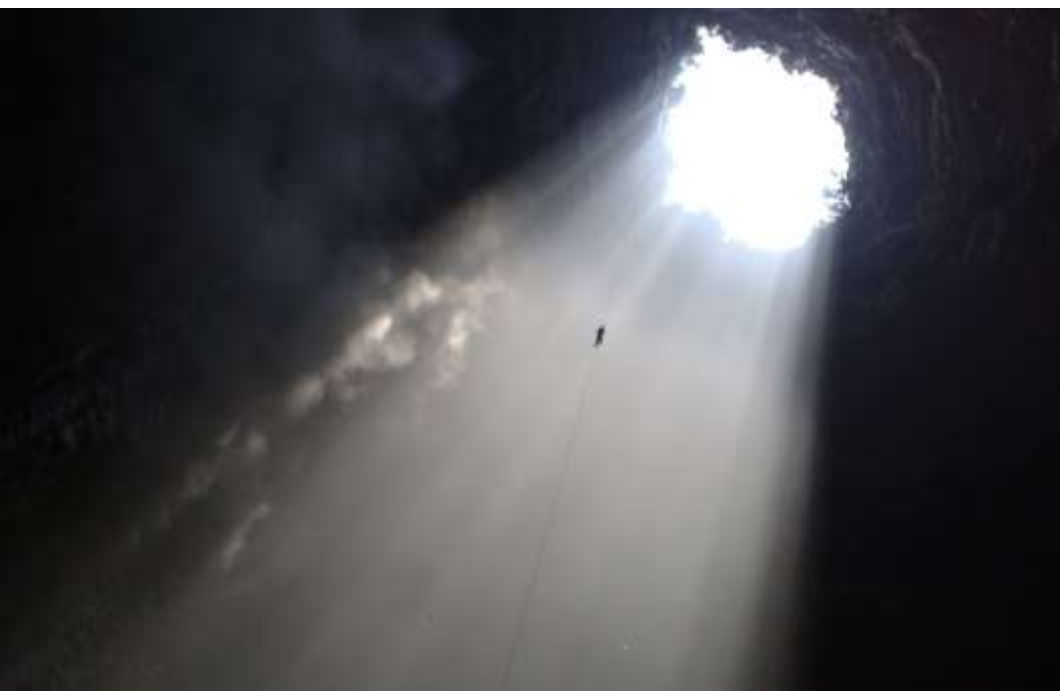


Sótano del Barro, Qro.



Sótano de Las Cotorras, Chiapas

# Sótano de las Golondrinas S.L.P.

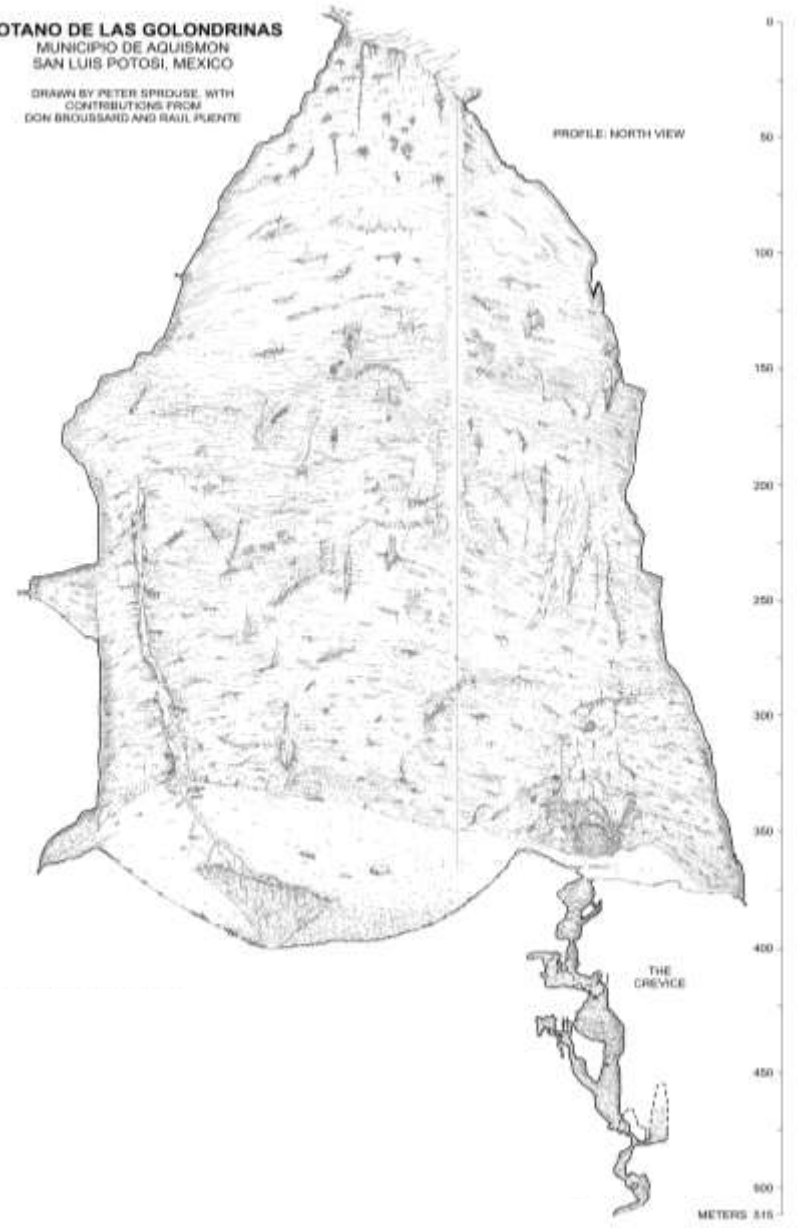


## SOTANO DE LAS GOLONDRINAS

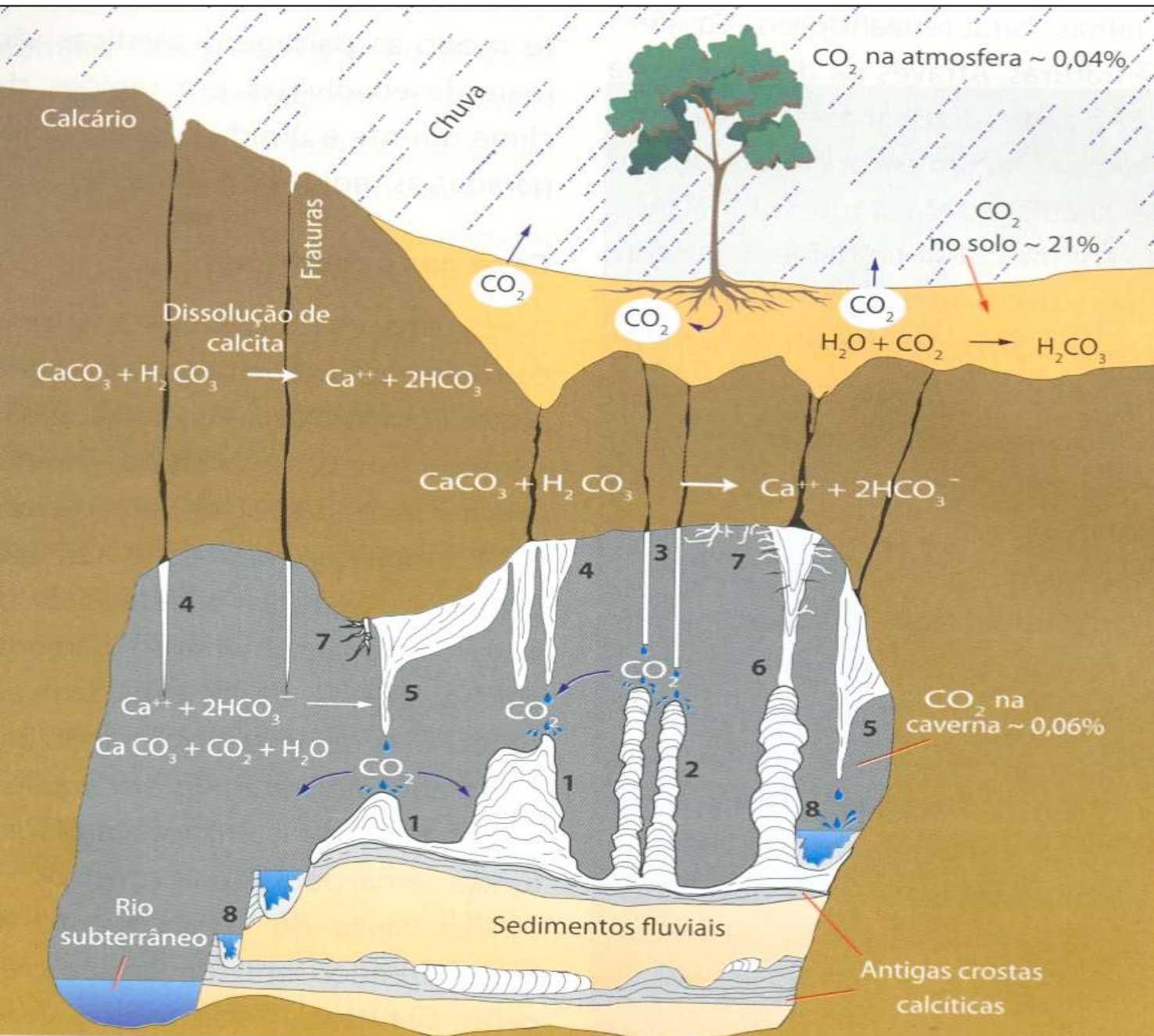
MUNICIPIO DE AGUISMON  
SAN LUIS POTOSI, MEXICO

DRAWN BY PETER SPEDUSE, WITH  
CONTRIBUTIONS FROM  
DON BROUSSARD AND RAUL PUENTE

PROFILE: NORTH VIEW



# Espeleotemas



## Tipos de espeleotemas:

- 1 Estalagmitas
- 2 Estalagmitas tipo vela
- 3 Estalactitas de popote
- 4 Estalactitas
- 5 Cortinas
- 6 Columna
- 7 Helictitas
- 8 Gours de travertino

# Espeleotemas



Gruta de Juxtlahuaca, Gro.



Gruta del Precipicio, Nuevo León



# Espeleotemas



**Resurgencias:** Eventualmente, toda el agua que circula por un acuífero kárstico regresa a la superficie en manantiales que brotan de conductos, inundados o no.



Cueva de la Mano, Gro.




Nacimiento Xuchiles, Veracruz

Ojo de Agua, Chiapas



Nacimiento del Río Purificación, Tamaulipas

A person wearing a red and grey jacket and a cap is sitting on a mossy rock next to a waterfall. The scene is set in a lush, green forest. A large, moss-covered log lies across the waterfall. A thought bubble is positioned above the person, containing text in Spanish. The background is filled with dense foliage and a soft light source illuminating the scene.

Todo esto es muy interesante, pero entonces, ¿Cuáles son los peligros del Karst?

# Peligros asociados al desarrollo de fenómenos kársticos

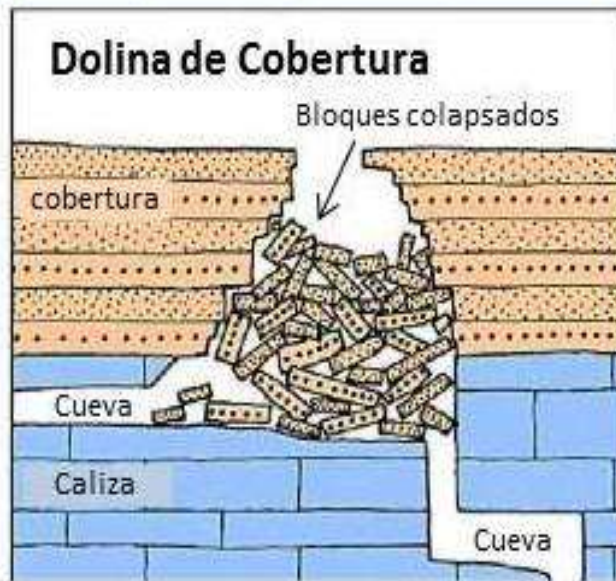
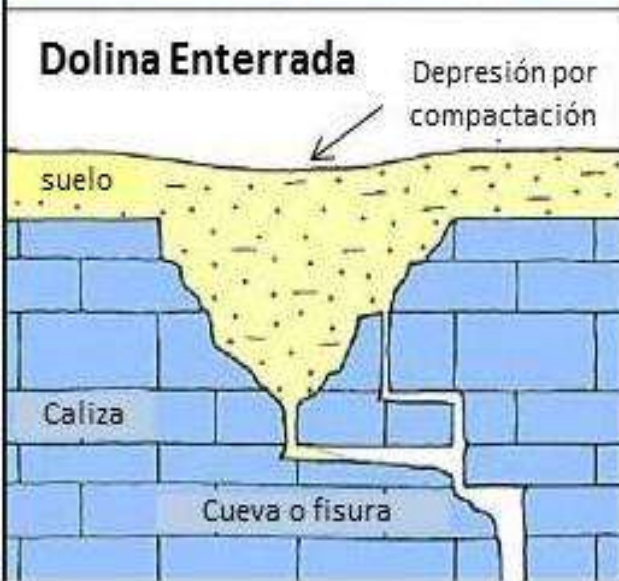
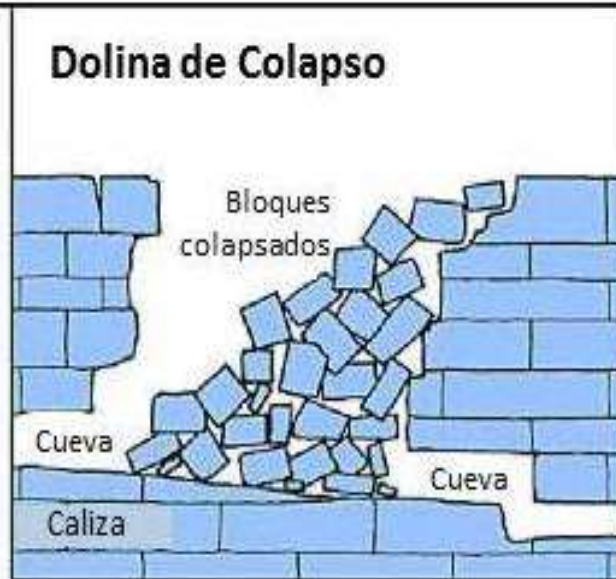
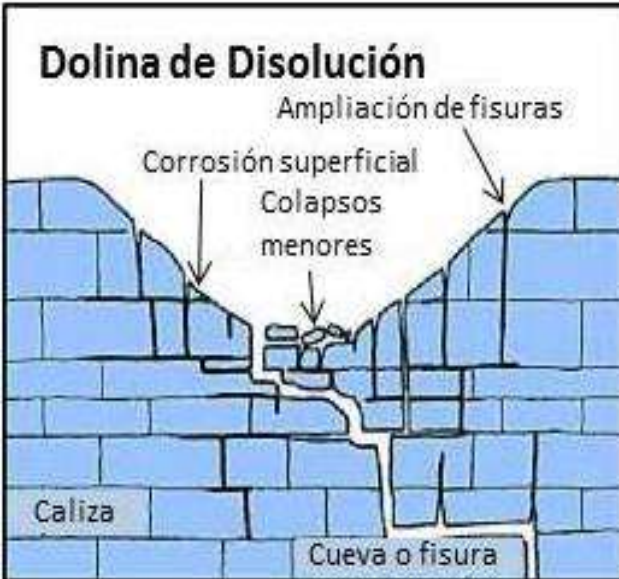
Hundimientos y colapsos



Contaminación de acuíferos



# Tipos de dolinas según el mecanismo de formación y el tipo de material. Modificado de Waltham & Fookes, 2003



# Distintos tipos de dolinas



Dolina de Subsidencia



Dolina de Disolución



Dolina de Hundimiento

# Dolinas de hundimiento y colapso





# Dolinas de hundimiento y colapso

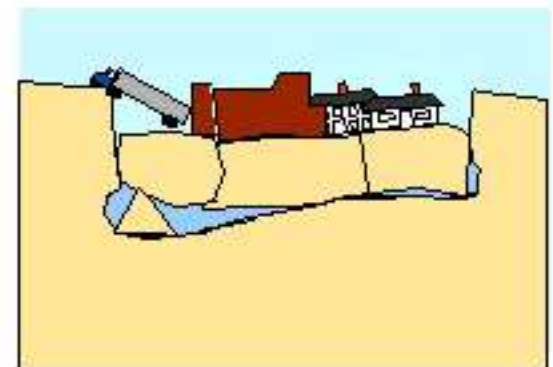
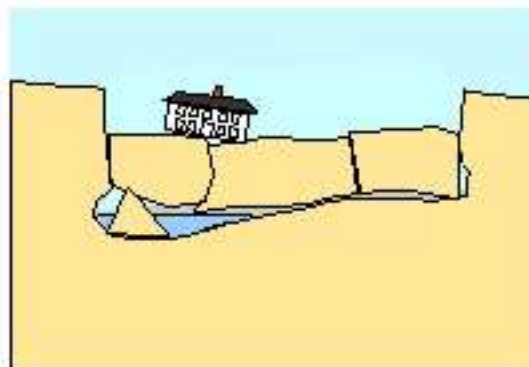
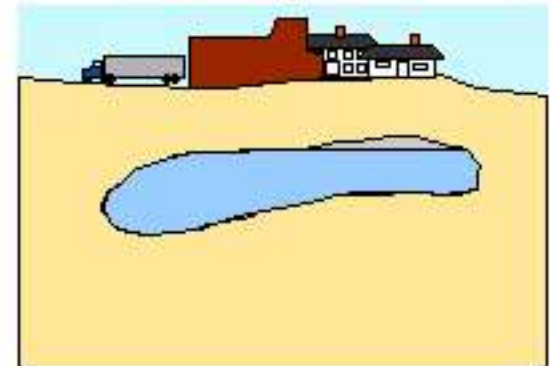
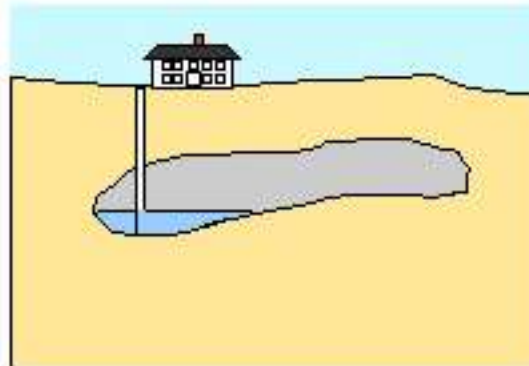
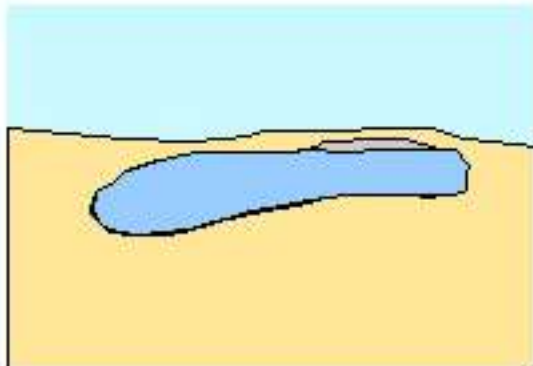
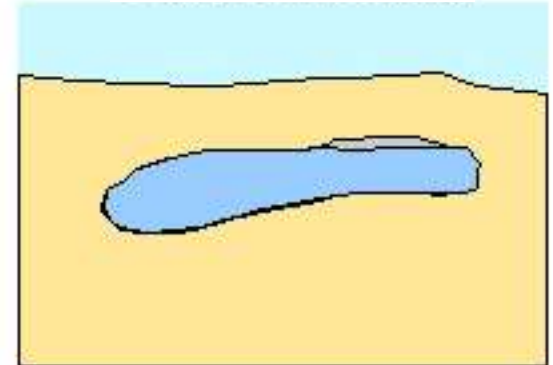
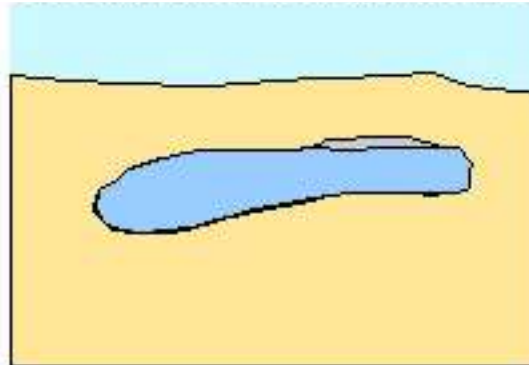
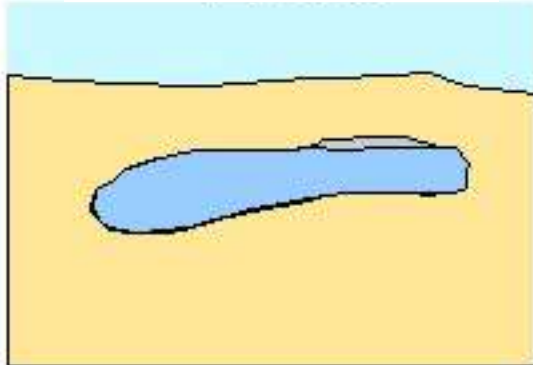


