

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Cavidades Cársticas, Génesis, Importancia y Técnicas de
Detección, Caso de Estudio Sistema Cárstico Del Sureste De
Zapatoca, Santander, Colombia

Miguel Angel Gonzalez Jaimes, Andrés Julián Osorio Rodríguez Y Juan David
Solorzano Vanegas

Trabajo De Grado Para Optar Por El Título De Geólogo

Director

Juan Diego Colegial Gutiérrez

PhD Ingeniería Geológica

Codirector

José David Sanabria Gomes

PhD Sismología

Universidad Industrial De Santander
Facultad De Ingenierías Físicoquímicas

Escuela De Geología

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A todos los soldados caídos, que ingresaron a la UIS con gran ilusión y por diversos motivos no pudieron culminar su programa de pregrado.

Miguel Ángel González Jaimes.

A todos los estudiantes que tuvieron altibajos en sus carreras y se esforzaron para terminar sus estudios.

Andrés Julián Osorio Rodríguez

A la vida misma por permitirnos culminar con este proceso

Juan David Solorzano

Agradecimientos

A Dios por corregirme e instruirme en su ley para hacerme descansar en días de aflicción, a los maestros Jesús Hernando Mendoza Forero, Julián Andrés López Isaza, ing Néstor Atencia, Nelson López, Daniel Ramírez Cabrales y Roció Del Pilar Bernal Olaya por ser mi escuela

Miguel Angel Gonzales Jaimes

A mis padres por creer y apoyar todos mis procesos, a mi hermano Daniel y Claudia por manifestar su amor de mil maneras y toda mi familia por estar siempre para mí.

A Viviana Monsalve, Camilo Guzman, Irlinson Gamboa, Nicolas Florez, y Angel Salazar por su incondicional amistad y apoyo en todos los momentos.

Al profesor Juan Diego Colegial por darnos siempre la oportunidad de participar en los proyectos académicos y su asesoría como docente y persona.

A los profesores Hernando Mendoza, Yuli Araque, Roció Bernal, José Sanabria y Jairo Clavijo por haber influenciado académicamente mis últimos semestres en la universidad

Andrés Julián Osorio Rodríguez

A Dios y mi Familia por estar presentes en mi vida y guiando este proceso.

Juan David Solorzano Vanegas.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos	12
1.1 Objetivo General	12
1.2 Objetivos Específicos.....	12
2. Cuerpo del trabajo.....	13
2.1 Generalidades del seminario	13
2.1.1 Método	17
3. Conclusiones.....	25
4. Recomendaciones	26
Referencias bibliográficas.....	28

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Distribución de los temas y funciones de cada sesión	17

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Metodología del seminario de investigación.....	17
Figura 2 Portada del libro de memorias.....	23
Figura 3 Ejemplo 1 de las presentaciones.....	24
Figura 4 Ejemplo 2 de las presentaciones.....	24

Lista de Apéndices

Ver Apéndices Adjuntos Y Pueden Ser Consultados En La Base De Datos De La

Biblioteca UIS

Anexo A. Libro de Memorias.

Anexo B. Presentaciones

Anexo C. Actas de las sesiones

Resumen

Título: Cavidades Carsticas, Genesis, Importancia Y Técnicas De Detección, Caso De Estudio Sistema Cárstico Del Sureste De Zapatoca, Santander, Colombia

Autores: Miguel Ángel González Jaimes
Andrés Julián Osorio Rodríguez
Juan David Solórzano Vanegas

Palabras Claves: Carst, Detección De Cavidades, Geofísica, Zapatoca

Descripción:

La geología está en constante evolución junto con las demás ramas de la ciencia, como herramienta para profundizar en el conocimiento de un tema en especial se utiliza el método del seminario alemán que ha dado grandes resultados en el estudio de diferentes casos de estudio donde se discute y se llega a diferentes conclusiones que significan un avance en el conocimiento y un aporte a desarrollo de las diferentes temáticas.

En este seminario buscamos analizar diferentes factores que intervienen en la detección de cavidades cársticas con fines hidrogeológicos, partiendo de los conceptos básicos de hidrogeología cárstica, la relación directa entre la geología estructural, la estratigrafía y el karst, resaltando la importancia de los sistemas cársticos en la región de Santander y finalmente destacando cuales pueden ser los métodos más efectivos para determinar las dimensiones y la disposición de las diferentes cavidades dentro del sistema y su potencial hidrogeológico.

