

Ponencia:

Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: Inventario, situación y conservación.

Underground rivers and karst aquifers in Venezuela: Stock, status and conservation.

Carlos Galán^{1, 2, 3} & Francisco F. Herrera^{1, 2}

¹ Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela.

² Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Apartado 21827, Caracas 1020-A, Venezuela.

³ Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga. E-20014 San Sebastián - Spain.

Noviembre 2015.

Simposio Ríos en riesgo de Venezuela XI Congreso Venezolano de Ecología

Margarita, Noviembre 2015

Nota Editorial: Se adjunta en formato pdf la presentación en power point con la parte gráfica utilizada para la ponencia, la cual fue presentada por F.F. Herrera en el Simposio sobre "Ríos en Riesgo de Venezuela, situación actual y conservación", el cual se efectuó en Noviembre del 2015 durante el XI Congreso Venezolano de Ecología, en Porlamar, Isla de Margarita. La ponencia resume un trabajo más extenso, que es una colaboración que verá la luz en 2016 como un Capítulo del libro: "Ríos en Riesgo de Venezuela", Douglas Rodríguez Olarte (Ed.). El libro será editado por los Museos de Ciencias Naturales de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) y de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ), siendo a la vez un compendio interinstitucional de las ponencias que han sido presentadas en el Simposio sobre "Ríos en Riesgo de Venezuela", celebrado en 2015 durante el XI Congreso Venezolano de Ecología.

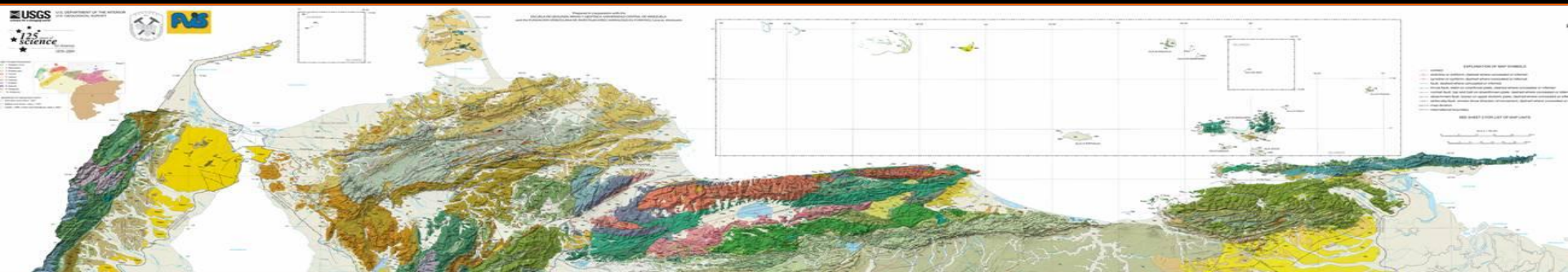
Simposio Ríos de Venezuela

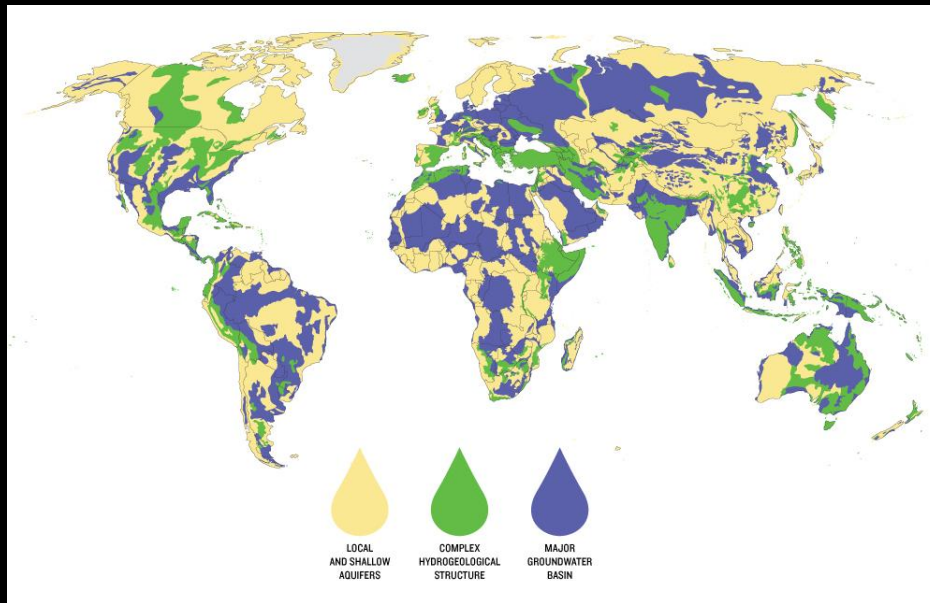
XI Congreso Venezolano de Ecología

Margarita, noviembre 2015

Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: Inventario, situación y conservación