# Factores desencadenantes de un colapso

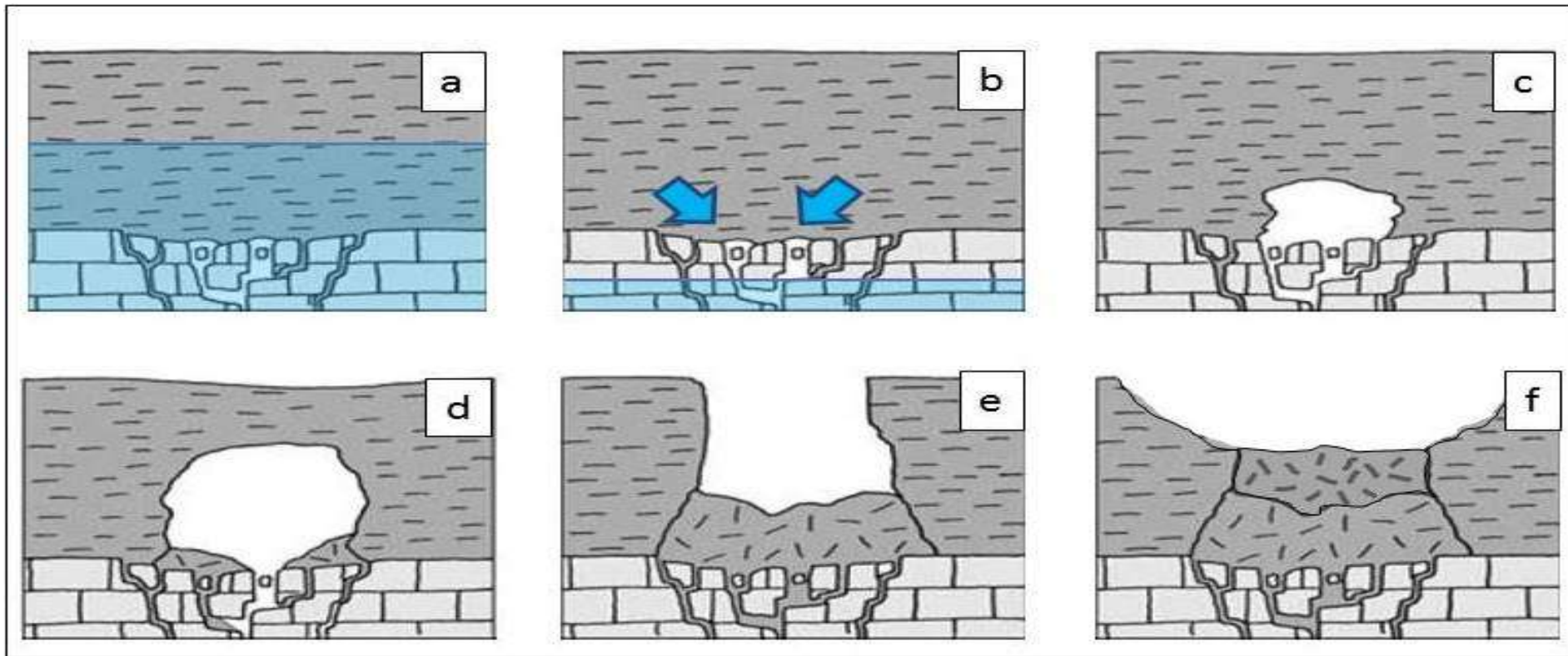
Erosión superficial

Abatimiento del nivel freático

Sobrecarga



# Dolinas de hundimiento por **sufosión**

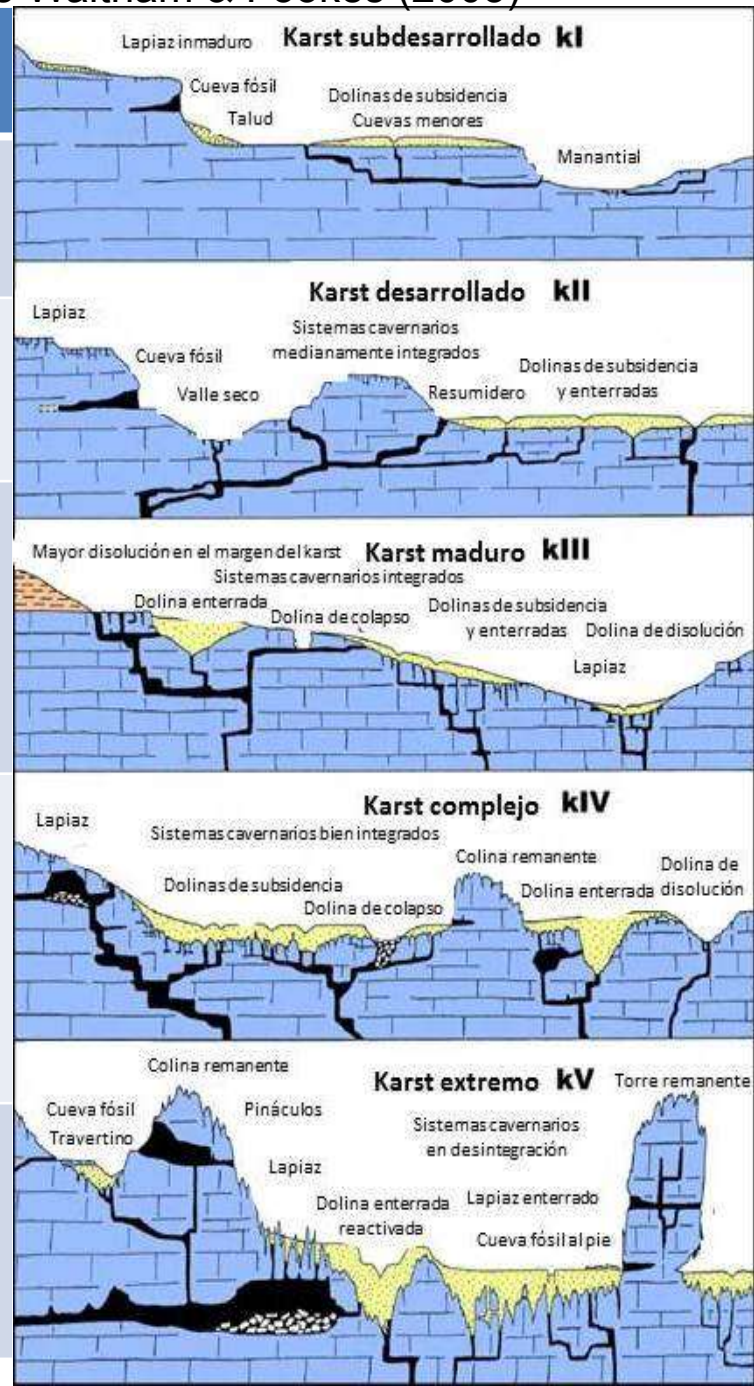


Pasos en la formación de una dolina de hundimiento por sufosión:

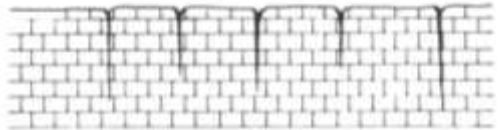
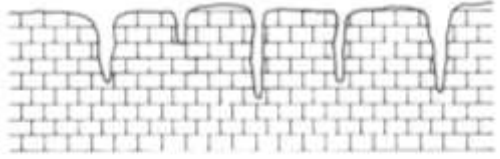
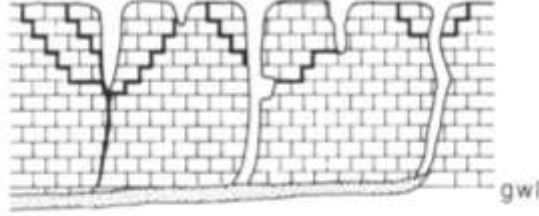
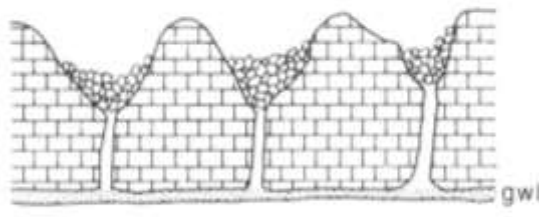
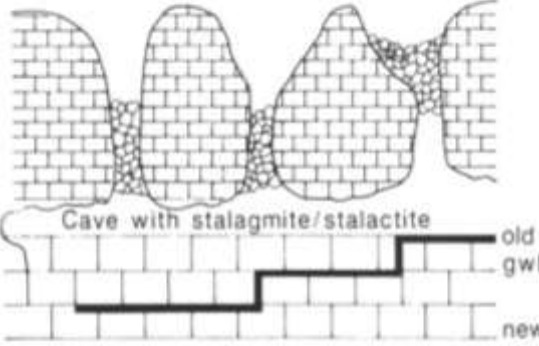
- Mientras el nivel freático se mantiene por encima del contacto suelo-roca no habrá problemas
- Al abatirse el nivel freático por debajo del contacto suelo-roca, las aguas de infiltración se trasladan hacia las cavidades kársticas, arrastrando las partículas finas de los suelos en un proceso de sufosión (tubificación)
- La migración de las partículas produce huecos o cavidades en la interfaz suelo-roca
- Si los suelos son cohesivos, la cavidad puede alcanzar grandes dimensiones antes de empezar a migrar hacia la superficie
- Cuando el espesor de suelos sobre la cavidad no resiste, se colapsa súbitamente, generando una dolina de hundimiento
- Con el tiempo, el fondo de la dolina puede azolverse, y el relieve se suaviza, pero el área afectada por la dolina aumenta

# Clasificación Geotécnica del Karst, modificada de Waltham & Fookes (2003)

Categoría	Ubicación	Dolinas	Relieve superficial y cobertura	Cuevas y cavidades
<b>K-I Sub-desarrollado</b>	Sólo en desiertos y calizas impuras	Raras FND<0.001	Casi uniforme, pocas fisuras ampliadas por disolución	Raras y pequeñas.
<b>K-II Normal</b>	El mínimo en regiones templado-subhúmeda	Pequeñas dolinas, de hundimiento y subsidencia. Sumideros activos FND 0.001-0.05	Numerosas fisuras ampliadas por disolución	Muchas cavidades pequeñas, la mayoría <3m de sección
<b>K-III Maduro</b>	Común en zonas templado-subhúmedo, mínimo en regiones tropicales	Abundantes dolinas de subsidencia y hundimiento, grandes dolinas de disolución, pequeñas de colapso y/o cubiertas FND 0.05-1.0	Fisuramiento extensivo, relieve < 5m. bloques sueltos en el suelo de cobertura	Abundantes cavidades <5m de sección, en múltiples niveles
<b>K-IV Complejo</b>	Lo normal en regiones tropicales	Muchas grandes dolinas de disolución, numerosas dolinas de subsidencia, dolinas de colapso y cubiertas diseminadas FND 0.5-2.0	Superficie de pináculos, bloques sueltos, Relieve de 5 a 20 m	Abundantes cavidades >5m de sección, en múltiples niveles
<b>K-V Extremo</b>	Sólo se encuentra en regiones tropicales húmedas	Muy grandes dolinas de todos los tipos. Compactación de suelos en dolinas cubiertas FND >>1	Altos pináculos y torres, relieve > 20m, pilares sueltos y socavados entre profundas fisuras rellenas de suelo	Numerosos sistemas de cavernas con secciones >15m en complejo arreglo tridimensional