En este proceso se identificaron 6 subtemas, 1. Rocas calcáreas, fenómeno cárstico y ejemplos de sistemas cársticos en Colombia y el mundo, 2. El fenómeno cárstico de la Formación Rosablanca en el departamento de Santander, 3. Marco geológico general y particularidades del Sistema kárstico del sur este de Zapatoca, 4. Importancia del carst en el contexto Hidrogeológico y patrimonio geológico, 5. Detección de cavidades cársticas, técnicas geofísicas y sus principios 6. Aplicación de la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) para la Caracterización del sistema kárstico del sureste de Zapatoca. para cada tema se programó una sesión de seminarios donde se logra discutir la información y llegar diferentes conclusiones específicas y al final general un conocimiento general del tema y un avance en su comprensión, abriendo las puertas a nuevos interrogantes y nuevos temas de investigación, anexo a esto se generaron infografías de cada subtema donde se logró hacer una síntesis general de todo lo tratado en cada sesión.

¹Trabajo de gado

²Facultad de ingenierías fisicoquímicas, Escuela de geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez, Universidad Industrial de Santander

Abstract

Title: Research Seminar: “Karst Cavities, Genesis, Importance And Detection Techniques. CaseStudy Carstic System Of The Southeast Of Zapatoca, Santander, Colombia”.

Authors: Miguel Ángel González Jaimes
Andrés Julián Osorio Rodríguez
Juan David Solórzano Vanegas

Keywords: German Seminary, Cavity Detection, Karst, Geophysics.

Description:

Geology is constantly evolving along with the other branches of science. As a tool to deepen the knowledge of a particular topic, the German seminar method is used, which has given great results in the study of different cases where a discussion is made and different conclusions are reached that mean an advance in knowledge and a contribution to the development of different topics.

In this seminar we seek to analyze different factors involved in the detection of karst cavities for hydrogeological purposes, starting from the basic concepts of karst hydrogeology, the direct relationship between structural geology, stratigraphy and karst, highlighting the importance of karst systems in the region of Santander and finally distinguishing which can be the most effective methods to determine the dimensions and arrangement of the different cavities within the system and its hydrogeological potential.

In this process 6 sub-themes were identified, 1. Calcareous rocks, karst phenomenon and examples of karst systems in Colombia and the world, 2. The karst phenomenon of the Rosablanca Formation in the department of Santander, 3. General geological framework and particularities of the karst system in the southeast of Zapatoca, 4. Importance of karst in the hydrogeological context and geological heritage, 5. Detection of karst cavities, geophysical techniques and their principles, 6. Application of Electrical Resistivity Tomography (ERT) for the characterization of the karstic system of the southeast of Zapatoca. For each topic a seminar session was programmed to discuss the information and reach different specific conclusions and at the end a general knowledge of the topic and an advance in its understanding, opening the doors to new questions and new research topics, annex to these infographics were generated for each subtopic where it was possible to make a general synthesis of everything discussed in each session.

Degree word

²Facultad de ingenierías fisicoquímicas, Escuela de geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez, Universidad Industrial de Santander

Introducción

Las rocas calcáreas por sus características especiales de formación y composición, permiten la configuración de ambientes geológicos únicos, como los ambientes cársticos, los cuales han sido ampliamente estudiados con diferentes fines; en este seminario de investigación como parte del Semillero en sistemas hidrogeológicos de la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander se ahonda en la naturaleza del carst y los métodos de detección más útiles para la identificación de sus cavidades, donde se destacan los métodos geofísicos como los más eficientes para cumplir este propósito resaltando el contraste de las propiedades físicas entre la roca y las cavidades que pueden ser estudiadas de manera indirecta. Durante el desarrollo del seminario se identificarán los conceptos que definen algunos de los métodos geofísicos más eficientes para la identificación de cavidades y conductos cársticos aplicado al caso de estudio del sistema cárstico al sureste de Zapatoca, haciendo un enfoque especial en el potencial uso del método de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) para complementar investigaciones previas de geoespeleología y geología estructural que buscan definir la configuración de este sistema cárstico al identificar la geometría y distribución de las estructuras endocársticas, y la posible conexión entre la cueva del Nitro y la cueva de las Alsacias.