Carlos Galán y Francisco F. Herrera

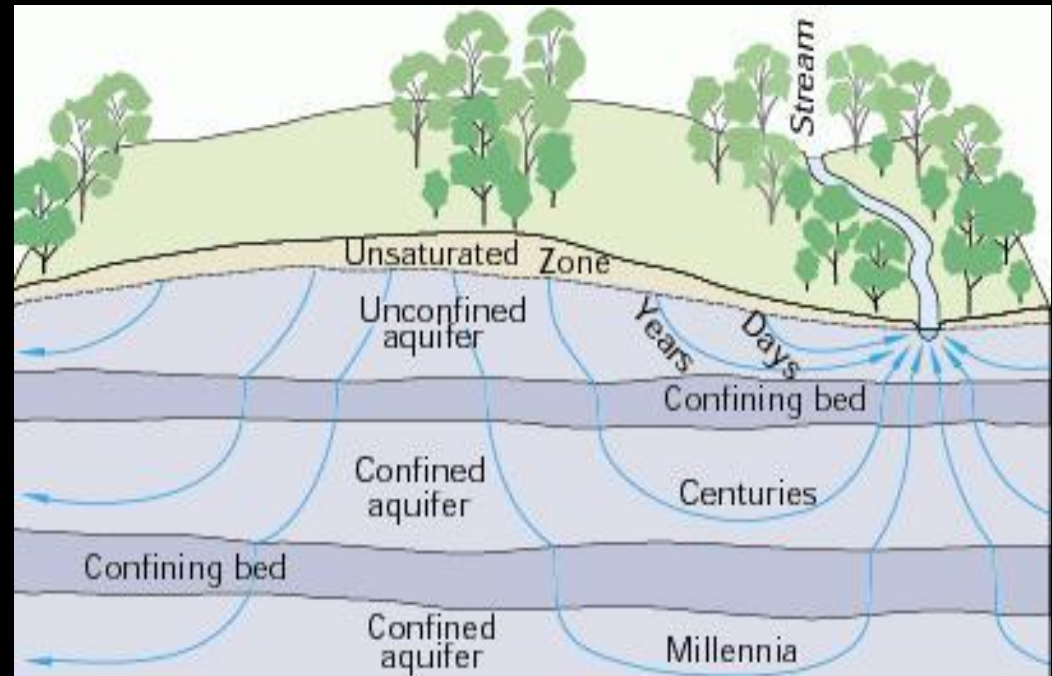




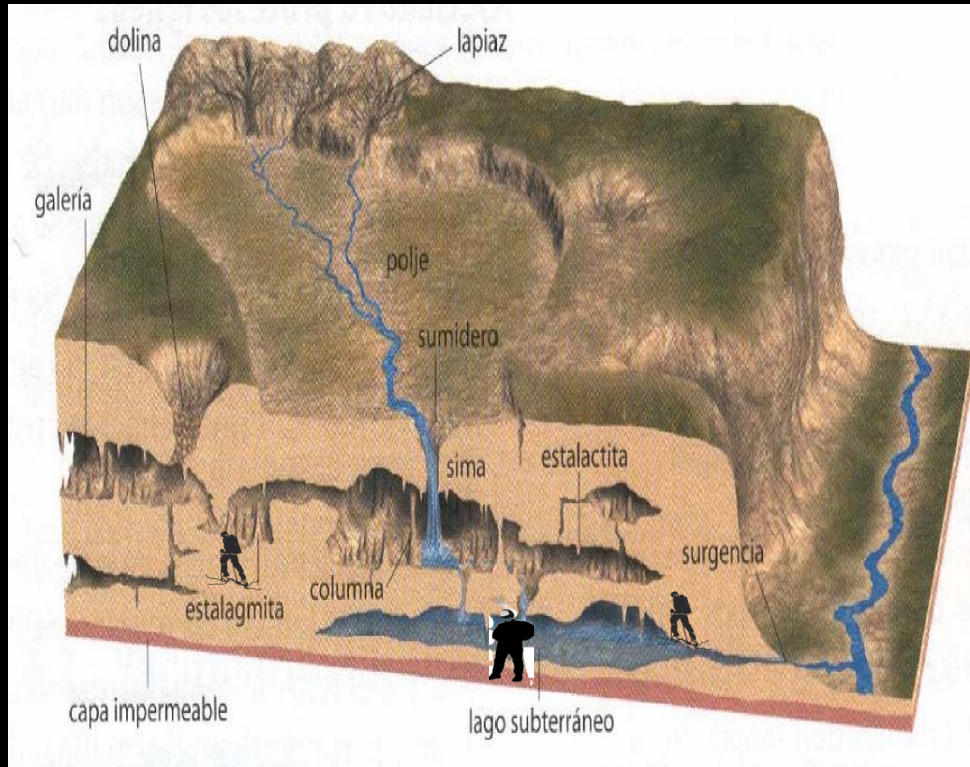
Agua Subterránea

- El agua subterránea corresponde a un volumen 30 veces mayor que el agua de superficie de los ríos
- Abastecen a cerca de un 30% de la población global
- Resultan cuerpos de agua altamente vulnerables

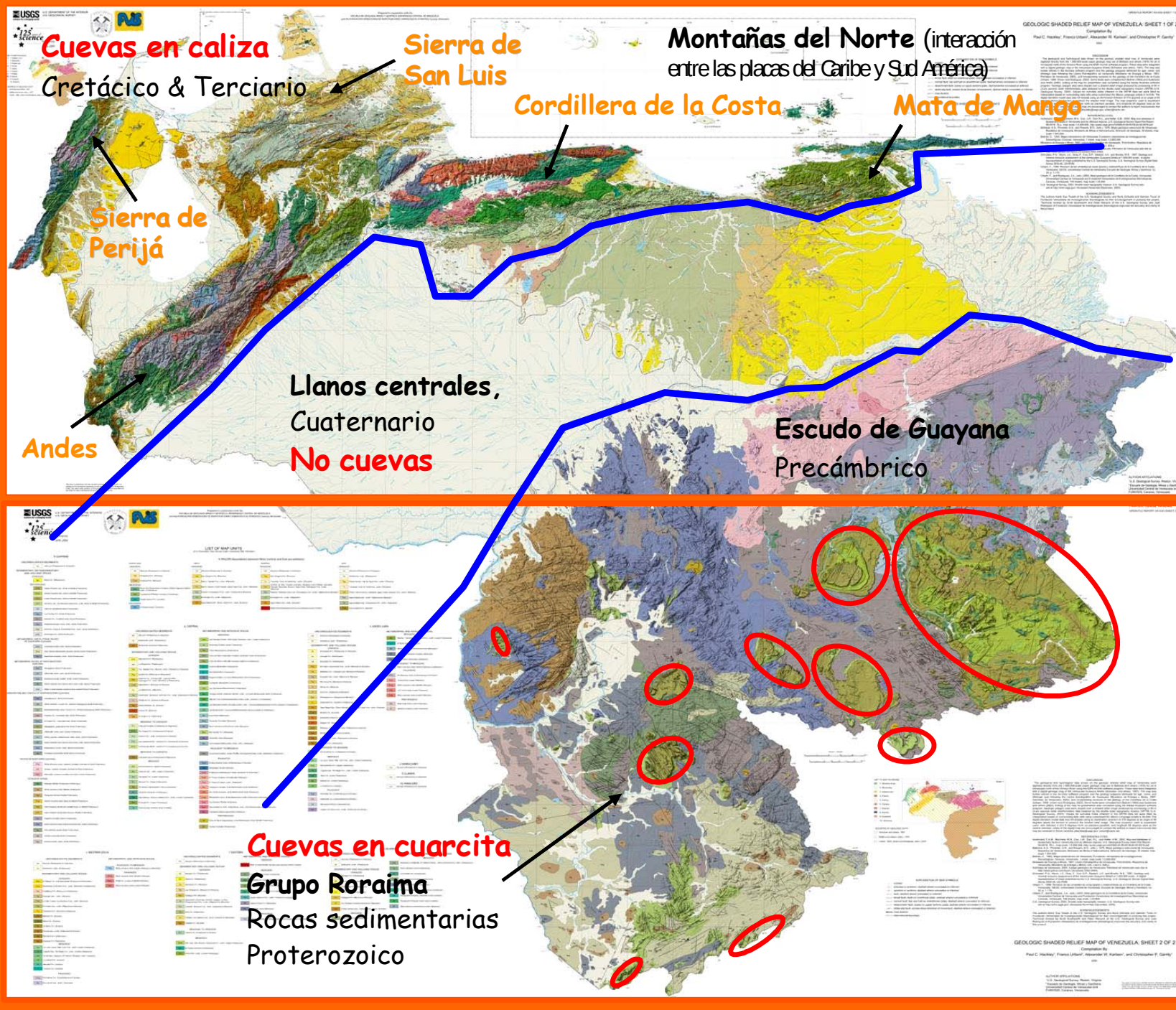
- Un acuífero es una formación geológica permeable que permite la circulación y almacenamiento del agua subterránea por sus poros y grietas.
- Su estructura, características y funcionamiento hidrogeológico dependen de la litología de los sedimentos y sustratos de roca involucrados.