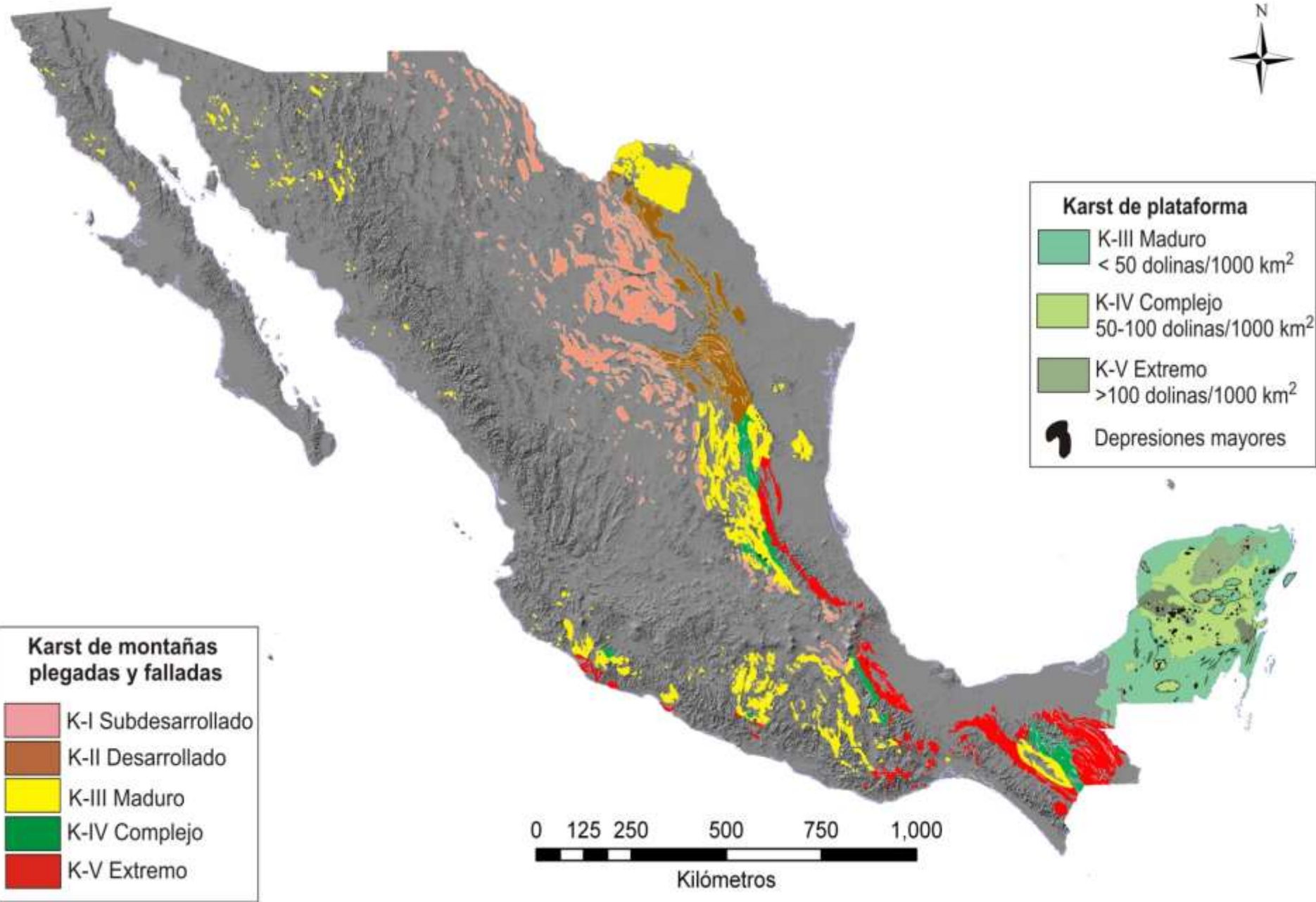


FND=Tasa de formación de nuevas dolinas por km<sup>2</sup> v por año

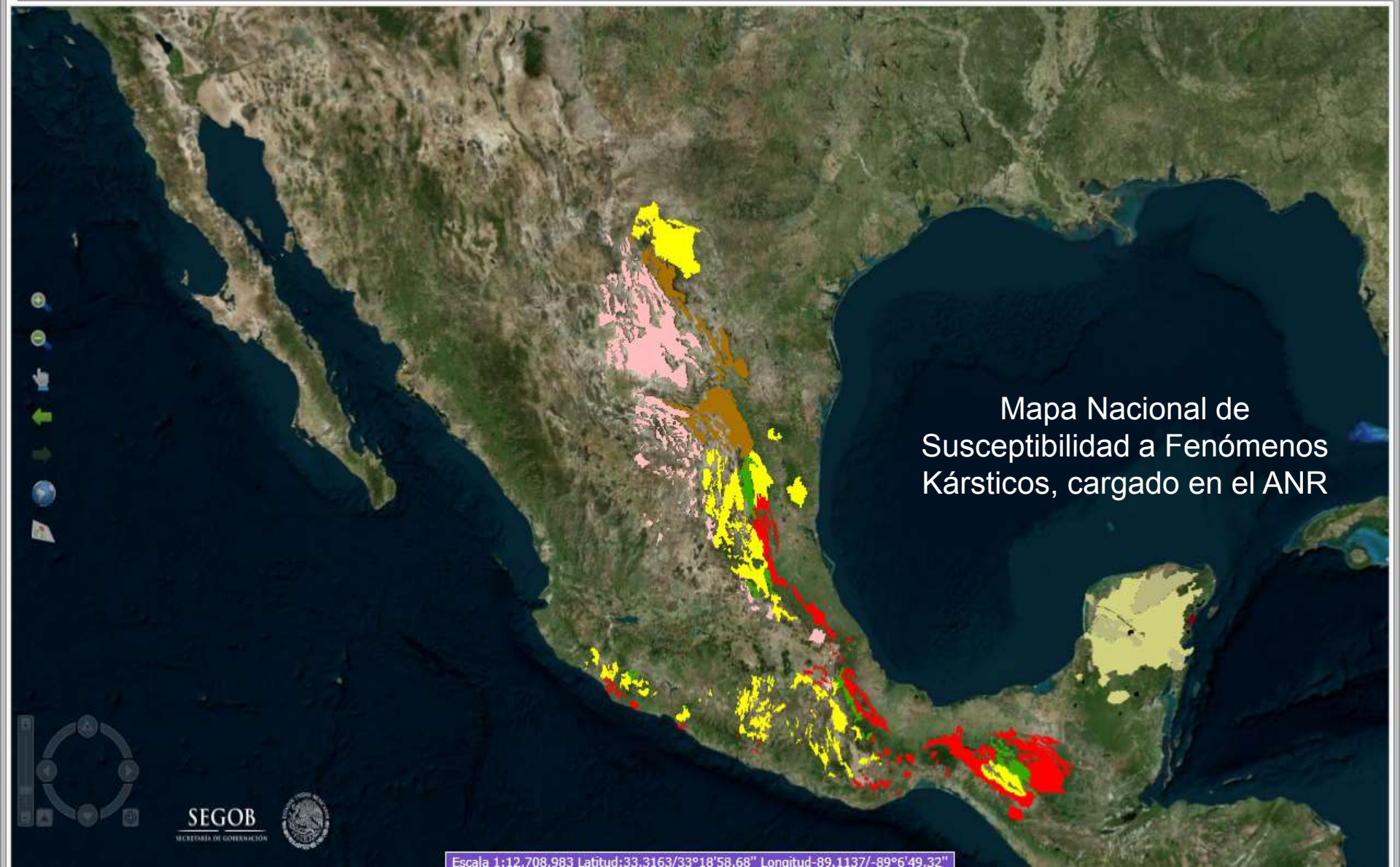
Categoría	Relieve superficial y cobertura	Cuevas y cavidades	Investigación del Sitio	Cimientos	Esquema (sin cubierta de suelos)
<b>K-I Sub-desarrollado</b>	Casi uniforme, pocas fisuras ampliadas por disolución	Raras y pequeñas	Análisis geomorfológico y de la literatura	Normal para roca sólida	
<b>K-II Normal</b>	Numerosas fisuras ampliadas por disolución	Muchas cavidades pequeñas, la mayoría <3m de sección	Barrenos para determinar la presencia de cavidades. Métodos geofísicos.	Relleno de fracturas abiertas con concreto y vigas normales	
<b>K-III Maduro</b>	Fisuramiento extensivo, relieve < 5m. bloques sueltos en el suelo de cobertura	Abundantes cavidades <5m de sección, en múltiples niveles	Barrenos y excavación de trincheras para determinar la presencia de cavidades y la naturaleza de la cubierta de suelo. Métodos geofísicos	Relleno de fracturas abiertas con concreto y vigas normales o losas de concreto	
<b>K-IV Complejo</b>	Superficie de pináculos, bloques sueltos, Relieve de 5 a 20 m	Abundantes cavidades >5m de sección, en múltiples niveles	Barrenos y excavación de trincheras para determinar la presencia de cavidades y la naturaleza de la cubierta de suelo. Métodos geofísicos	Vigas y losas reforzadas o puentes estructurales entre pilares rocosos. Excavar los materiales sueltos para detectar cavidades mayores que puedan inducir colapsos	
<b>K-V Extremo</b>	Altos pináculos y torres, relieve > 20m, pilares sueltos y socavados entre profundas fisuras rellenas de suelo	Numerosos sistemas de cavernas con secciones >15m en complejo arreglo tridimensional	Barrenos y excavación de trincheras para determinar la presencia de cavidades y la naturaleza de la cubierta de suelo. Métodos geofísicos	Vigas y losas reforzadas o puentes estructurales entre pilares rocosos. Excavar los materiales sueltos para detectar cavidades mayores que puedan inducir colapsos	

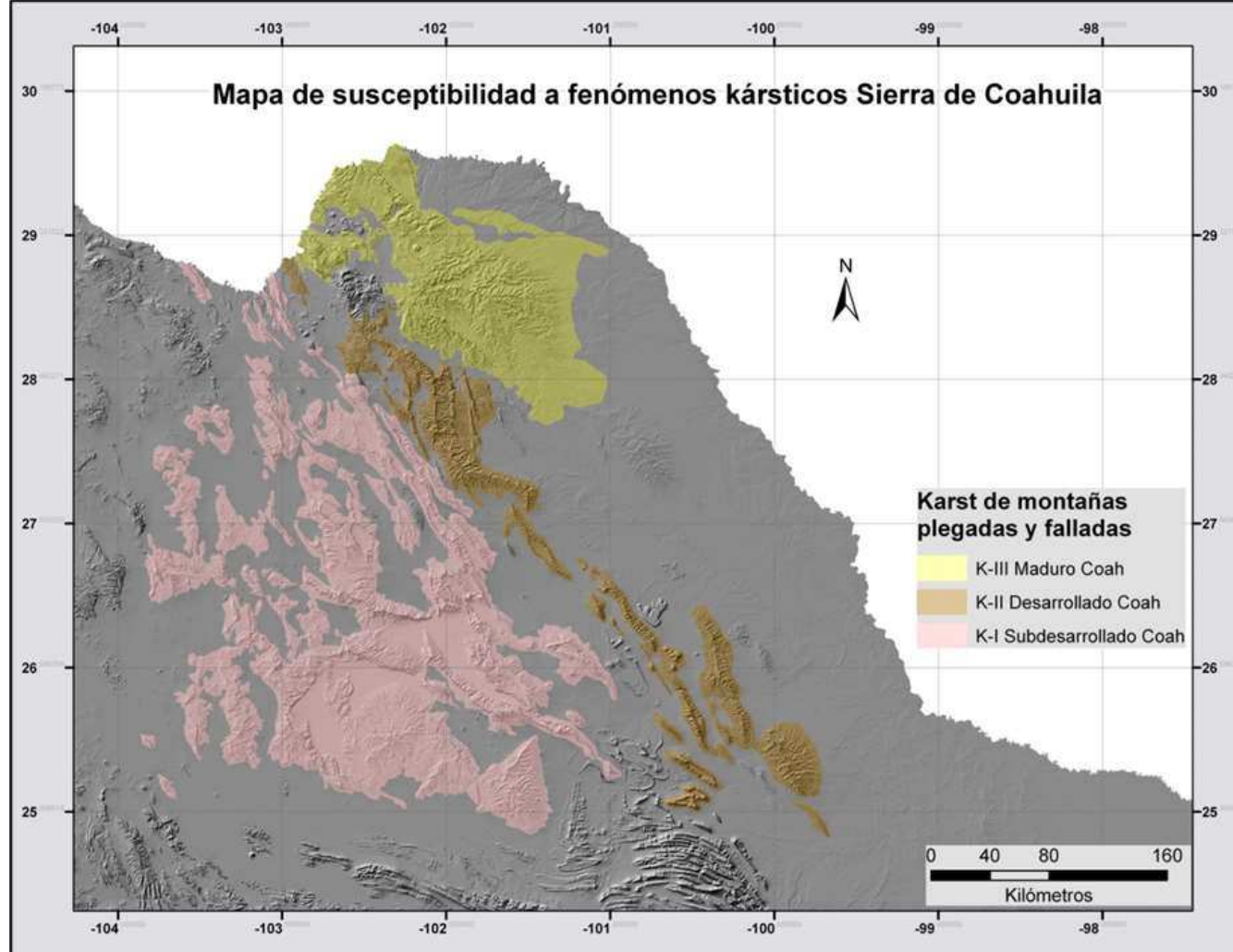
Clasificación Geotécnica del Karst, modificada de Waltham & Fookes (2003)

# Mapa de susceptibilidad a fenómenos kársticos



- Mapa Base
- Ventana de Contenido
- Ventana de Simbología
- Ventanas minimizadas
- Agregar contenido
- Base de Datos
- Administrar capas agregadas por el usuario
- Vista Previa
- Vista de Calle
- Sobre Vista de Mapa

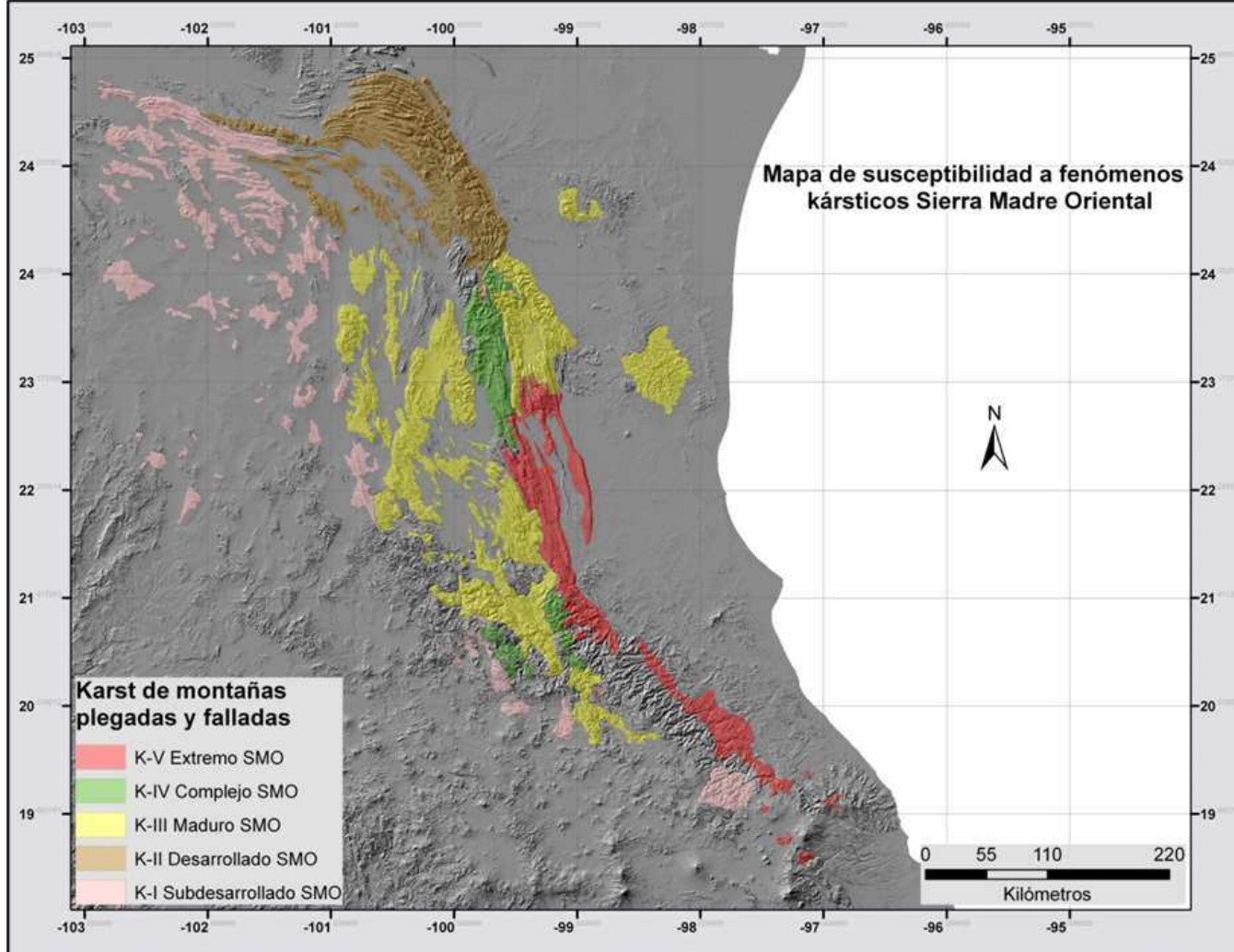




Clasificación morfológica	Clasificación geotécnica	Perímetro (Km)	Área (Km <sup>2</sup> )	Población	Vivienda habitada	Centros de salud	Centros educativos	Presas	Aeródromos	Helipuertos	Carreteras (Km)	Puentes	Estaciones combustible
Karst semiárido,	K-II Karst desarrollado	2,998	14,260	12,300	6,400	4	18	1	4	0	771	8	2
Calizas no karstificadas	K-I Karst subdesarrollado	7,012	46,741	169,100	53,900	20	206	1	6	0	1,274	22	34
Karst cálido sub-húmedo	K-III Karst maduro	1,468	19,558	600	400	1	1	0	25	0	0	0	0

**Total: 182,000**

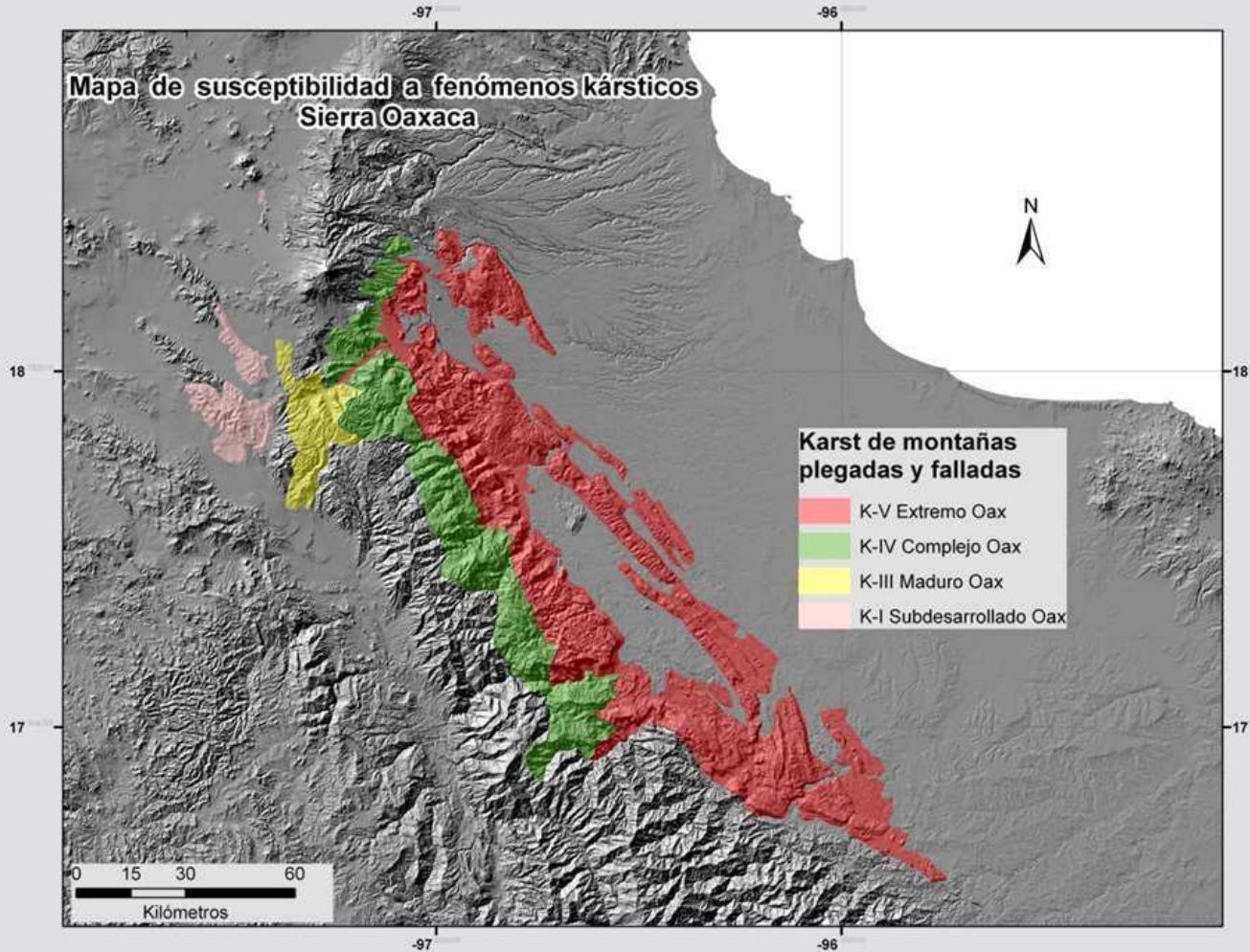




Clasificación morfológica	Clasificación geotécnica	Perímetro (Km)	Área (Km <sup>2</sup> )	Población	Vivienda habitada	Centros de salud	Centros educativos	Presas	Aeródromos	Helipuertos	Carreteras (Km)	Puentes	Estaciones combustible
Karst tropical Cuetzalan	K-V Karst extremo	951	4,022	404,200	107,200	82	787	1	1	0	972	38	7
Karst de bosque lluvioso	K-IV Karst complejo	1,174	6,043	62,200	20,200	47	262	1	0	0	513	18	2
Karst cálido sub-húmedo	K-III Karst maduro	6,295	34,597	304,200	101,500	115	969	8	2	0	2,664	52	19
Karst semiárido, fósil o inactivo	K-II Karst desarrollado	2,858	19,343	459,800	146,300	81	491	4	6	4	1,460	47	27
Calizas no karstificadas	K-I karst sub-desarrollado	6,273	20,282	300,500	94,700	74	618	4	1	1	2,238	56	15
Karst tropical	K-V Karst extremo	1,475	7,425	245,900	64,800	71	584	0	1	0	1,073	32	4

Total: 1,776,800

**Mapa de susceptibilidad a fenómenos kársticos  
Sierra Oaxaca**



**Karst de montañas plegadas y falladas**

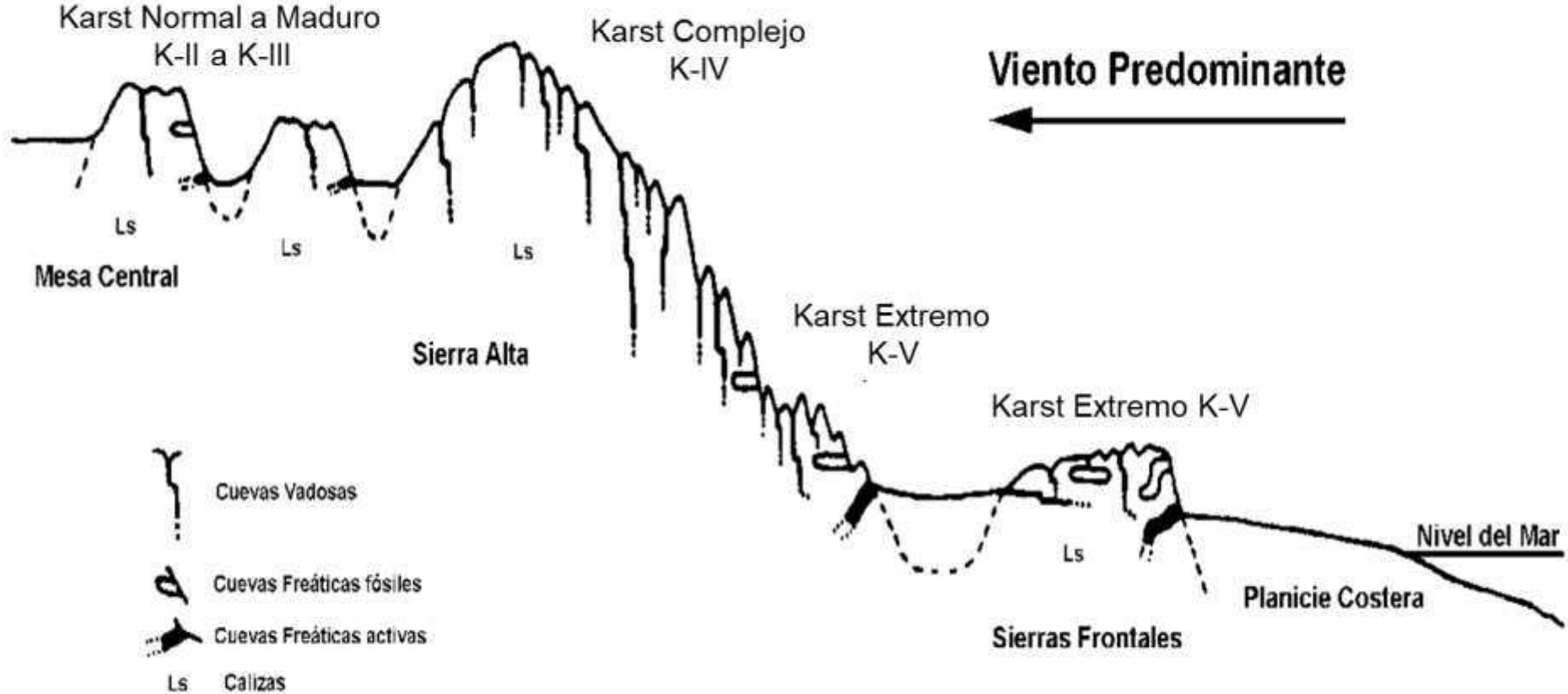
- K-V Extremo Oax
- K-IV Complejo Oax
- K-III Maduro Oax
- K-I Subdesarrollado Oax