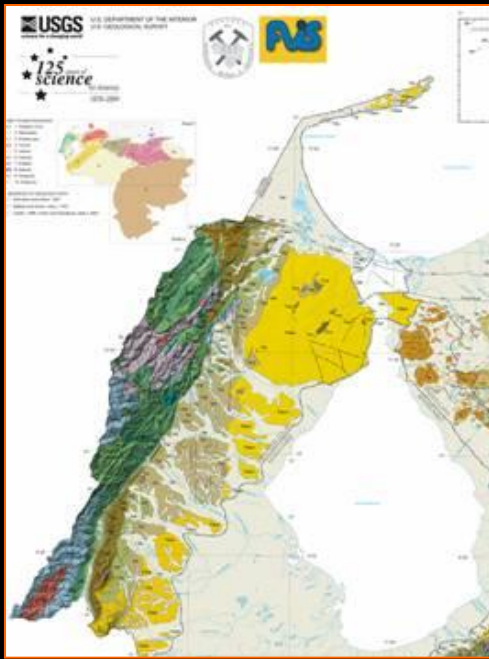


Acuíferos kársticos



- Consideramos aquéllos formados sobre amplios volúmenes de rocas compactas y solubles (fundamentalmente calizas y cuarcitas), en la que la propia acción de las aguas ha disuelto la roca formando redes tridimensionales de vacíos y conductos a todas las escalas imaginables.
- Las aguas de infiltración, procedentes básicamente de las precipitaciones sobre la superficie de cuenca, organizan en sentido horizontal y vertical un auténtico sistema de drenaje subterráneo, para salir a través de una (o unas pocas) surgencias en la periferia del macizo,

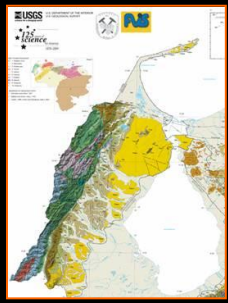




Karst de Perijá

- Cuencas de los ríos Guasare y Socuy, Cerro Pintado, Mesa Turik, regiones de río de Oro - río Aricuaizá y Machiques, todas ellas incluidas en la Sierra de Perijá.
- En su mayor parte en afloramientos de caliza del Grupo Cogollo (de edad Cretácico temprano constituido por las Formaciones Apón, Lisure y Maraca) y minoritariamente en caliza de la Formación La Luna (de edad Cretácico tardío).
- Alimentan los embalses de Manuelote (Socuy), Tulé (Cachirí) y Tres Ríos o El Diluvio (Palmar, Lajas y Colorado)

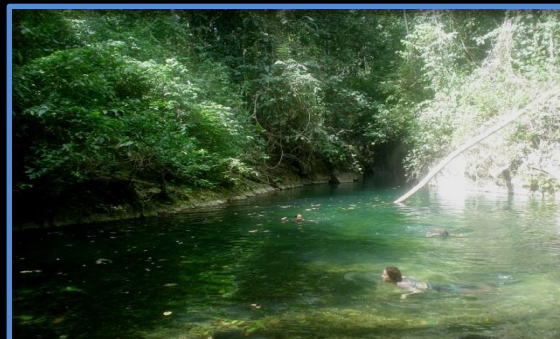


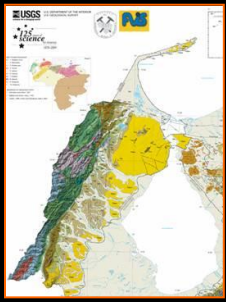


Cuenca del río Guasare

En la parte N, se desarrolla un importante acuífero en calizas de la Formación La Luna. El colector principal ha sido hallado en el sistema de las cuevas Mara.

El río subterráneo colector recorre 4,4 km, el caudal mínimo en sequía es de 800 l/s, estimándose un caudal medio anual del orden de 5 m³/s, con puntas de crecida que bien podrían superar los 40 m³/s.





Cuenca del río Socuy

El caso del Socuy las aguas subterráneas resultan concentradas en un único acuífero, espectacular por la magnitud de sus cavidades.

Incluye la cueva del Samán, actualmente la mayor de Venezuela, con 18,2 km de galerías y -176 m de desnivel.

El curso subterráneo va incrementando su caudal por aportes laterales de sus flancos calcáreos, desde 0,5 m³/s en el tramo superior a 1,2 m³/s en la surgencia terminal (caudal mínimo en sequía).

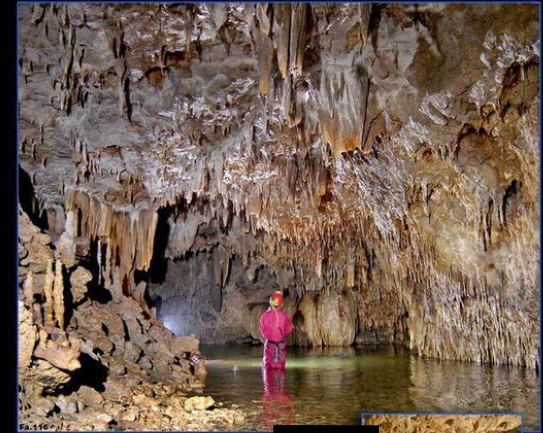




Karst de Falcón

Principales acuíferos: Sierra de San Luis, Sierra de Churuguara, Cerro Misión, karst costero de Mayorquines.

- El karst más importante es el que se desarrolla en la Sierra de San Luis, una especie de isla topográfica elevada, con selva húmeda y decidua, rodeada de ecosistemas a áridos.
- El espesor de las calizas de la Fm. San Luis supera los 400 m en su borde Sur.
- El karst se caracteriza por profundas simas (más de un centenar) conteniendo las simas de mayor desnivel del país en caliza: el Haitón del Guarataro.
- Posee también algunas cuevas kilométricas, como las de Hueque, Coycoy de Uria, Zárraga, Coycoy de Acurigua, San Lorenzo, etc



Fa.138 - Cueva El Miedo
Fotos: Rafael Carreño - SVS

Karst de Falcón

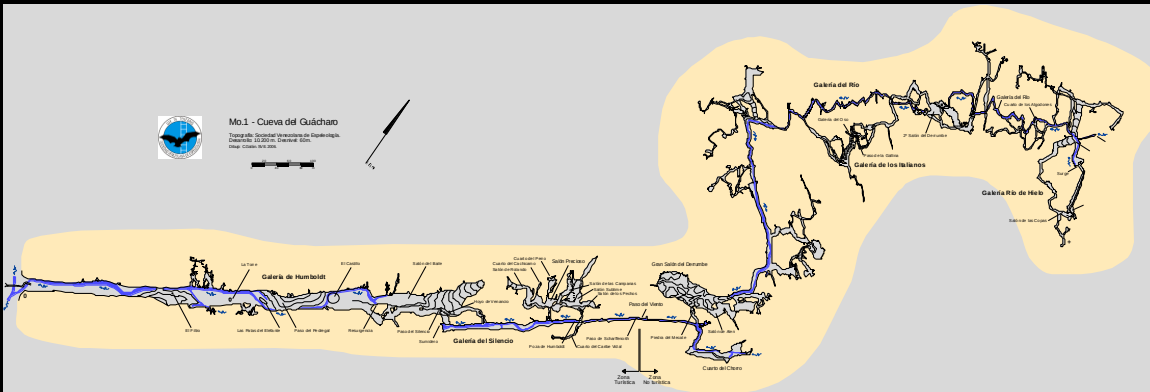


- El karst de San Luis constituye un acuífero vital para el norte del estado. Alimenta tres embalses, El Isiro, Barrancas y Hueque.
- La cuenca que drena la cueva Quebrada del Toro es de 16 km^2 y el caudal del río en época de lluvias supera $1 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Cerro Misión y Mayorquines solo son aprovechados localmente.



Karst de Monagas

- Importantes karsts en la región de Caripe - Caripito (El Guácharo, Mata de Mango, El Culta, El Guamo) y Mundo Nuevo.
- Las calizas pertenecen a la Formación El Cantil (Cretácico temprano) y Formación Querecual (Cretácico tardío), equivalentes respectivos del Grupo Cogollo y Formación La Luna (de Perijá).



Karst de Monagas

- El karst de Mata de Mango se desarrolla en calizas negras de la Formación Querecual, donde la Fila montañosa de Las Cuevas de Anton Göering (limitada entre los ríos Arcacuar, Tucuyucual y Caripe), alberga ella sola más de 24 grandes cavidades, muchas de ellas simas kilométricas, con importantes ríos subterráneos y desniveles de hasta -260 m.
- Las cuevas tienen amplias galerías, con importantes colonias de guácharos y una notable biomasa y biodiversidad de fauna.



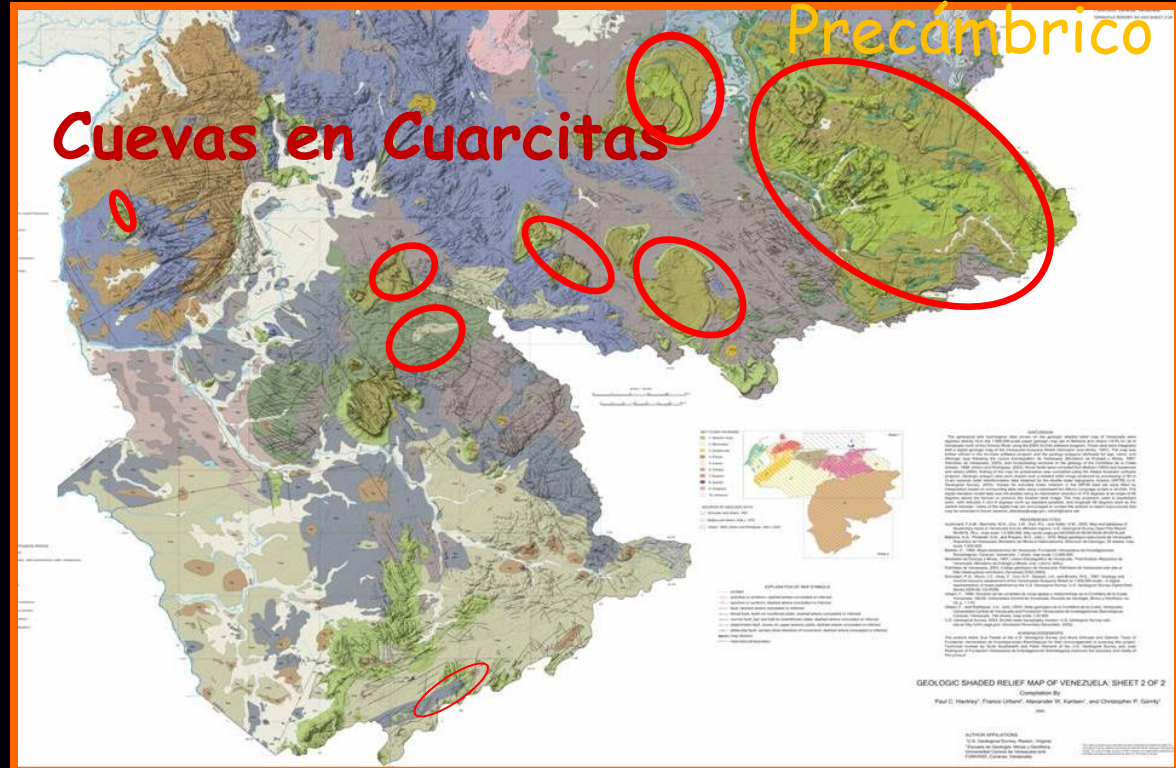
Karst de la Guayana

- El sistema hidrológico más extenso y de mayor desnivel es el de la Sima Aonda, con todo un conjunto de grandes simas que superan los -300 m de desnivel y alcanzan un máximo de -383 m.