Clasificación morfológica	Clasificación geotécnica	Perímetro (Km)	Área (Km²)	Población	Vivienda habitada	Centros de salud	Centros educativos	Presas	Aeródromos	Helipuertos	Carreteras (Km)	Puentes	Estaciones combustibles
Karst tropical	K-V Karst extremo	1,513	5,601	642,100	184,200	83	1,178	3	0	0	937	47	21
Karst bosque lluvioso	K-IV Karst complejo	556	2,138	235,100	60,800	42	514	0	0	0	448	16	4
Karst cálido subhúmedo	K-III Karst maduro	163	489	29,400	7,900	5	50	0	0	0	127	3	1
Calizas no karstificadas	K-I Subdesarrollado	196	444	15,400	3,900	0	15	0	0	0	265	2	1

**Total: 922,000**

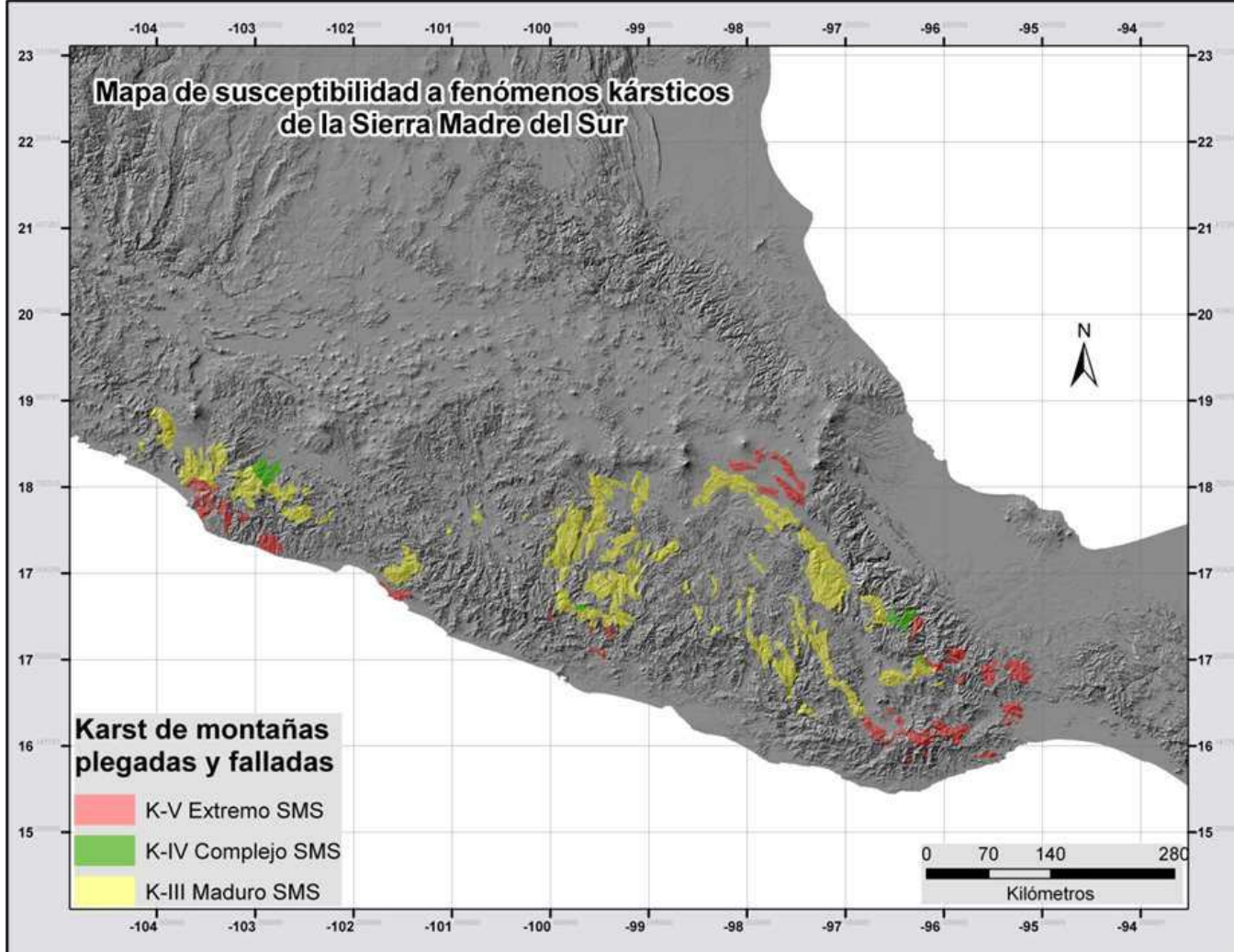
Oeste

Este



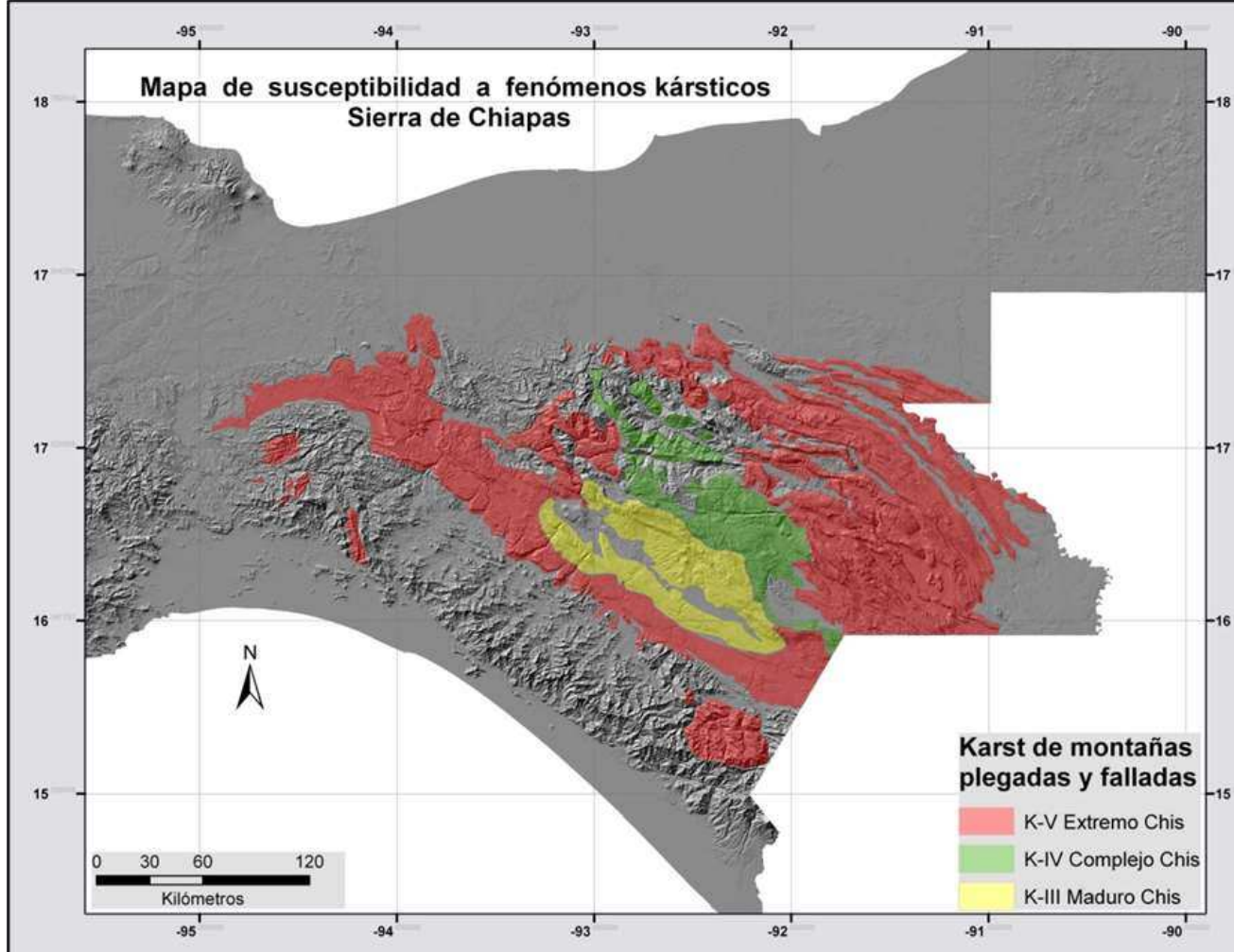
Patrón de tipos de desarrollo kárstico en la Sierra Madre Oriental y Sierras Orientales de Oaxaca.

Modificado de Espinasa-Pereña, 1990



Clasificación morfológica	Clasificación geotécnica	Perímetro (Km)	Área (Km <sup>2</sup> )	Población	Vivienda habitada	Centros de salud	Centros educativos	Presas	Aeródromos	Helipuertos	Carreteras (Km)	Puentes	Estaciones combustible
Karst tropical	K-V Karst extremo	2,944	6,803	312,500	105,300	34	470	1	1	0	1,323	20	7
Karst de bosque	K-IV Karst complejo	408	1,150	10,000	3,900	8	31	0	0	0	268	1	0
Karst cálido sub-humedo	K-III Karst maduro	6,850	24,585	700,500	239,600	221	1,327	13	5	1	4,113	94	33

Total: 1,023,000

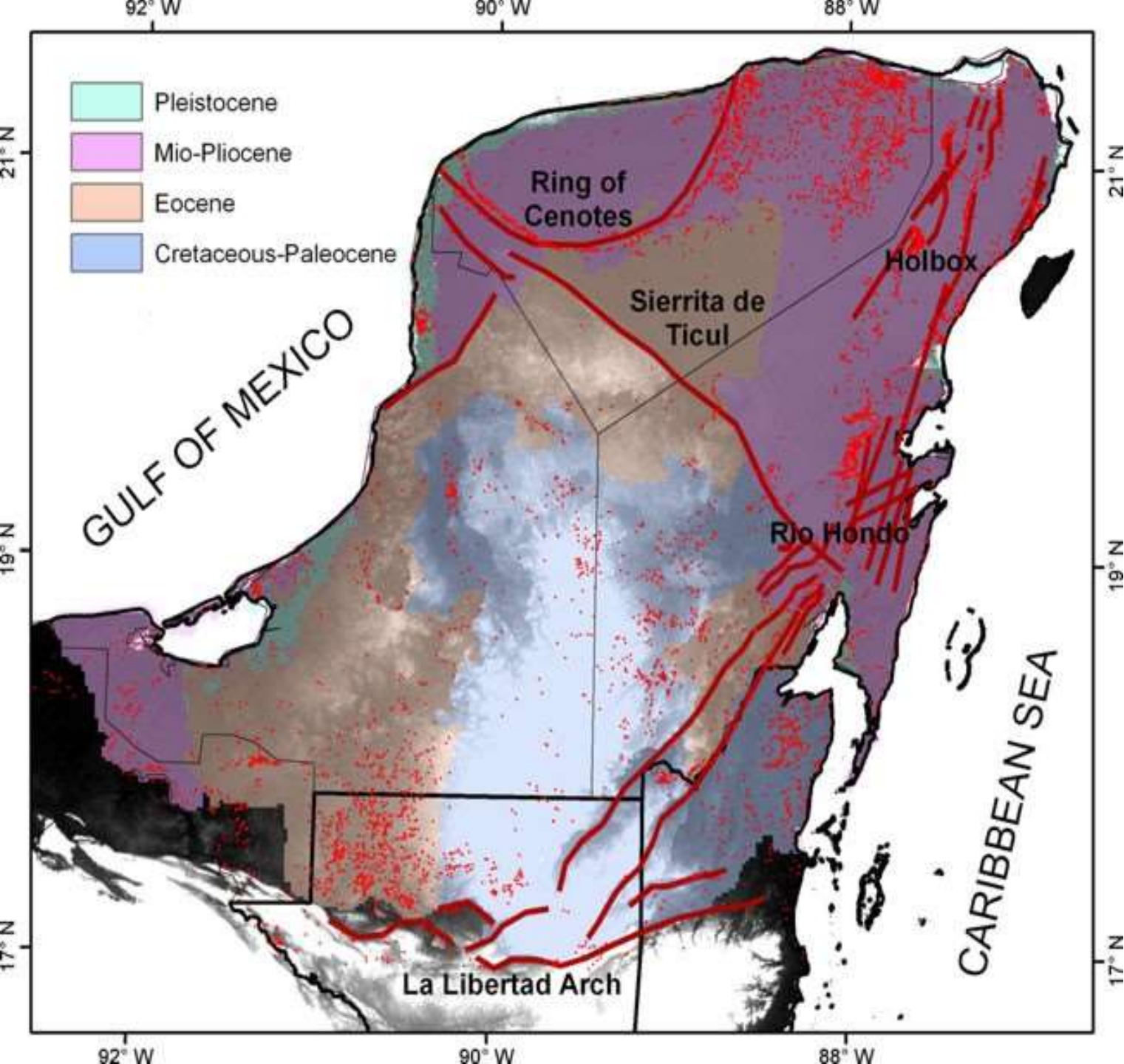


Clasificación morfológica	Clasificación geotécnica	Perímetro (Km)	Área (Km <sup>2</sup> )	Población	Vivienda habitada	Centros de salud	Centros educativos	Presas	Aeródromos	Helipuertos	Carreteras (Km)	Puentes	Estaciones combustible
Karst tropical	K-V Karst extremo	4,970	32,249	1,114,500	186,800	270	2,655	2	1	1	2,898	107	23
Karst bosque lluvioso	K-IV Karst complejo	1,038	4,822	607,300	153,200	107	1,184	0	2	0	1,187	25	20
Karst cálido sub-húmedo	K-III Karst maduro	729	508,809	247,600	67,800	50	561	1	0	0	699	28	9

Total: 1,969,400

El karst de la península de Yucatán,  
la mayor plataforma kárstica del planeta



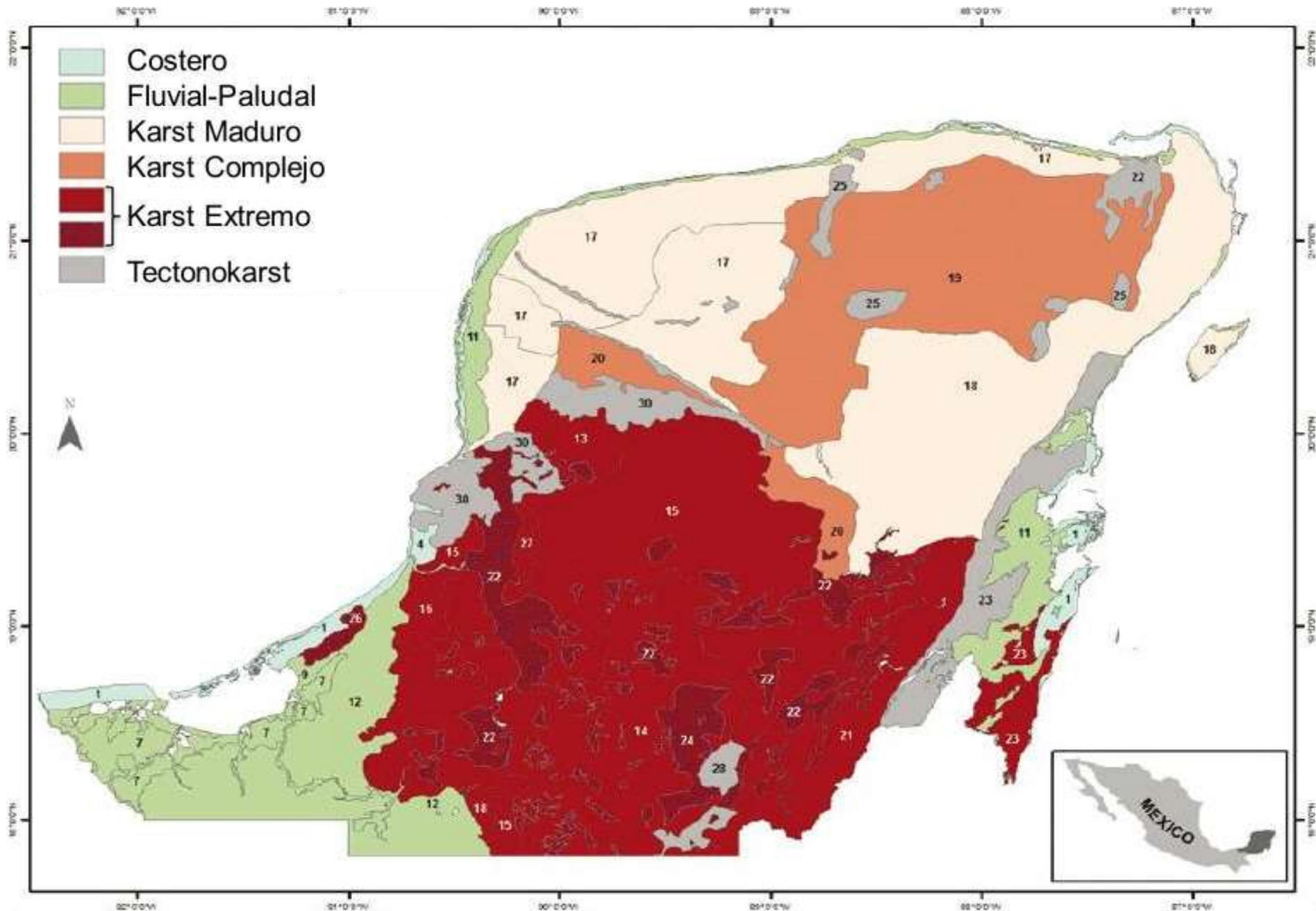


Geología de la península de Yucatán (Bauer-Gottwein *et al*, 2011).

Los puntos rojos son cenotes y cuevas.

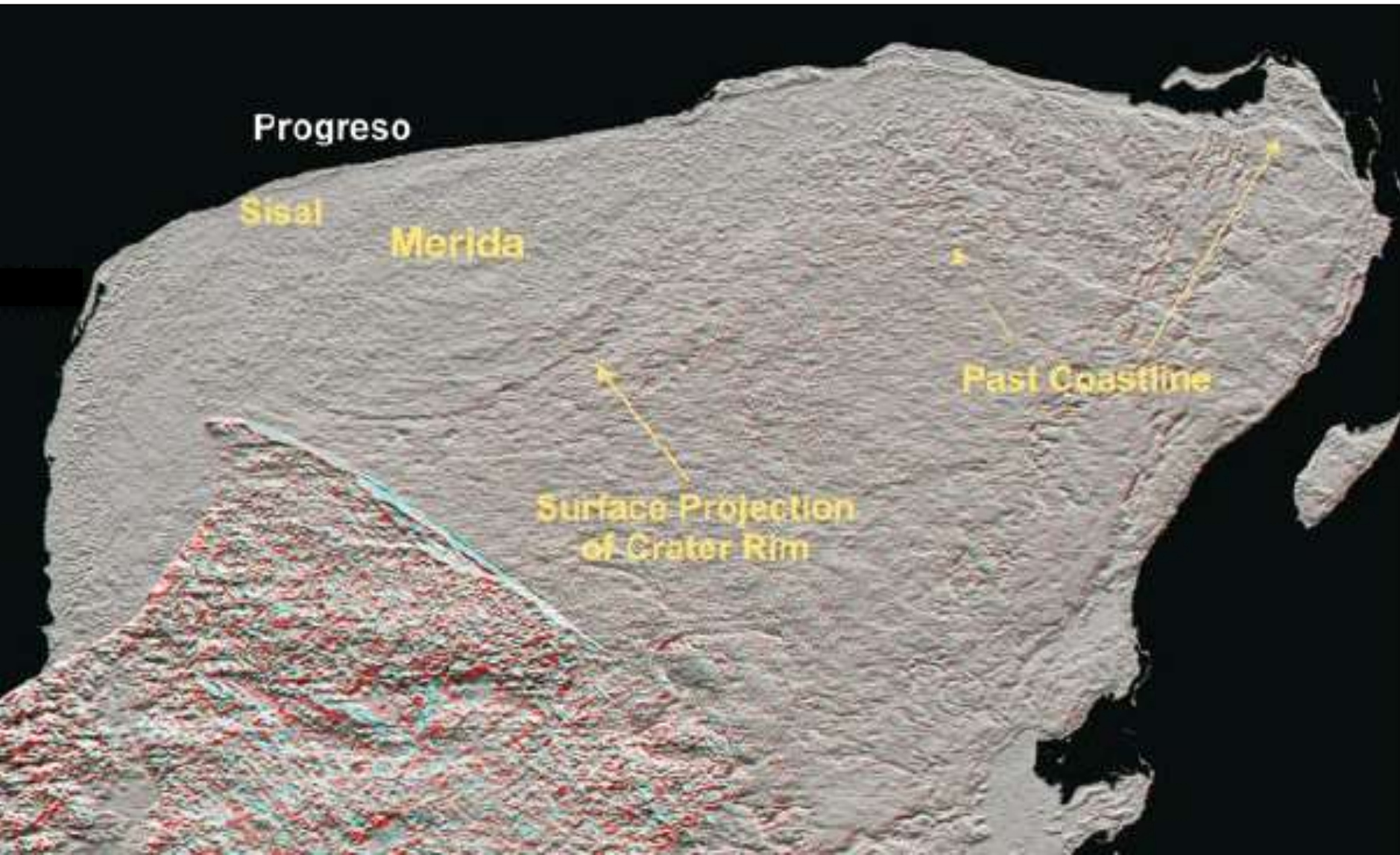
Las líneas rojas indican fallas

# Ambientes Geomorfológicos

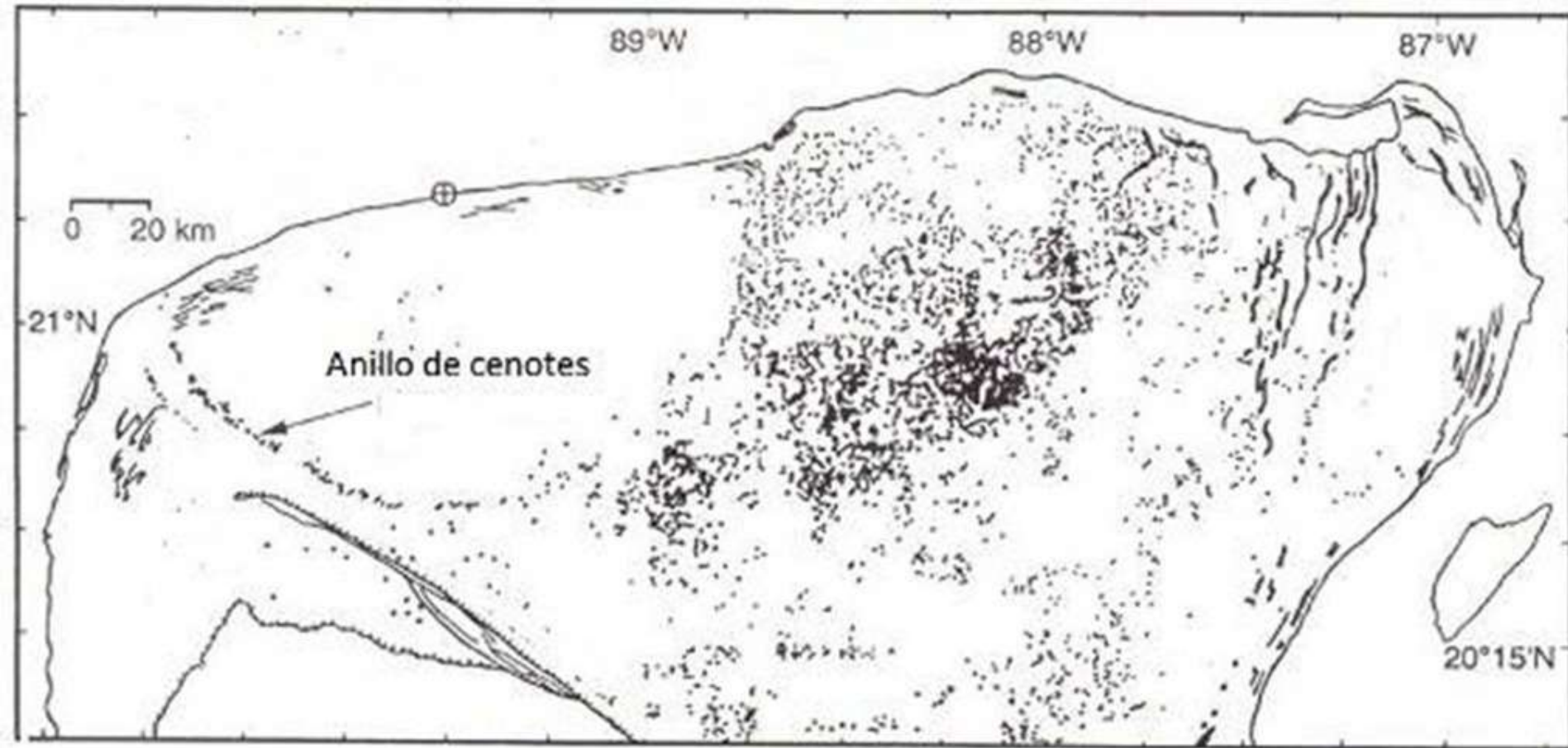




# Influencia del impacto meteorítico de Chicxulub

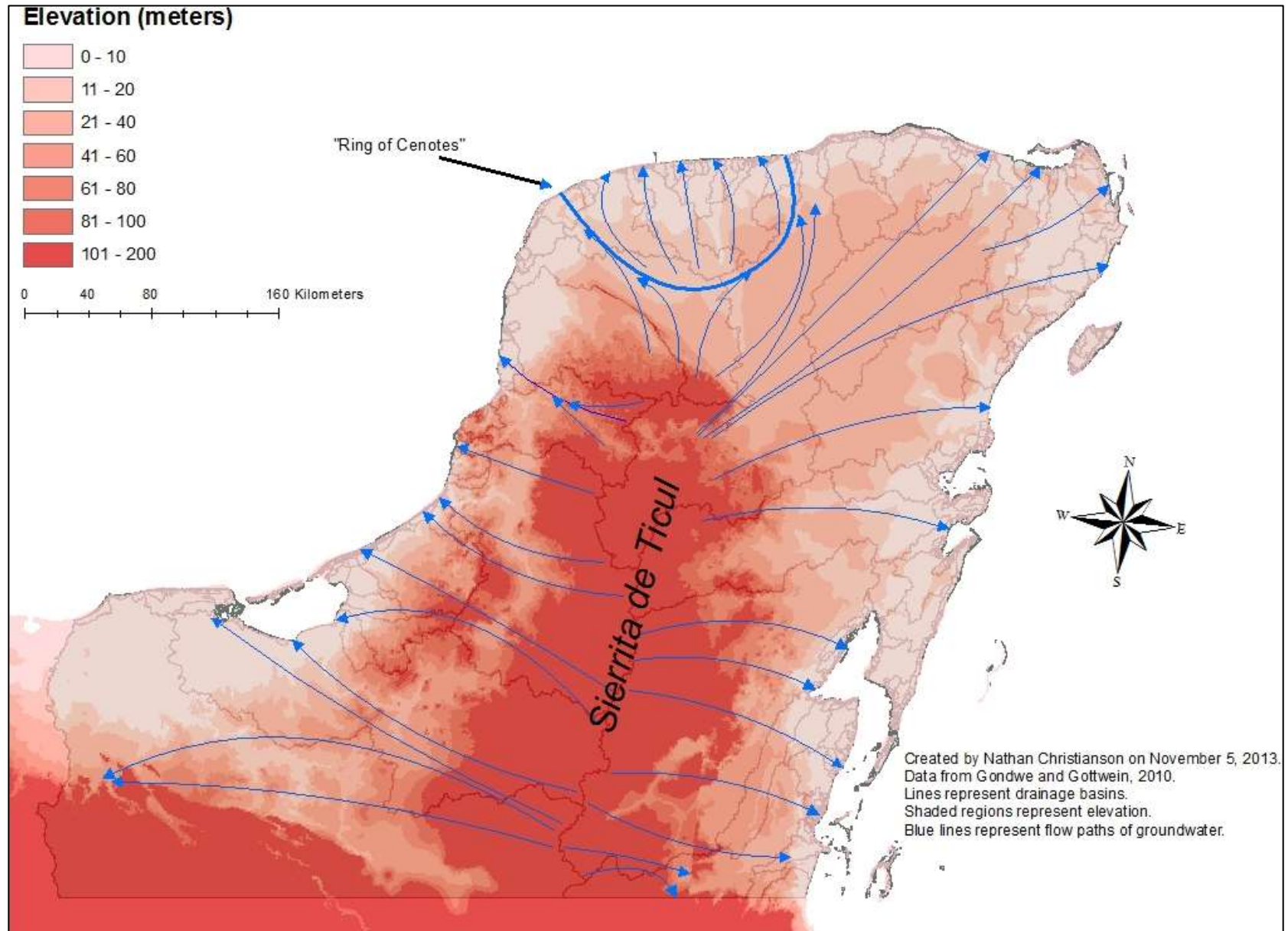


# Influencia del impacto meteorítico de Chicxulub

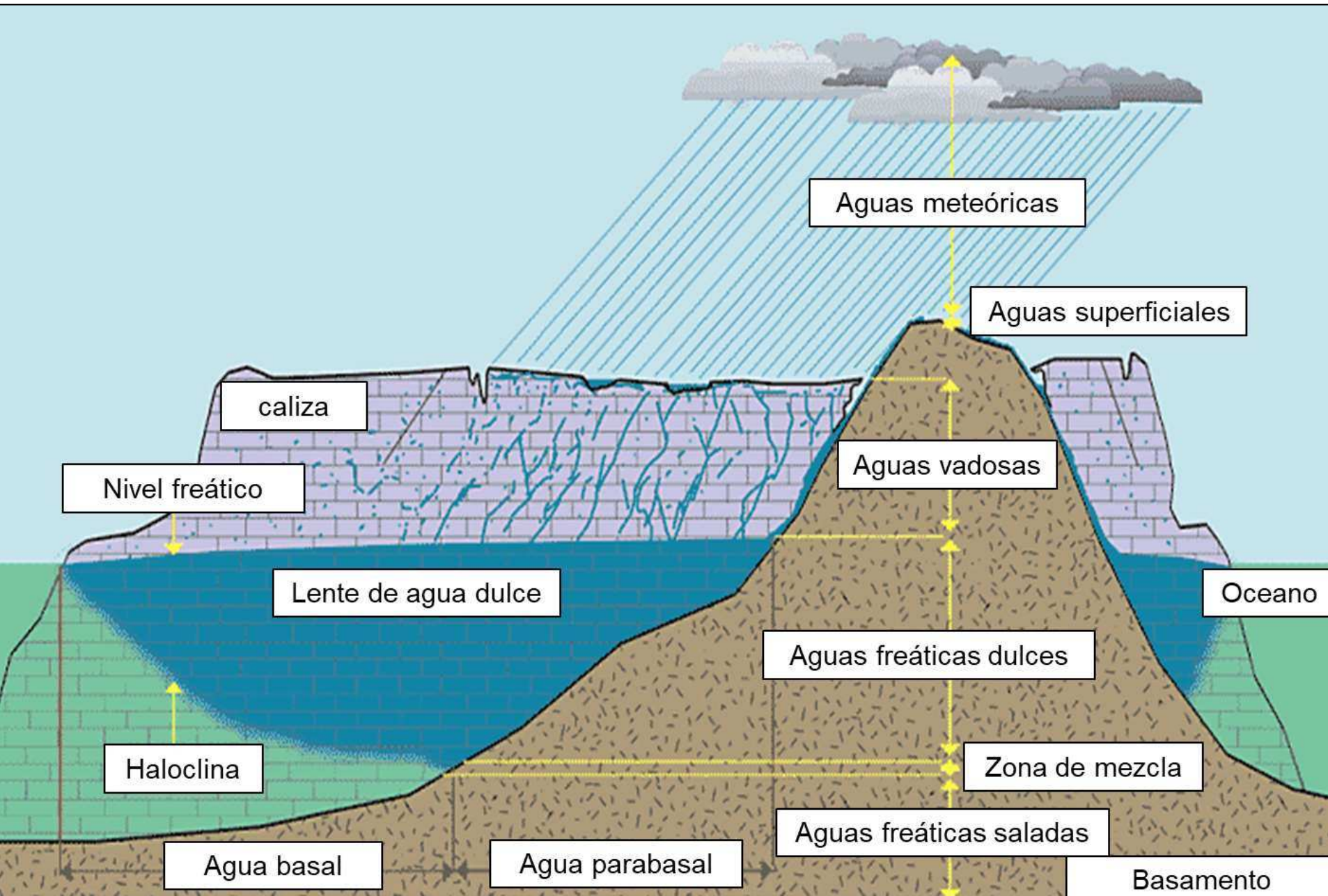


Distribución de cenotes en la región norte de la península

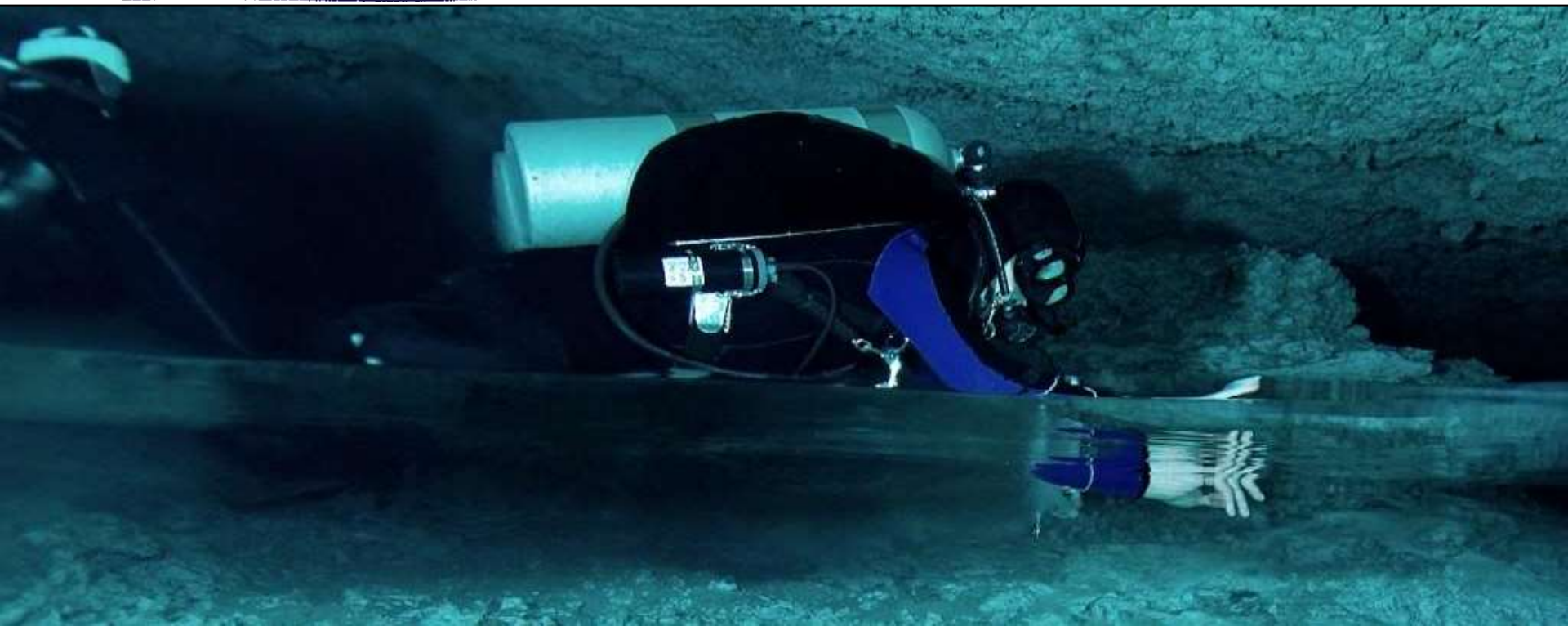
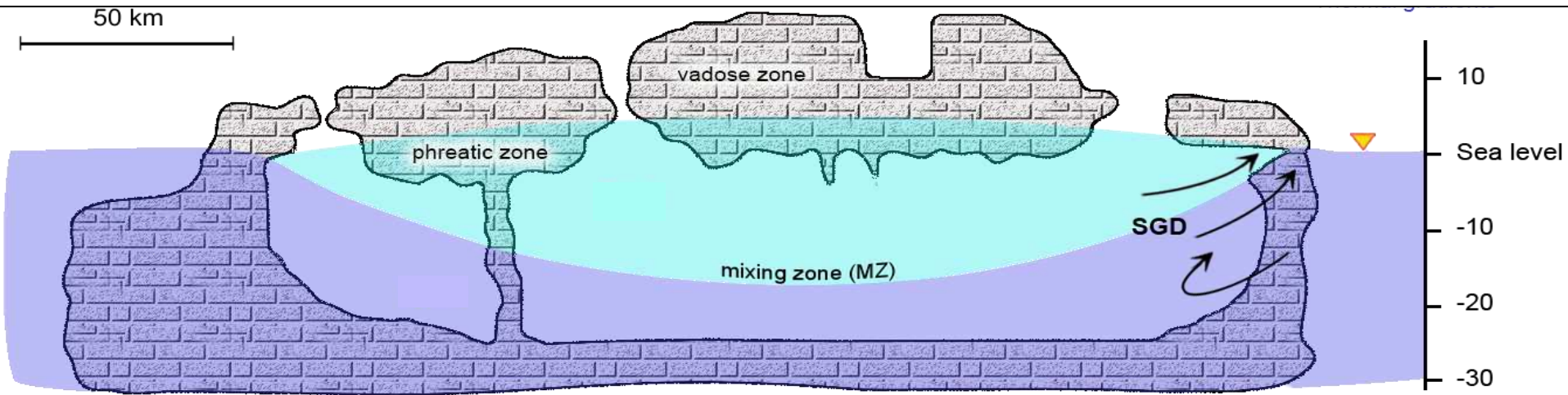
# Patrones de flujo de agua subterránea