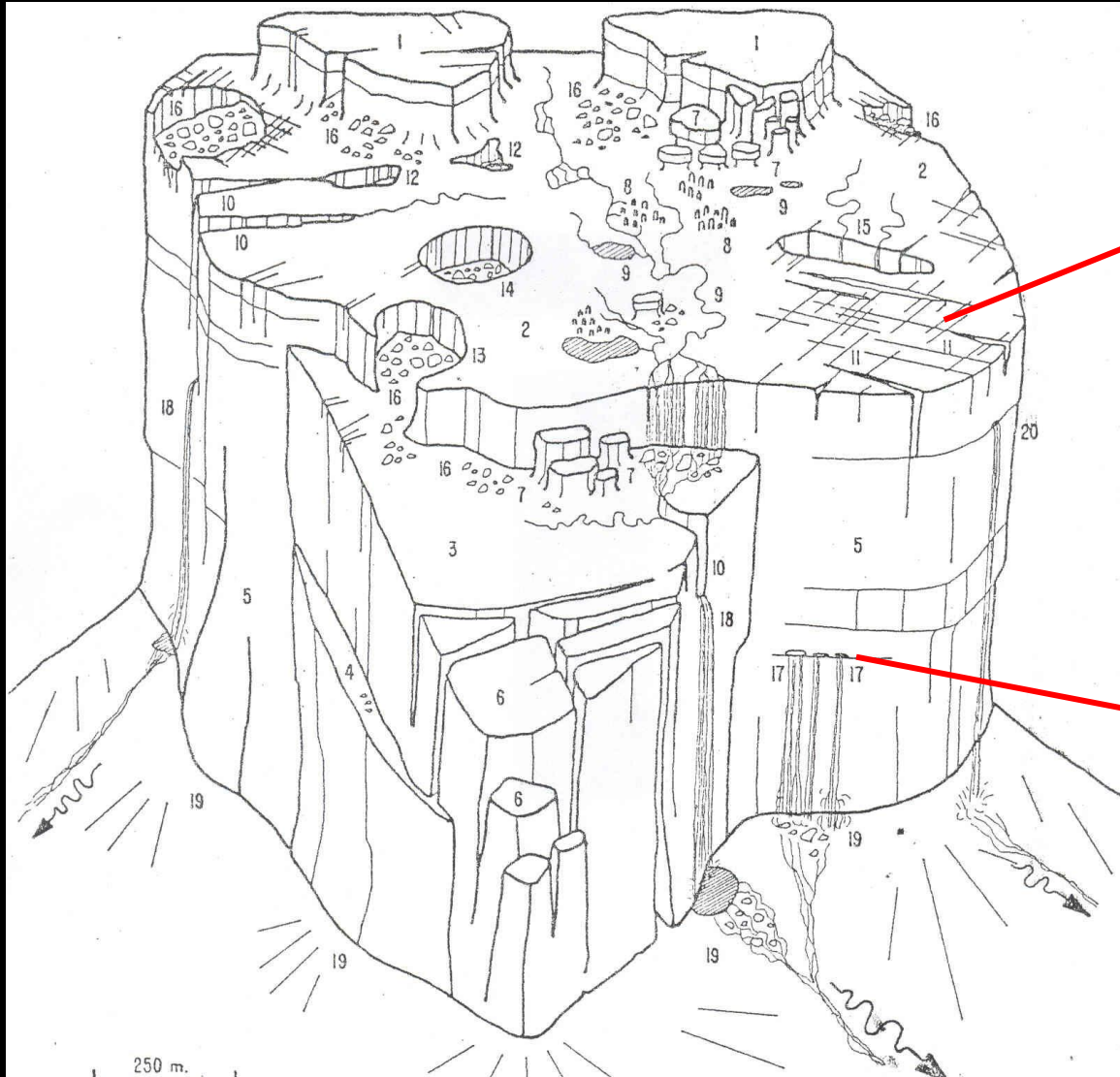
- Varias simas actúan como sumideros y las aguas emergen de manera concentrada en una cueva-surgencia colgada en la pared exterior del tepuy, a 400 m por debajo. Los caudales mínimos de estiaje son del orden de 100 l/s pero son frecuentes caudales medios de 2 m³/s

En el sur del país los karsts en cuarcita se presentan en numerosos tepuys, principalmente en la cuenca de los ríos Caroní-Paragua, Caura y Autana (estados Bolívar y Amazonas)