# Formación de cavidades en plataformas costeras

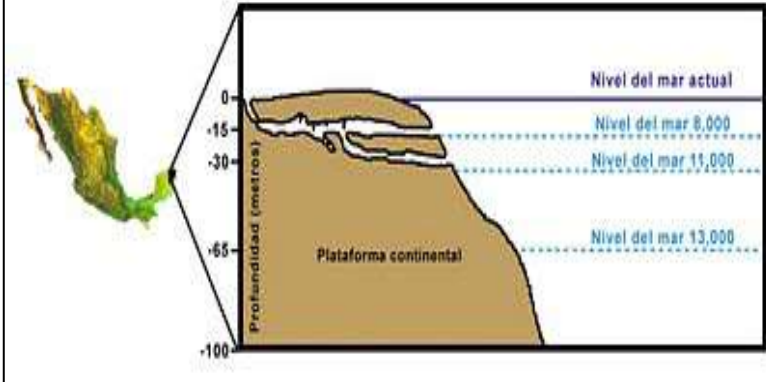


# Formación de cavidades en plataformas costeras

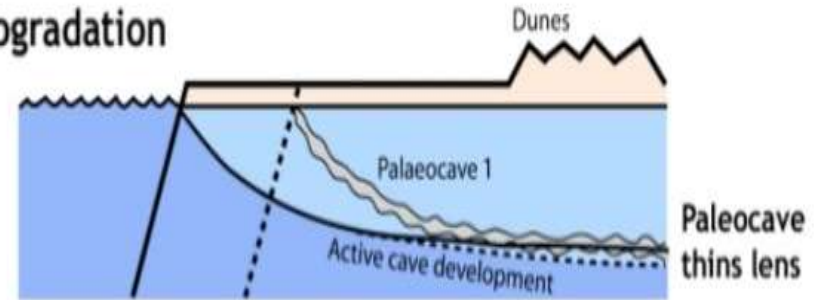


# Formación de cavidades en plataformas costeras

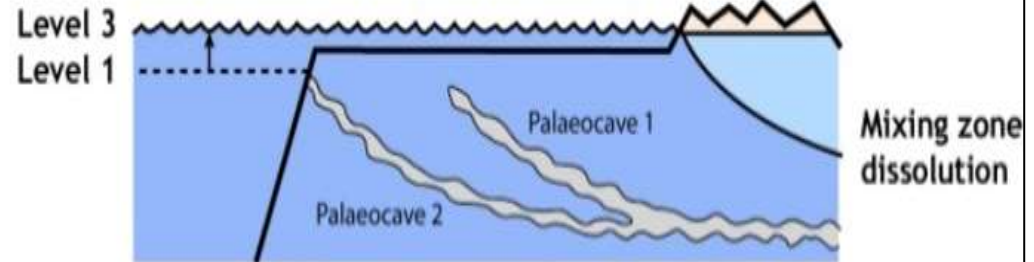
Cambios climáticos y niveles del mar Caribe a finales del Pleistoceno



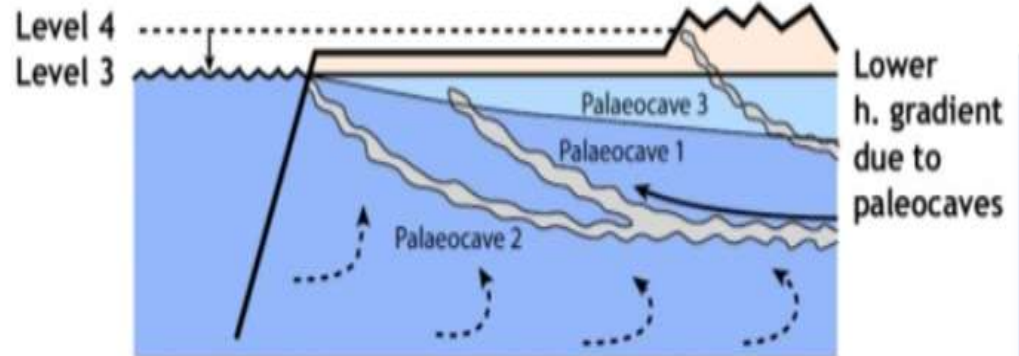
Progradation



Sea Level Rise



Sea Level Fall



Smart, Beddows et al, 2006

# Origen de los cenotes y cavernas de la Península de Yucatán

## Tipos de cenotes

Hay distintos tipos de formación de cenotes, y estos pueden variar ya sea por tamaño, profundidad o dimensión.



### 1. Caverna

Se localiza dentro de cavernas cuya entrada es lateral y es el lugar donde los mayas practicaban ceremonias para venerar el agua.

### 2. Cántaro

Los cenotes en forma de cántaro, tienen una pequeña abertura superior, que se va ensanchando entre más profundo sea.

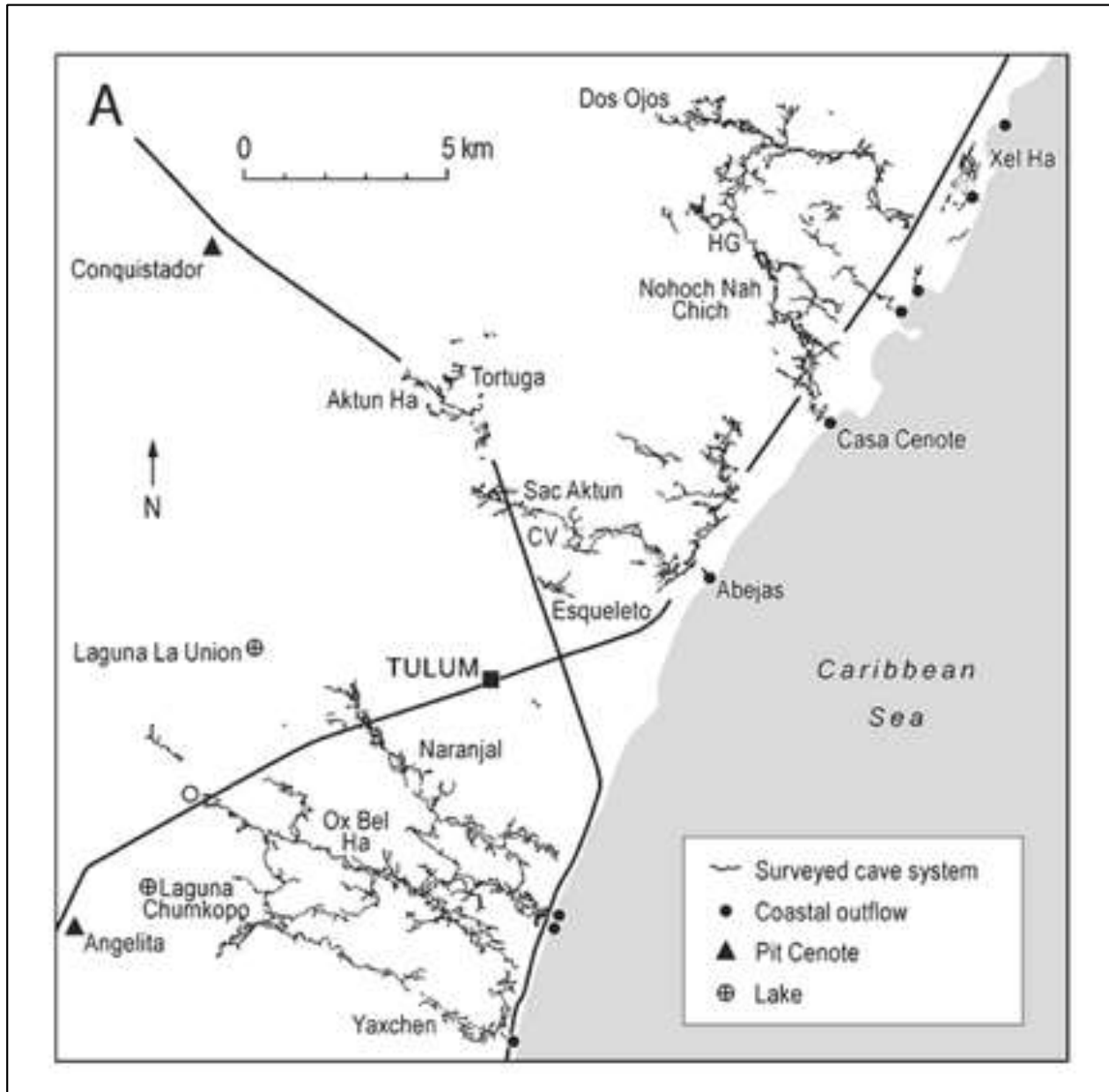
### 3. Vertical

Son en forma de caída libre de varios metros hasta el espejo de agua. Con paredes verticales y forma cilíndrica.

### 4. Aguada

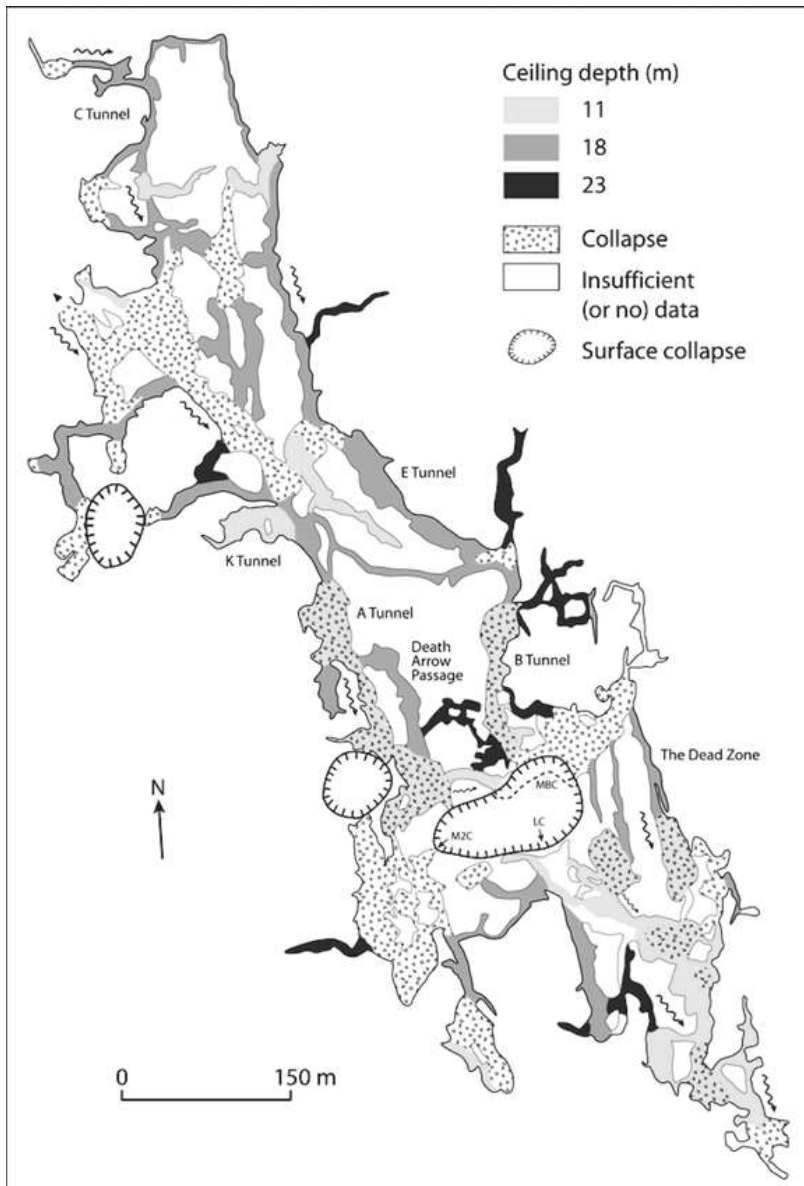
Se les conoce también como cenotes de lavabo, se asemejan a una laguna, ya que son ovalados y almacenan el agua propia del cenote y de las lluvias.

# El mayor sistema de cavidades kársticas en el mundo



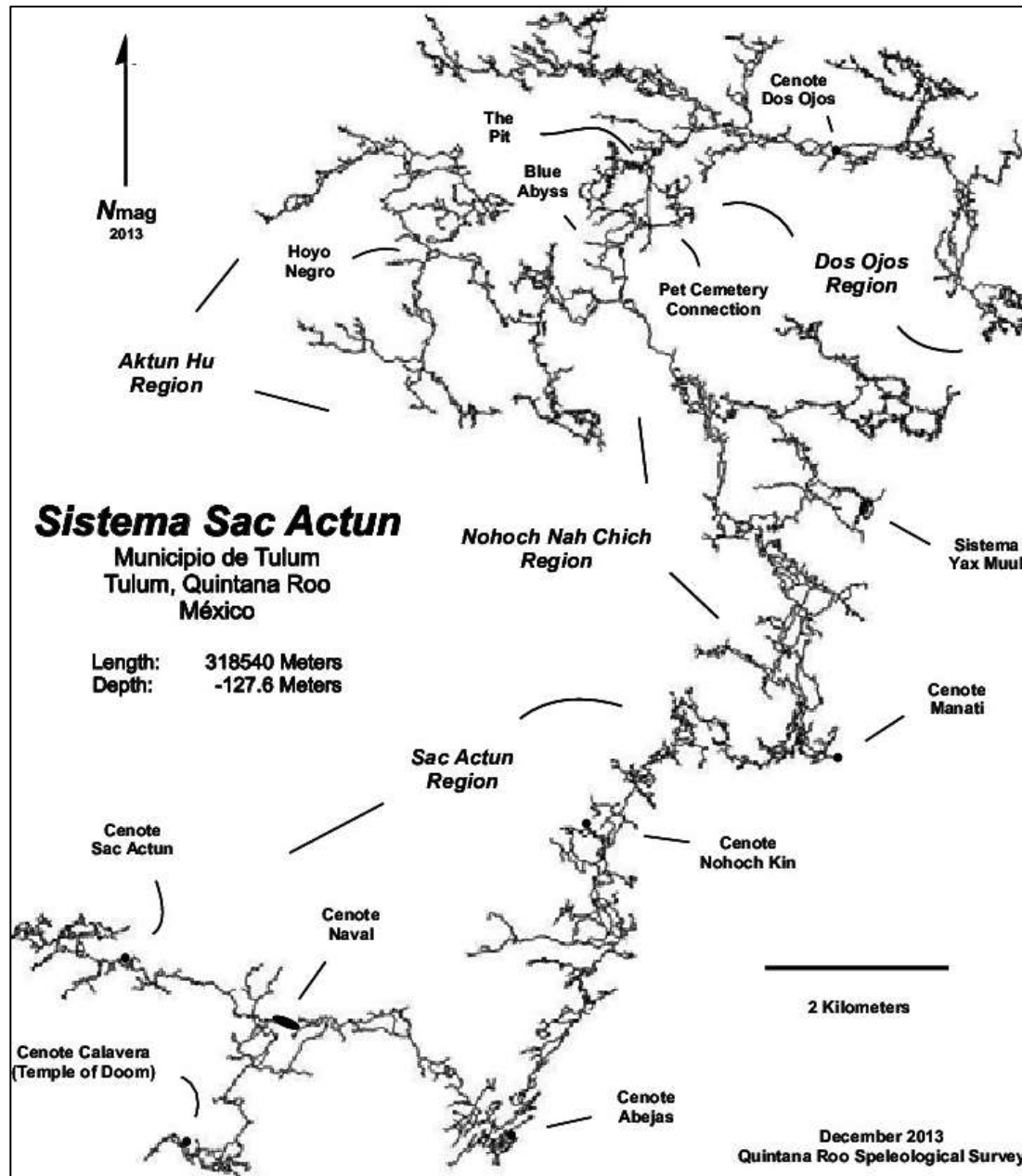


# El mayor sistema de cavidades kársticas en el mundo

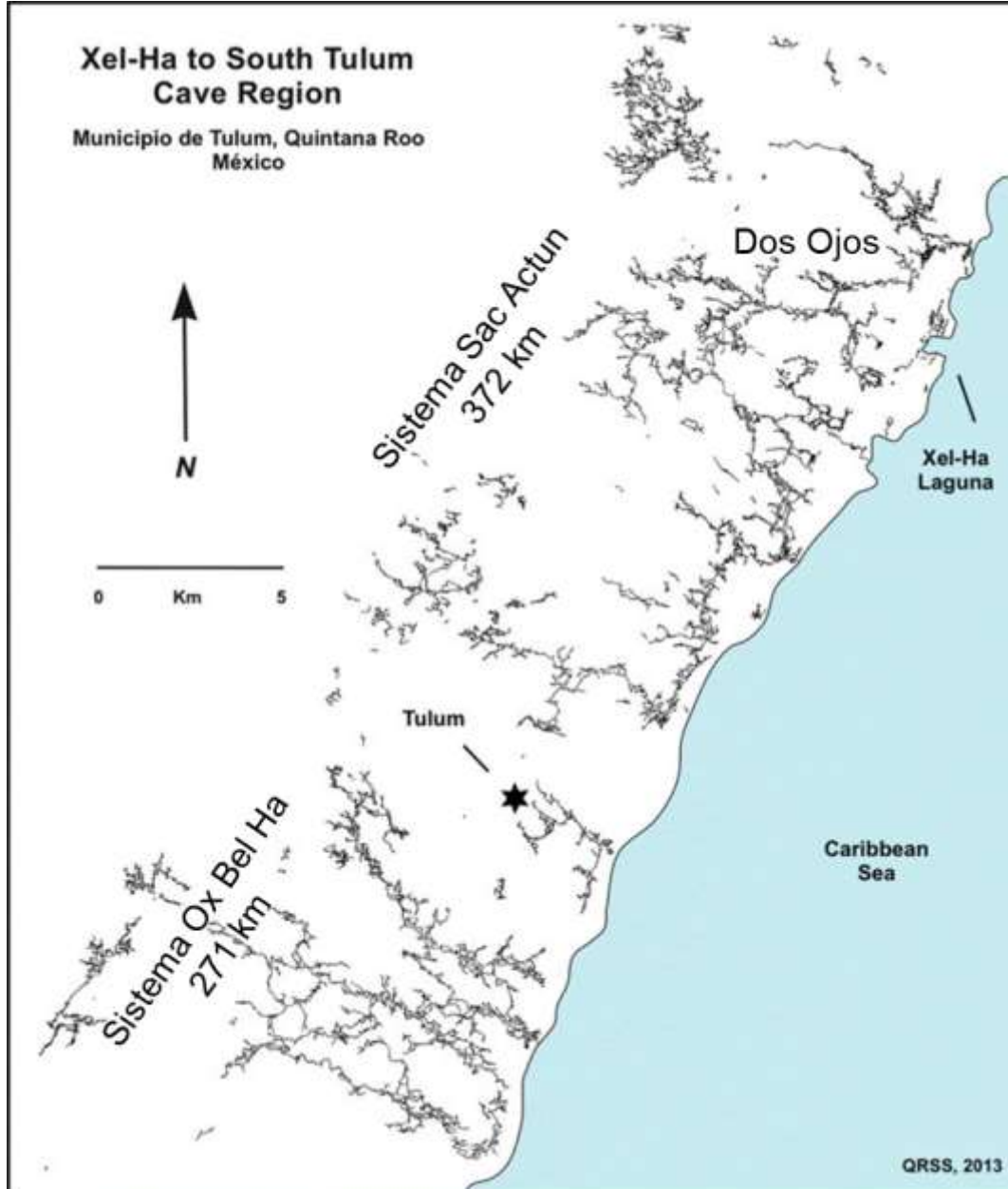


Topografía en planta del área Mayan Blue, en el sistema Naranjal (Ox Bel Ha) mostrando los pasajes lateralmente continuos y áreas afectadas por colapsos

# El mayor sistema de cavidades kársticas en el mundo



# El mayor sistema de cavidades kársticas en el mundo



# Influencia del karst en los arrecifes coralinos

## Caletas – Descarga de agua subterránea

Descarga subterránea mediante ojos de agua y caletas. Cuevas colapsadas muy grandes

KNOWN  
OUTFLOWS  
→ SUSPECTED  
OUTFLOWS

Xel Ha

Fracturas conjugadas  
sub-paralelas a la costa

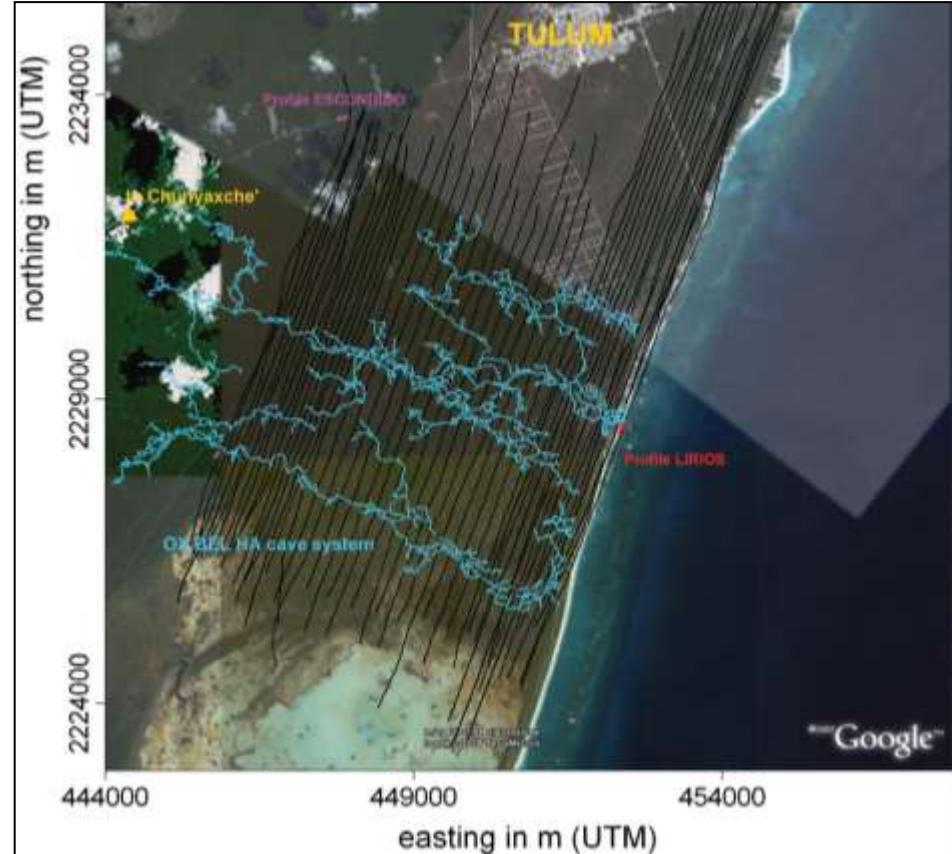
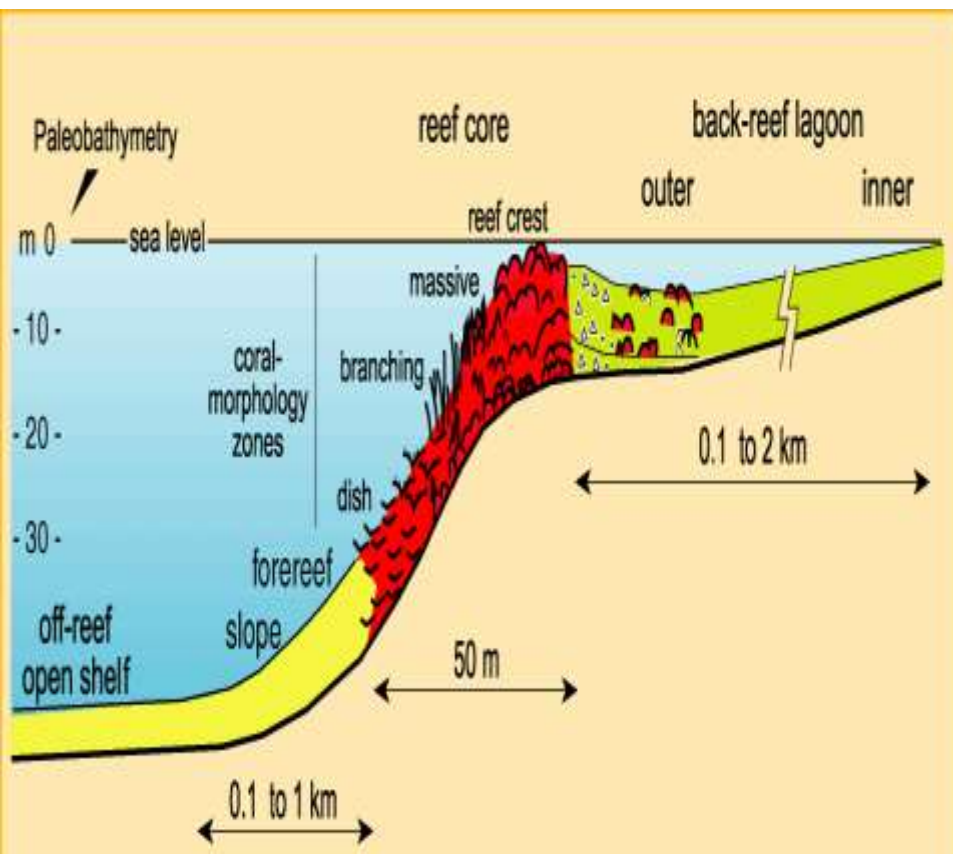
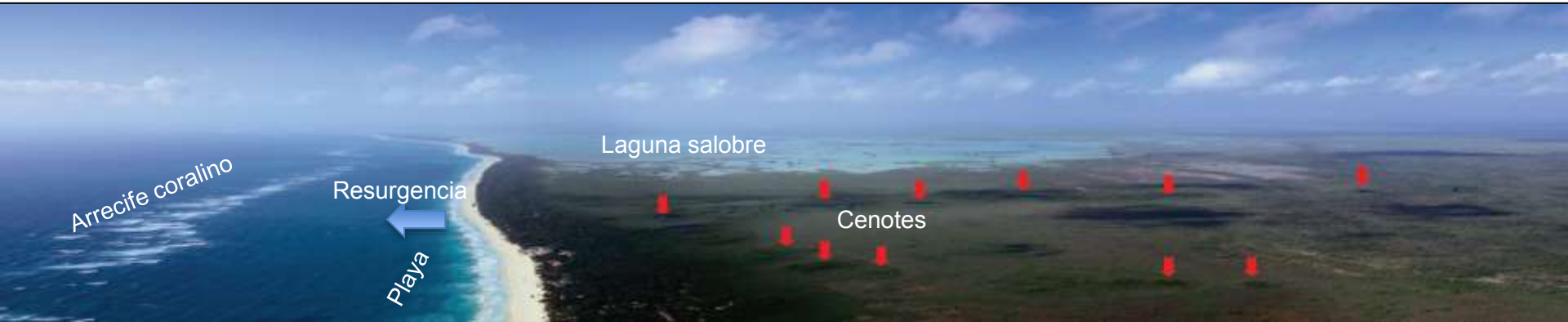
400 m

© 2008 Google

Image © 2008 DigitalGlobe



# Influencia del karst en los arrecifes coralinos



# Influencia del karst en los arrecifes coralinos

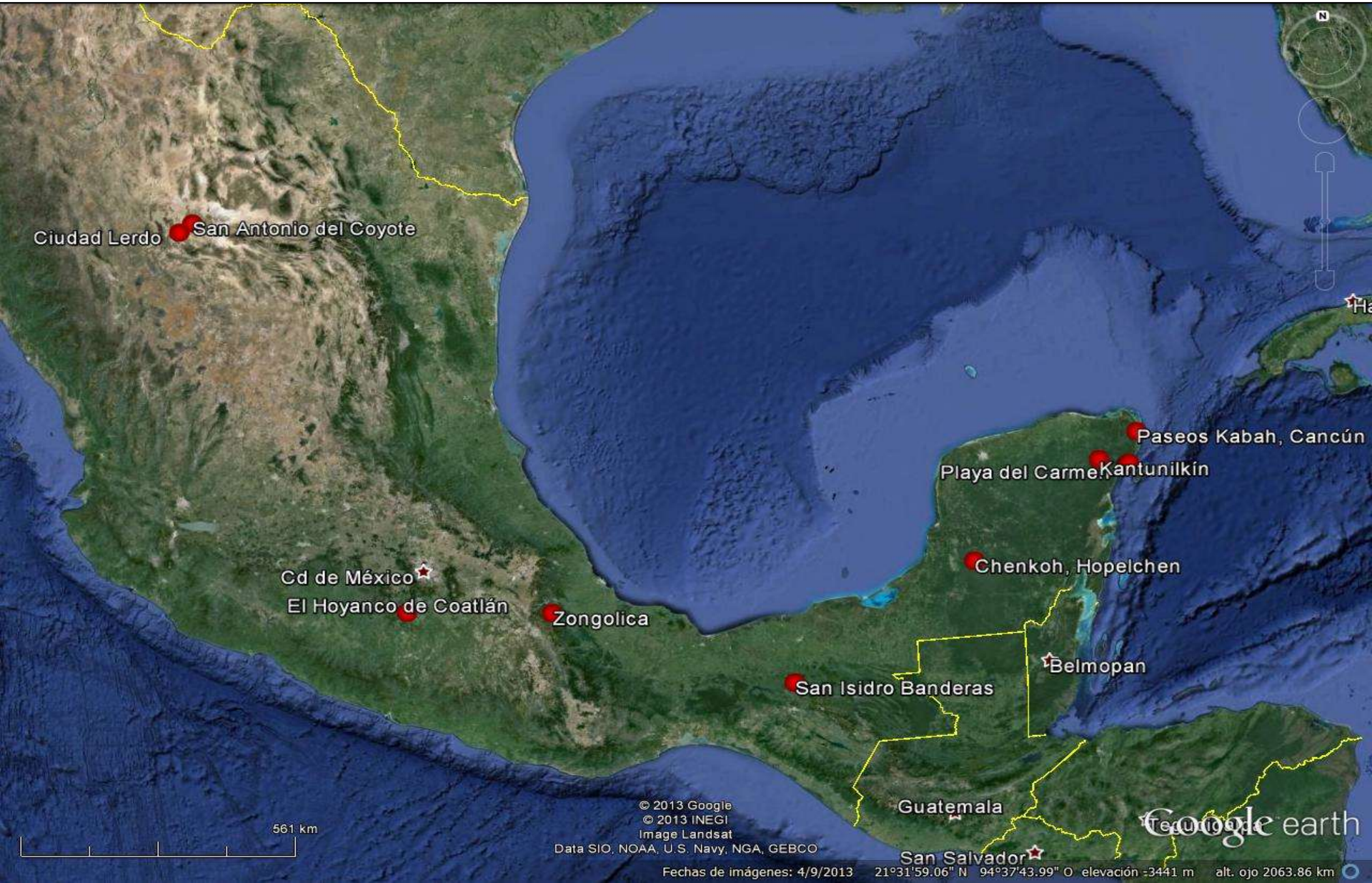




Cavidades por Longitud de Galerías	Estado	Longitud (metros)
<b>Sistema Sac Actun-Dos Ojos</b>	Quintana Roo	371,958
<b>Sistema Ox Bel Há</b>	Quintana Roo	271,026
<b>Sistema K'oox Baal</b>	Quintana Roo	100,431
<b>Sistema Purificación</b>	Tamaulipas	94,889
<b>Sistema Huautla</b>	Oaxaca	88,707
<b>Sistema Xunaan-Há</b>	Quintana Roo	60,445
<b>Sistema Cheve</b>	Oaxaca	55,007
<b>Sistema Yok Ha' Hanil (Río Secreto)</b>	Quintana Roo	51,911
<b>Sistema Toh Há</b>	Quintana Roo	47,746
<b>Sistema Garra de Jaguar</b>	Quintana Roo	47,279
<b>Cueva del Tecolote</b>	Tamaulipas	40,475
<b>Sistema Cuetzalan</b>	Puebla	37,676

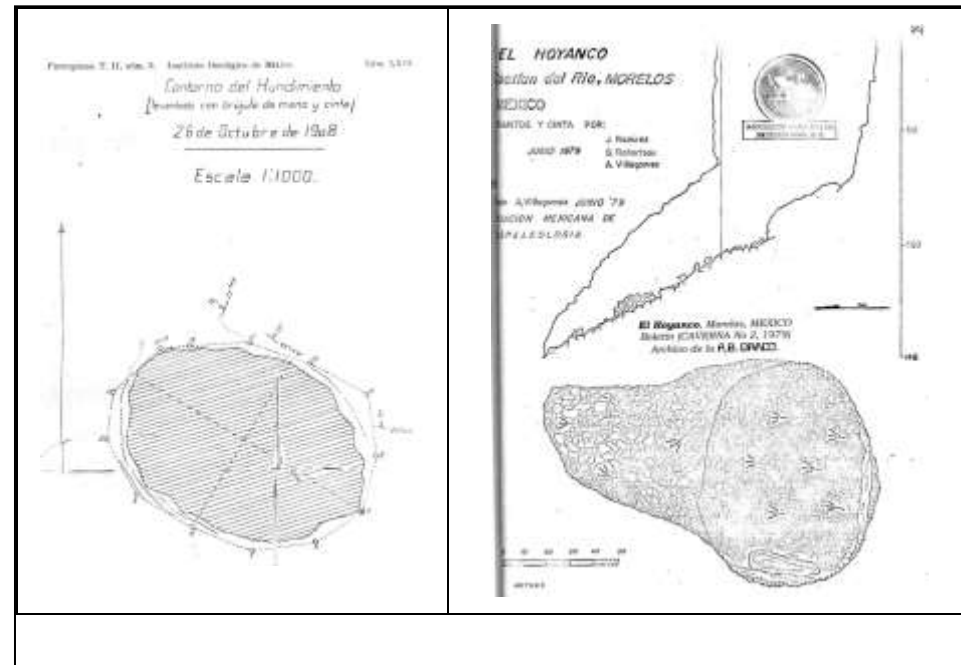
Cavidades por Desnivel Recorrido	Estado	Profundidad (metros)
<b>Sistema Huautla</b>	Oaxaca	1,560
<b>Sistema Cheve</b>	Oaxaca	1,524
<b>Cueva Charco</b>	Oaxaca	1,278
<b>Sistema J2 + Last Bash</b>	Oaxaca	1,229
<b>Akemati - Akemasup</b>	Puebla	1,226
<b>Kijahe Xontjoa</b>	Oaxaca	1,223
<b>Sistema Nogochl</b>	Puebla	1,182
<b>Sistema Ocotempa</b>	Puebla	1,070
<b>Soncongá</b>	Oaxaca	1,014
<b>Sistema Tepepa</b>	Puebla	968
<b>Sistema Purificación</b>	Tamaulipas	957
<b>Guixani N'día Kijao</b>	Oaxaca	955

# Algunos casos de afectaciones producidas por fenómenos kársticos





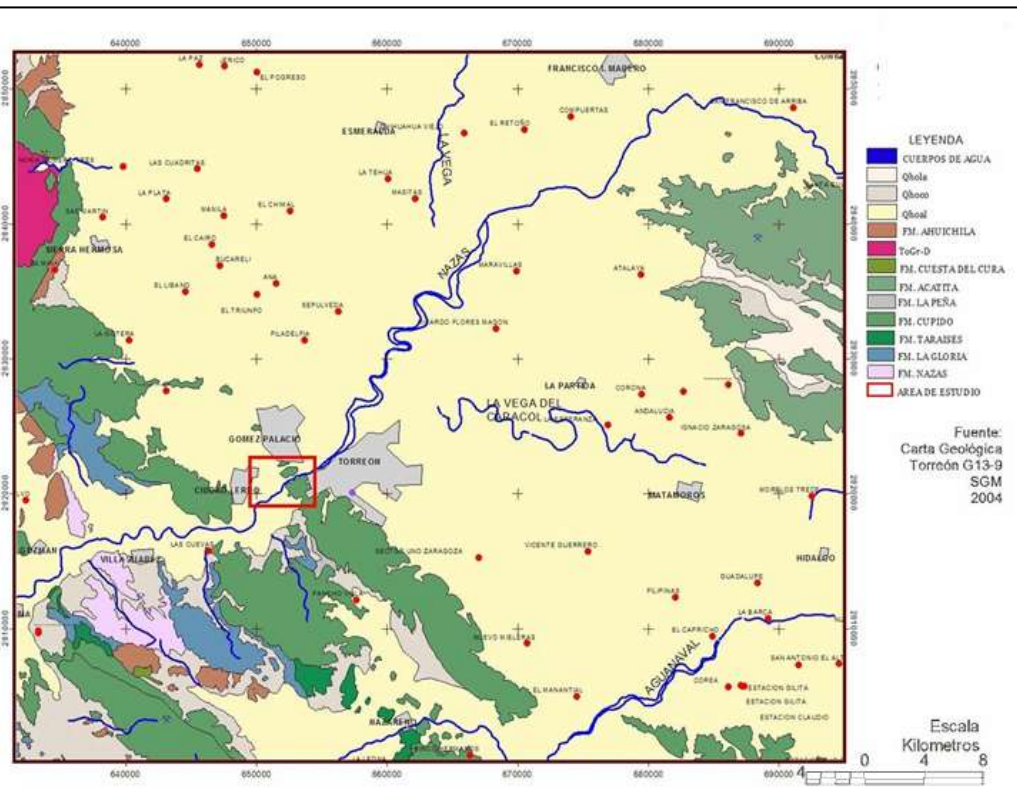
# El Hoyanco, Coatlán del Río, Morelos, 1908