Escudo de Guayana, Precámbrico



Tepuy esquemático: formas de superficie, red hídrica y cavernamiento

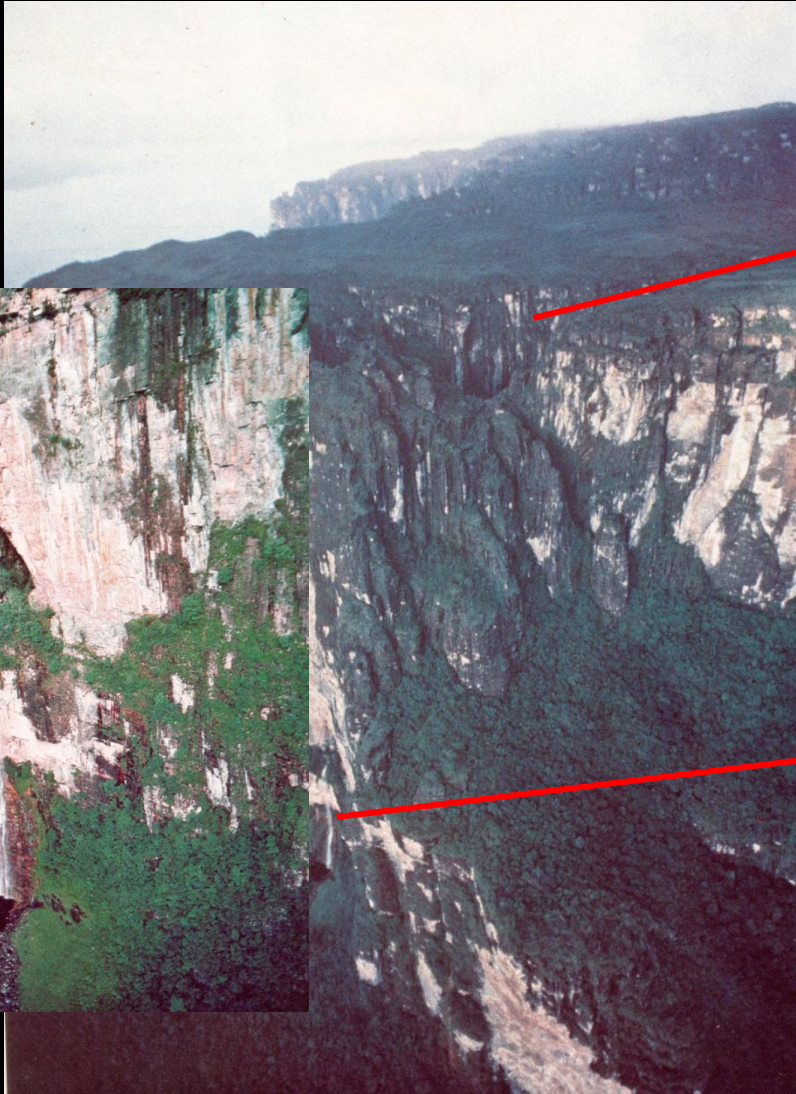


Sistemas de infiltración,
sumideros

Modelo
del reloj
de arena

Sistemas de drenaje,
surgencias

Sima Aonda y el reloj de arena



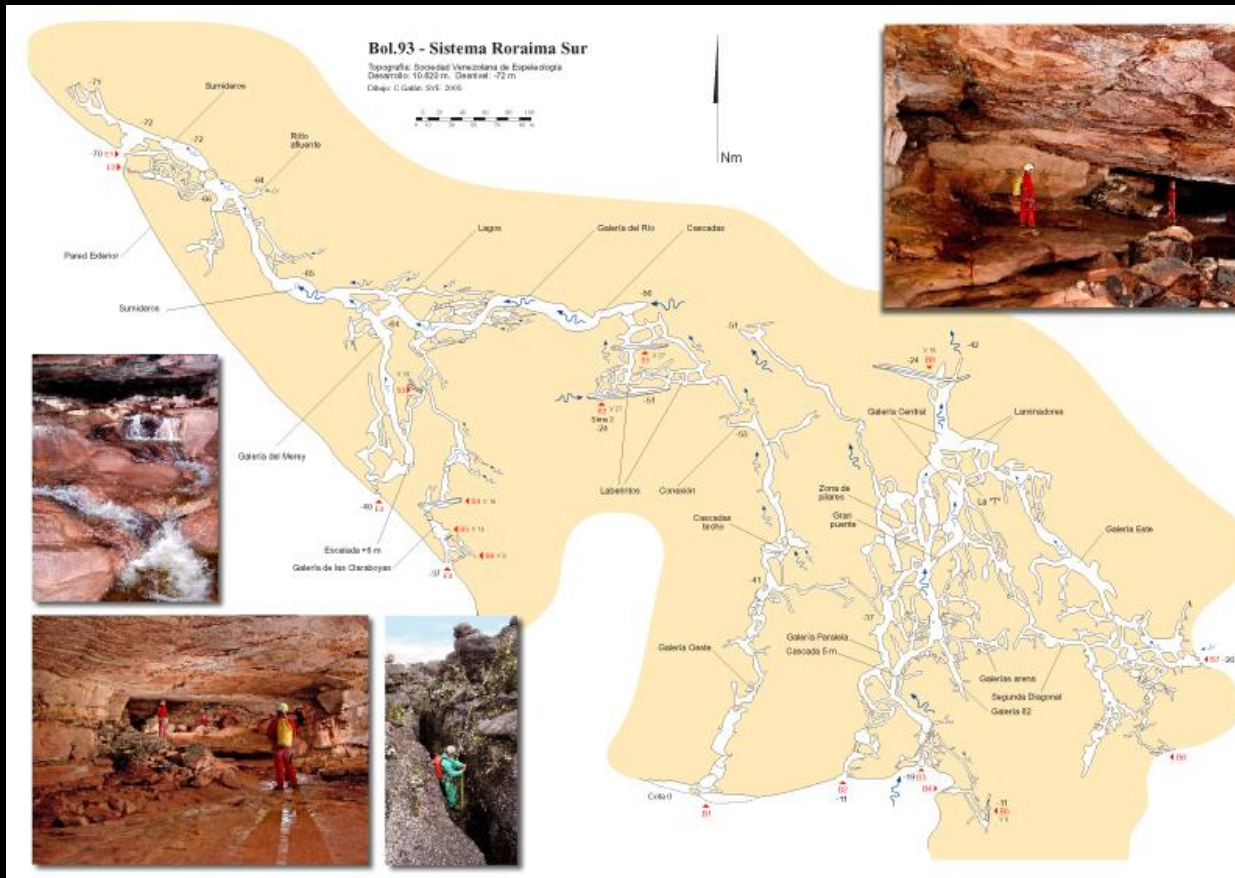
Sistemas de
infiltración

Modelo
del reloj
de arena

Sistemas de
drenaje, surgencias

Sistema Roraima Sur, 11 km

Una curiosidad geomorfológica



Fauna adaptada a la vida en los acuíferos subterráneos

- Muchos de los invertebrados son formas troglófilas (i.e. capaces de vivir en las cuevas, con leves adaptaciones al medio hipógeo), habiéndose descrito hasta el presente más de 500 especies troglófilas
- La fauna troglobia actual alcanza al menos 71 especies en 38 familias, ordenadas en 24 grupos taxonómicos



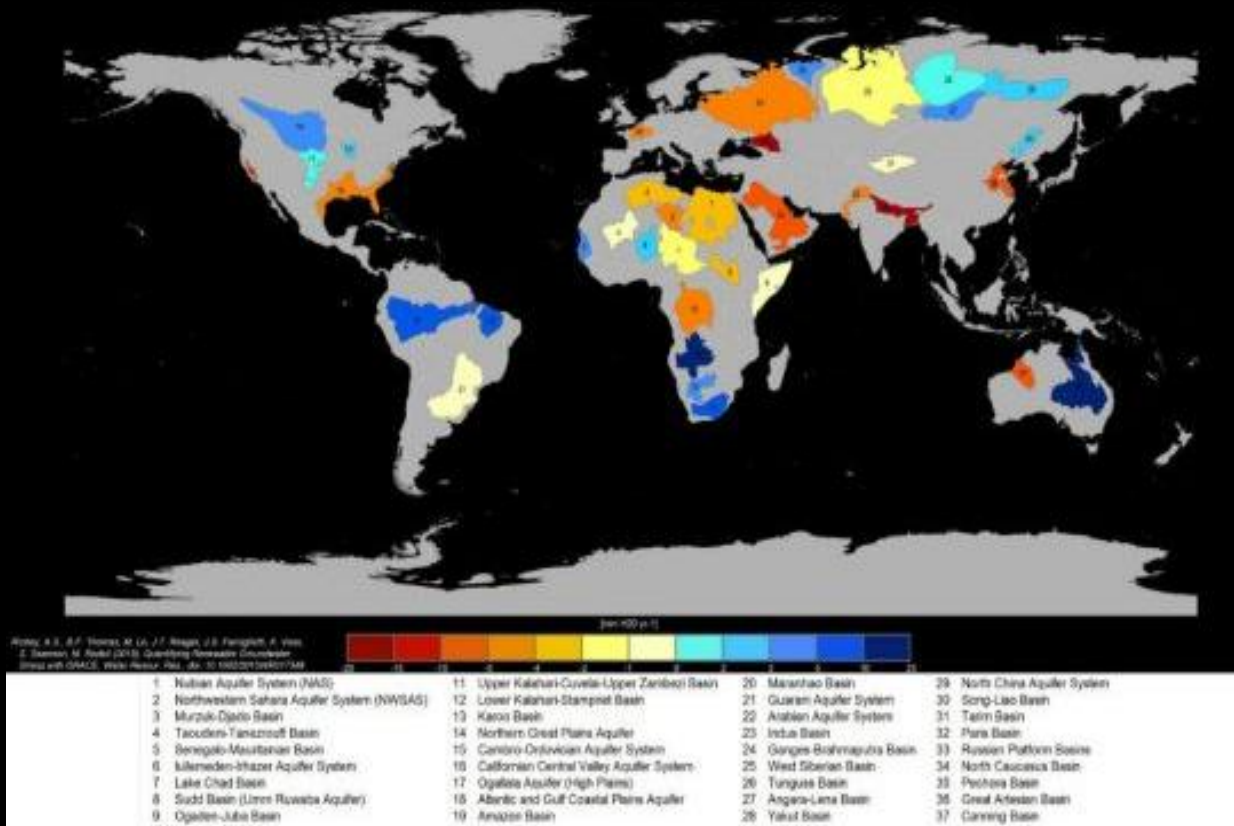
Representación de los grupos dominantes de fauna en tres cuevas de los karst del norte del país