# San Isidro las Banderas, Pantepec, Chiapas, 2003



# Zona conurbada Torreón-Gómez Palacios-Ciudad Lerdo



# Zona conurbada Torreón-Gómez Palacios-Ciudad Lerdo



# San Antonio del Coyote, Coahuila, 2011



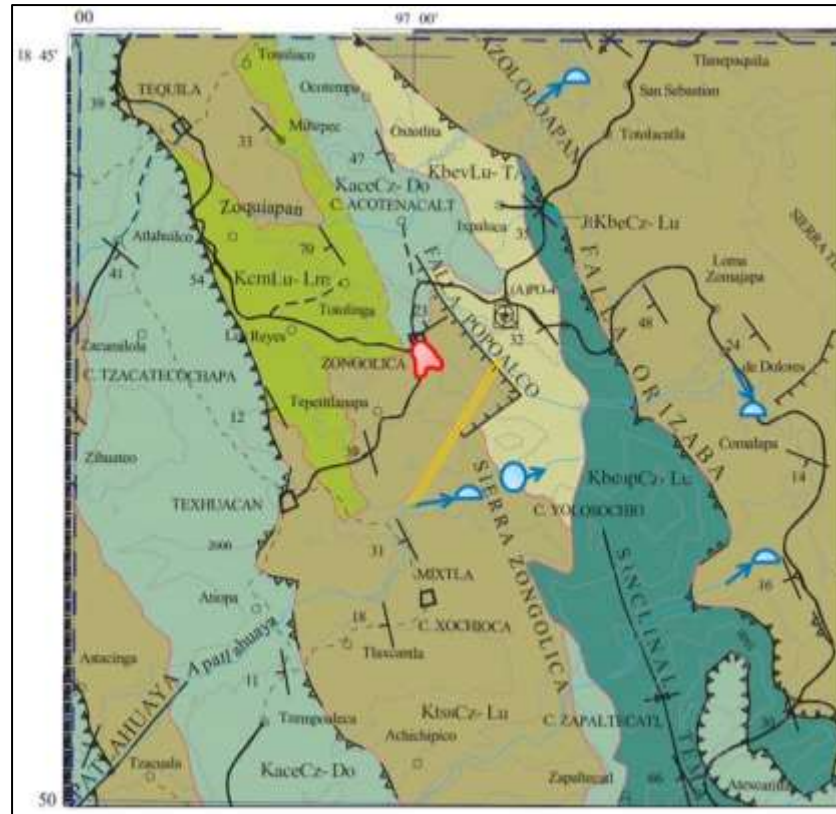
Depósitos de aluvión (suelos cohesivos) que forman las extensas planicies entre las serranías



Canal de riego



# Inundaciones en Zongolica, Veracruz, 2012



Mapa geológico y de fenómenos kársticos, Región de Zongolica, Veracruz

-  Sumideros
-  Resurgencia
-  Dolina de Zongolica
-  Canal P.H. Zongolica

MASTECAYAN	71.1		San Juan La
CARBUENGO	81		San Juan La
SANTOBAHO	86		San Juan La
LODOLCAYAN	87		San Juan La
TURQUEÑO	85		San Juan La
GERMANIANO	87.1		San Juan La
ALBUCA	104.1		San Juan La

Coladera en el resumidero principal



# Hundimientos kársticos recientes en Quintana Roo



Hundimiento frente a una casa del conjunto habitacional Paseos Kabah, en Cancún

Relleno de la cavidad con arena, la cual será arrastrada por el agua en el futuro, causando nuevos colapsos



Vista de la cavidad bajo el Hotel Maya del Carmen, utilizada como discoteca



Hundimiento en la carretera de acceso al poblado de Nuevo Durango, Quintana Roo, por el colapso del techo de una cavidad kárstica



# Efectos del crecimiento poblacional en el karst de Quintana Roo

CUADRO 2

*Infraestructura turística en Quintana Roo*

Año	Número hoteles	Número de cuartos de hotel
1981	196	9 449
1990	252	22 122
2005	*773	**59 517

\* De los cuales, 146 en Cancún; 354 en Riviera Maya (Playa del Carmen); 53 en Cozumel; 52 en Isla Mujeres; 42 en Chetumal; 49 en Costa Maya; 14 en Puerto Morelos; 30 en Holbox; 8 en Kantunilkin; 7 en Carrillo Puerto; 10 en Bacalar; 5 en José María Morelos; 1 en Kohunlich; 1 en Chiquila, y 1 en Ignacio Zaragoza.

\*\* De los cuales 28 977 se ubican en Cancún, 23 512 en Riviera Maya, el resto en Cozumel, Chetumal, Isla Mujeres y otras localidades.



CUADRO 6

*Ocupación del territorio*

Localidad	Ocupación del territorio m <sup>2</sup>		
	1980	1990	2005
Alfredo V. Bonfil	935 000	2 717 500	15 355 000
Bacalar	2 337 500	3 070 000	4 105 000
Calderitas	1 155 000	1 677 500	1 952 500
Cancún	6 125 000	13 677 500	52 960 000
Chetumal	9 765 000	17 635 000	22 757 500
Chunhuhub	265 000	572 500	1 447 500
Cozumel	0	6 825 000	9 185 000
Dziuche	185 000	482 500	1 092 500
Felipe Carrillo Puerto	1 100 000	2 590 000	5 657 500
Isla Mujeres	0	1 040 000	1 980 000
Javier Rojo Gómez	487 500	657 500	790 000
Joaquín Zetina Gasca	40 000	270 000	1 032 500
José María Morelos	552 500	1 397 500	3 057 500
Kantunilkin	405 000	872 500	1 735 000
Leona Vicario	172 500	472 500	2 345 000
Nicolás Bravo	637 500	1 680 000	2 147 500
Playa Del Carmen	42 500	1 500 000	8 425 000
Tihosuco	275 000	375 000	1 205 000
Tulum	25 000	305 000	1 562 500

FUENTE: M.E. Rubio, "Proyecto de investigación para obtener DEA: vulnerabilidad de ecosistemas de la Costa de Quintana Roo a la potencial contaminación de las aguas subterráneas continentales: bases para diseño experimental". Doctorado en Ecología y Medio Ambiente, Universidad Complutense de Madrid, España.



# Efectos del crecimiento poblacional en el karst de Quintana Roo



**La Jornada.** San Luis

■ Alumna de posgrado de la UNAM realiza primer estudio sobre el tema

## Detectan materia fecal en cenotes yucatecos, entre otros contaminantes

■ En algunos de esos cuerpos hídricos los niveles de cadmio, plomo, mercurio y níquel rebasan las cantidades determinadas en las normas oficiales, destaca Libertad Velázquez, de Ciencias del Mar

MARTES 12 DE NOVIEMBRE DE 2013



# Efectos del crecimiento poblacional en el karst de Quintana Roo



Belfast 1975

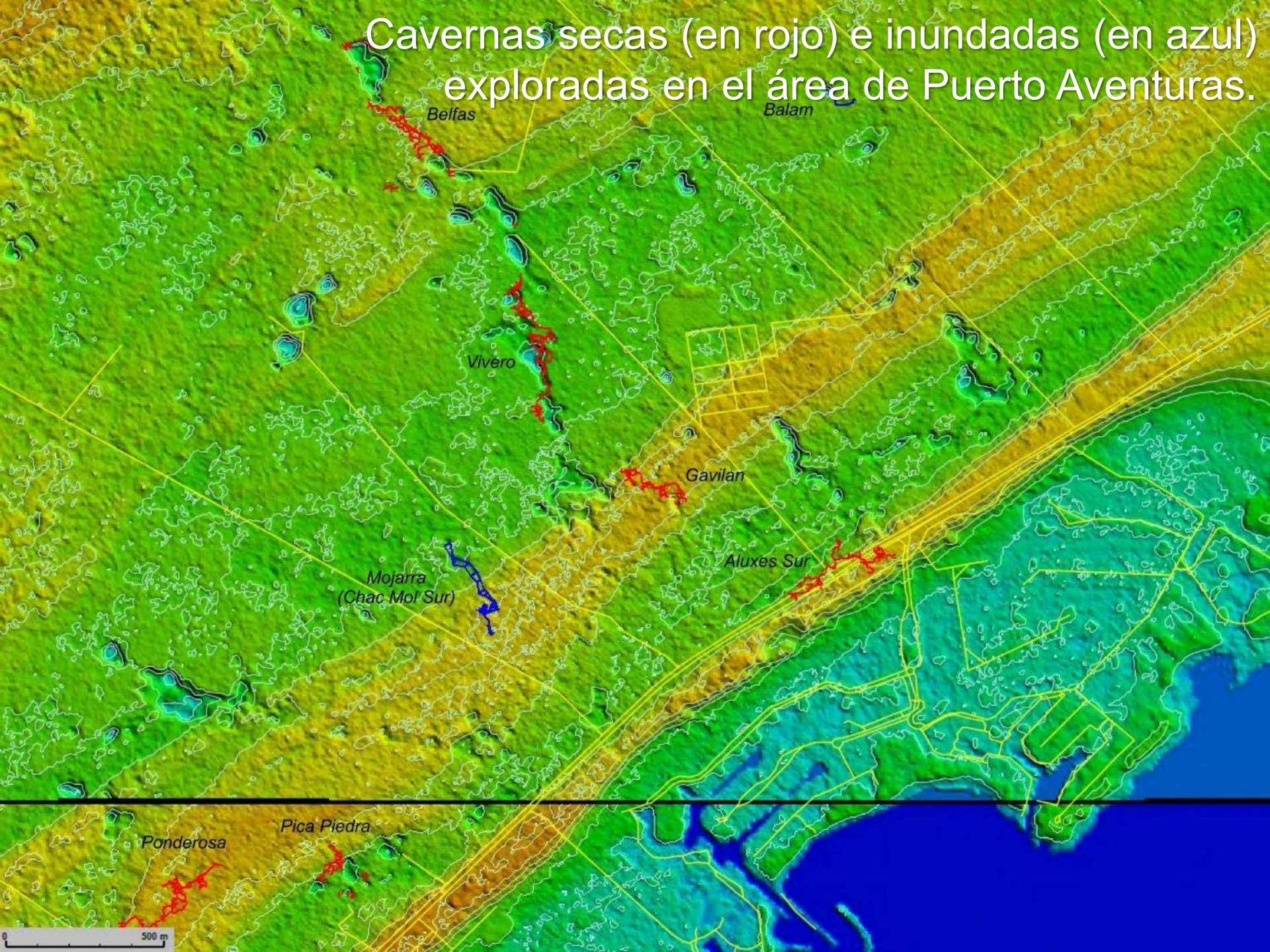


Puerto Aventuras 2012

Inexistente en 1975, Puerto Aventuras consiste en una Marina con desarrollos turísticos al sureste de la carretera, y un pueblo para los trabajadores al noroeste.

Puerto Aventuras 2023

Cavernas secas (en rojo) e inundadas (en azul) exploradas en el área de Puerto Aventuras.



## Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras



El Sistema Aluxes consiste de pasajes secos y lagos. Esta porción está situada bajo la parte original del pueblo, en la que no hay tratamiento de desechos, por lo que el drenaje entra directamente a la caverna

# Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras



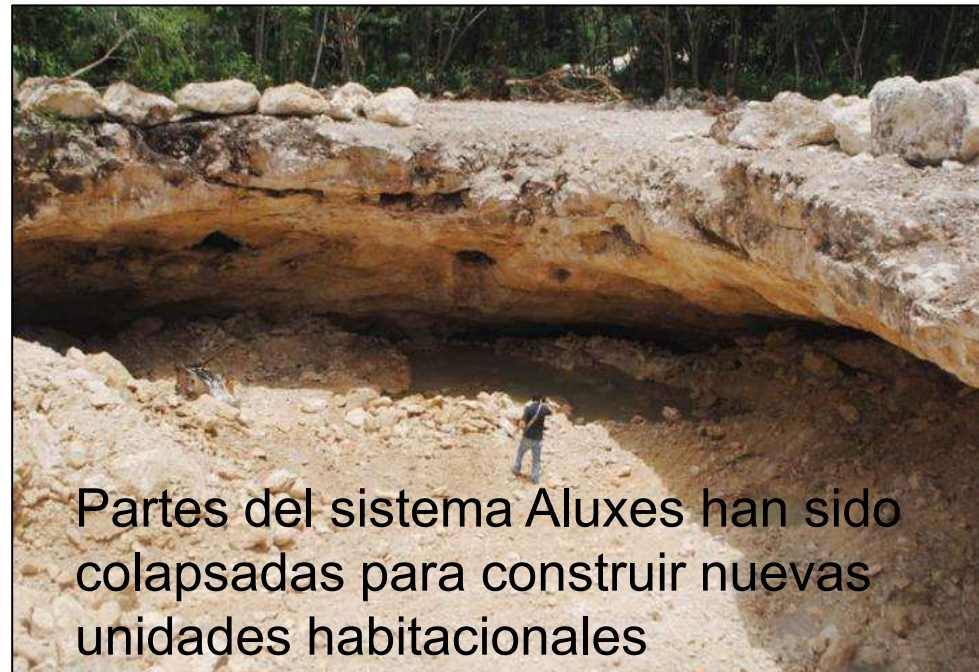
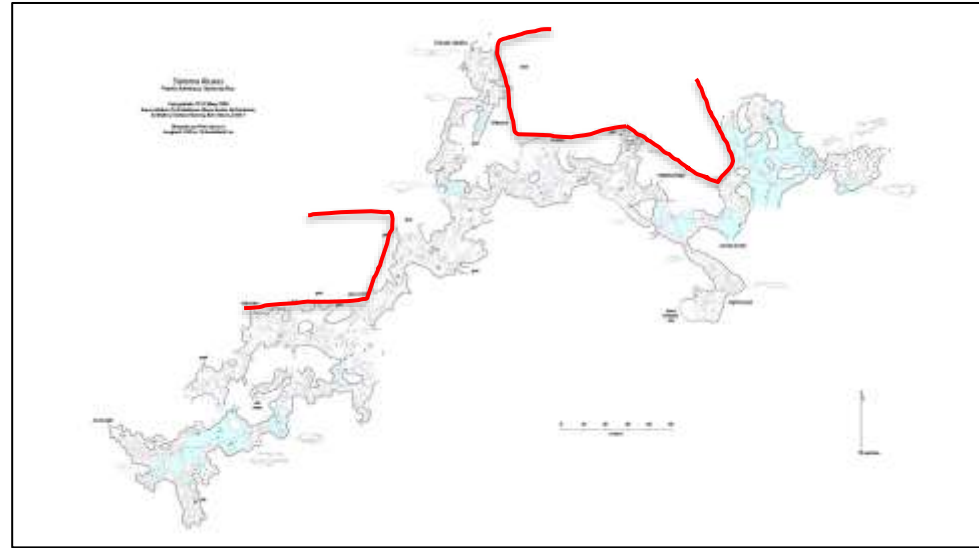
**La cuneta de la carretera drena directamente al Sistema Aluxes Sur**

# Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras



Pilones de puente peatonal penetran la gruta Aluxes Sur

# Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras



Partes del sistema Aluxes han sido colapsadas para construir nuevas unidades habitacionales

# Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras



**Resurgencias en la playa**



# Sistema Aluxes, un ejemplo de afectaciones en Puerto Aventuras

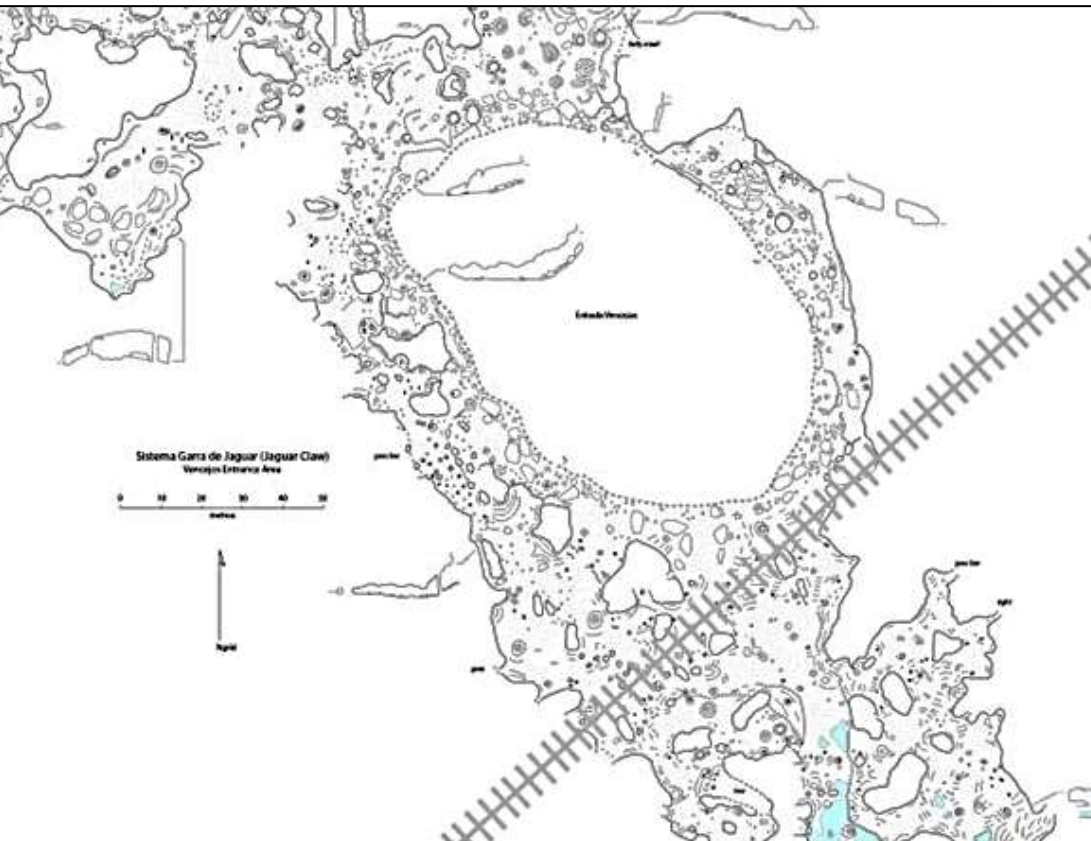


Los nutrientes orgánicos favorecen el crecimiento de algas, destruyendo el arrecife coralino

# Colapso en el trazo del Tren Maya, Tramo 5 Sur, cerca de Bahía Príncipe



# Construcción del Tren Maya sobre el Sistema Garra de Jaguar, Quintana Roo



El Sistema Garra de Jaguar, con 46.3 km de pasajes, es una de las mayores cuevas de México. La construcción del Tren Maya está ocurriendo al lado de la mayor entrada a este sistema, con grave riesgo de colapso.

# ¿Preguntas?



Dr. Ramón Espinasa Pereña  
[respinasa@yahoo.com.mx](mailto:respinasa@yahoo.com.mx)