Los Laureles		Cueva Grande		Coy coy de Uria	
Grupo	Porcentaje	Grupo	Porcentaje	Grupo	Porcentaje
Peces	56,00	Aves	54,92	Orthoptera	35,74
Aves	23,24	Roedora	20,56	Aves	13,30
Orthoptera	12,59	Diplopoda	13,25	Coleoptera	12,31
Decapoda	5,27	Isopoda	4,16	Collembola	9,60
Amblypygi	0,94	Peces	1,88	Acari	4,38
Chiroptera	0,88	Coleoptera	1,49	Pseudoscorp	4,35
Mollusca	0,29	Acari	1,61	Araneae	4,31
Acari	0,26	Chiroptera	0,35	Dermaptera	4,21
Coleoptera	0,25	Decapoda	0,34	Diplopoda	1,77
Blattodea	0,10	Amblypygi	0,33	Diptera	1,69
Araneae	0,063	Orthoptera	0,33	Isopoda	1,25
Pseudoscorp	0,037	Collembola	0,28	Amblypygi	0,97
Opiliones	0,030	Scorpiones	0,27	Hymenoptera	0,79
Diptera	0,011	Araneae	0,16	Opiliones	0,74

Amenazas y conservación

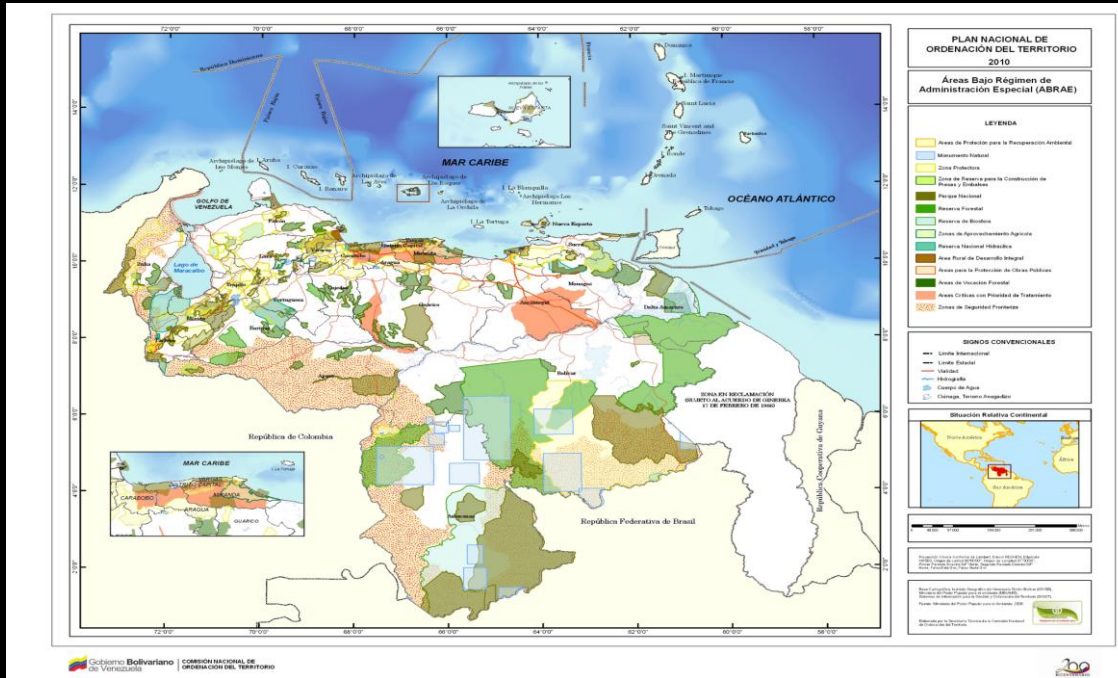
Principales amenazas a nivel global:

- Sobreexplotación
- Contaminación con pesticidas y herbicidas
- Contaminación con hidrocarburos
- Deforestación
- Cambio climático y modificación de los regímenes de recarga



Amenazas y conservación de los acuíferos kársticos en Venezuela

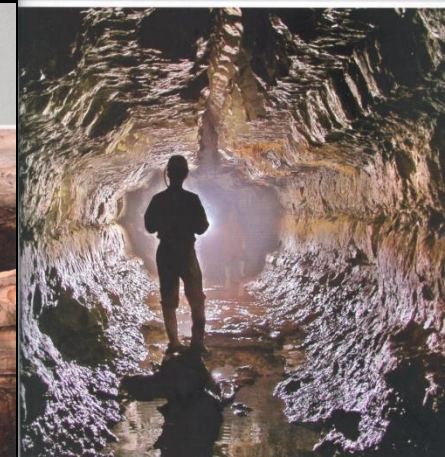
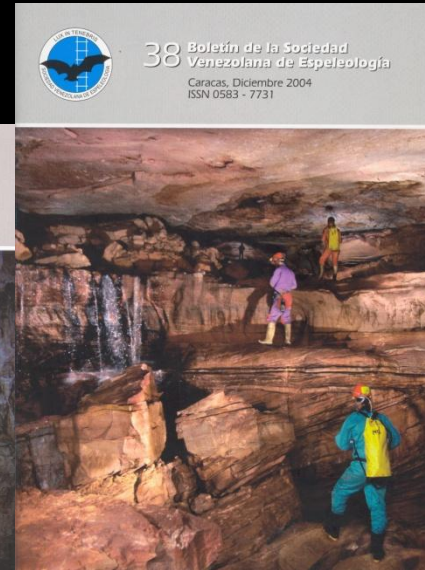
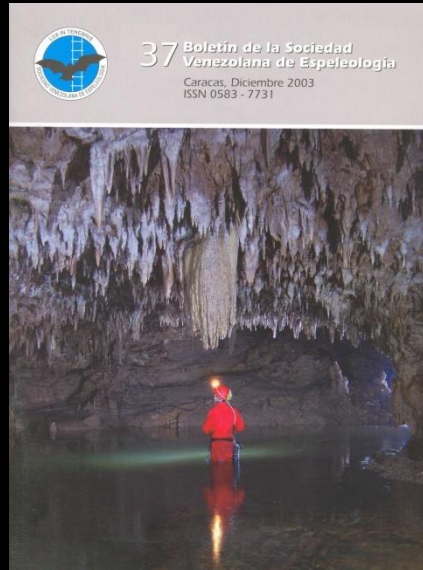
Principales amenazas a nivel nacional:



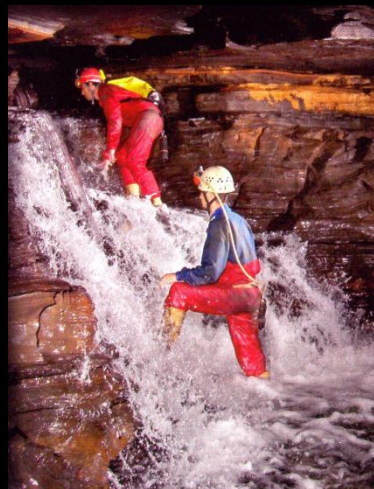
- Sobreexplotación
- Contaminación con pesticidas y herbicidas
- Contaminación con hidrocarburos
- Deforestación
- Cambio climático y modificación de los regímenes de recarga

Las ABRAE han representado en el país una opción valiosa para la protección de los acuíferos kársticos. Diferente realidad ocurre con los acuíferos en terrenos sin consolidar, expuestos a la agroindustria y extracción petrolera.

...a los compañeros de la Sociedad
Venezolana de Espeleología



Muchas gracias



Resumen del contenido del capítulo del libro:

Ríos subterráneos y acuíferos kársticos de Venezuela: inventario, situación y conservación.

Carlos Galán & Francisco F. Herrera.

El capítulo presentará una visión actualizada de temas poco conocidos, ya que no se refiere a la red hidrográfica de superficie sino a las aguas subterráneas contenidas en acuíferos (formaciones geológicas permeables) en zonas kársticas de Venezuela. Muchas de ellas ocupan posiciones de cabecera de cuenca y son altamente vulnerables a la contaminación. Poseen ecosistemas con especies cavernícolas singulares y únicas en el mundo, pertenecientes a linajes de antiguo origen, de gran interés zoológico, paleogeográfico y evolutivo, y a menudo endémicas de los distintos karsts. La salud de estos acuíferos es a su vez importante por su creciente aporte para el suministro de agua para el agro y las poblaciones de su entorno.

Las aguas subterráneas representan una importante fracción de las aguas dulces continentales. Haciendo excepción de los importantes volúmenes retenidos como hielo en las zonas polares y glaciares de montaña, podríamos decir que en el promedio global el volumen almacenado y circulante de aguas subterráneas es 30 veces mayor que el correspondiente a los ríos superficiales. El agua subterránea es un recurso importante y de este se abastece actualmente una tercera parte de la población mundial. Las masas más extensas de los acuíferos subterráneos pueden alcanzar millones de km² (como p.ej. el Acuífero Guaraní -1,7 millones de km²- o el recientemente descubierto Río Hamza o Acuífero Amazonas -4 millones de km²-, cuyas reservas respectivas oscilan entre 45 mil y más de 86 mil km³, con espesores que pueden extenderse a 2.000 m de profundidad en el subsuelo).

Un acuífero es una formación geológica permeable que permite la circulación y almacenamiento del agua subterránea por sus poros y grietas. Su estructura, características y funcionamiento hidrogeológico dependen de la litología de los sedimentos y sustratos de roca involucrados. Habitualmente se distingue en hidrogeología entre TPP (Terrenos permeables en pequeño, a través de intersticios y poros del sustrato rocoso o sedimentos sin consolidar, que contienen el agua como una esponja) y TPG (Terrenos permeables en grande, que se presentan en rocas solubles, donde las aguas han disuelto la roca y son almacenadas y circulan a través de fisuras y conductos mayores, formando redes de galerías, cavernas y ríos subterráneos). En Venezuela las rocas solubles susceptibles de haber experimentado procesos de karstificación (con formación de cavernas y ríos subterráneos) comprenden básicamente los afloramientos de caliza en la región Norte del país y los de cuarcita (y rocas silíceas relacionadas) que forman los tepuys de la Guayana Venezolana.

En conjunto, las regiones de Venezuela que presentan acuíferos kársticos comprenden cerca del 20% del territorio, pero están subdivididos en numerosas unidades hidrogeológicas independientes. Las más significativas en el Norte del País se presentan en: (1) El estado Zulia: regiones de río de Oro - río Aricuaizá, Machiques, Cerro Pintado, Mesa Turik, cuencas de los ríos Guasare, Socuy y Lajas, todas ellas incluidas en la Sierra de Perijá. (2) Estado Falcón: Sierra de San Luis, Sierra de Churuguara, karst costero de Mayorquines. (3) Estado Miranda: pequeños afloramientos de calizas y mármoles en la región de Birongo, Capaya y Salmerón. (4) Estado Monagas: importantes karsts en la región de Caripe - Caripito (El Guácharo, Mata de Mango, El Culta, El Guamo). (5) Afloramientos menores dispersos en Los Andes (Estados Táchira, Mérida y Lara), Anzoátegui (Turimiquire - Mundo Nuevo) y Sucre (cabeceras del Neverí, Cumanacoa). En el Sur del País los karsts en cuarcita se presentan en numerosos tepuys, principalmente en la cuenca del Caroní (macizos de Auyantepuy, Chimantá, cadena Roraima - Kukenán - Yuruaní - Tramen, mesetas de Guaiquinima y Aguapira -en el alto Paragua-), meseta de Sarisariñama (en el alto Caura) y tepuy Autana. Muchas de estas regiones albergan acuíferos y grandes cavernas con ríos subterráneos caudalosos.

A lo largo del trabajo pasaremos revista a las principales características de los mismos, cuyo conocimiento ha sido obtenido a través de exploraciones subterráneas, prospecciones y trabajos en diversos campos de la Espeleología científica, Karstología e Hidrogeología, con algo más de 1.000 cavidades estudiadas en el territorio nacional. Los trabajos en Biología Subterránea han permitido reunir datos sobre más de 600 especies cavernícolas, resultando muchas de ellas especies troglófilas y troglobias nuevas para la Ciencia. Entre la fauna acuática destaca especialmente el hallazgo de formas troglobias en cuatro familias de peces, crustáceos decápodos, anfípodos, isópodos, ácaros y coleópteros. Los ecosistemas cavernícolas de Venezuela albergan, además de una alta biodiversidad, los mayores valores de biomasa conocida para cuevas a nivel mundial.

La mayoría de los karsts se encuentran en buen estado de conservación, algunos de ellos están incluidos en el sistema de Parques Nacionales, pero deben considerarse en situación de amenaza por su alta vulnerabilidad a la contaminación e impactos medio-ambientales de origen antrópico, como pueden ser la deforestación de su cobertura vegetal, la minería del carbón, o el paso a los acuíferos de fertilizantes y pesticidas utilizados en el agro. Estos aspectos serán discutidos, destacando las principales medidas de protección y manejo que deben ser tenidas en cuenta para su adecuada conservación.