La cartografía en el interior de las cavidades cársticas presenta complicaciones por las condiciones de seguridad y de difícil acceso a las áreas más internas del sistema cavernario, por esta razón el uso de los métodos geofísicos, es fundamental para modelar la distribución de cavidades en el subsuelo, ya que indirectamente permite diferenciar los

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

espacios vacíos, las cavidades saturadas de agua y los espacios rellenos de sedimentos, además permite identificar características de las cavidades como las dimensiones, la geometría y la orientación.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Mediante la metodología de seminario alemán, analizar los diferentes métodos geofísicos y determinar cuáles pueden ser los más apropiados para la detección de cavidades de origen cárstico con fines hidrogeológicos, aplicado al caso de estudio en el sistema cárstico del sureste de Zapatoca, Santander, Colombia.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar una síntesis de la geología referente a rocas calcáreas, sus generalidades y clasificación, características geomorfológicas de los ambientes geológicos cársticos, geoformas Endocársticas y Exocársticas, su geometría, evolución y dimensiones.

Realizar un cuadro comparativo de los fundamentos que caracterizan cada método geofísico, comparando su efectividad en la detección de cavidades de origen cárstico.

Realizar sesiones temáticas donde se analice el tema desde diferentes puntos de vista para generar un ambiente de discusión e intercambio de ideas que permitan profundizar y afianzar el en conocimiento del tema.

Diseñar una campaña de adquisición con el método de tomografía de resistividad eléctrica para la detección de cavidades cársticas al sureste de Zapatoca.

2. Cuerpo del Trabajo

2.1 Generalidades del seminario

La modalidad de seminario de investigación como un proceso reflexivo, sistemático y crítico tiene como propósito fortalecer en el estudiante las habilidades requeridas en el manejo de la información y la comunicación, para desarrollar investigación científica. La Vicerrectoría Académica de la Universidad Industrial de Santander (Vicerrectoría UIS, 2007) en el documento “Lineamientos Para El Seminario De Investigacion Como Modalidad Para El Desarrollo De Trabajo De Grado” menciona que el seminario consiste en estudiar, discutir e intercambiar experiencias acerca de un tema en particular, en un grupo, en el cual sus participantes, se intercomunican exponiendo dicho tema (la Relatoría), complementándolo, evaluándolo (Correlatoría), aportando entre todos (la Discusión), sacando conclusiones y planteando nuevos interrogantes permitiendo que todo ello quede en la memoria escrita (el protocolo).

Objetivo del seminario de investigación

El objetivo principal del seminario de investigación es el de formar a los participantes en el desarrollo de habilidades para la investigación científica como observación, capacidad crítica y presentación de resultados de su investigación y la búsqueda de respuestas en cuestiones determinantes. Para esto es necesario la formación desde el trabajo personal hacia el trabajo en equipo, desde lo general a lo puntual, y para que esto sea posible cada integrante del equipo debe

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

reconocer un rol que favorezca el desarrollo con los demás miembros del equipo y su comunicación con los participantes del seminario.

Ventajas

El seminario de investigación cuenta con un director que desempeña el papel de guía en la realización de los objetivos establecidos y su contribución en la solución de los problemas y cuestiones que se presenten en el desarrollo del seminario. Una de las ventajas de esta modalidad de proyecto es la basta adquisición de bibliografía lo cual desarrolla la capacidad de interpretación, argumentación y proposición, además que permite que los participantes desempeñen diferentes roles a lo largo de las sesiones, desarrollando las habilidades de comunicación involucrando para esto el uso de distintas herramientas didácticas como apoyo al desarrollo de las sesiones, así como un control sobre la planificación establecida de estas.

Organización

El seminario de investigación consiste en una relatoría, correlatoría, discusión y protocolo. Estas actividades se desarrollan en torno a un tema o subtemas establecidos. Estas diferentes actividades son responsabilidad de cada uno de los integrantes del grupo, y en cada sesión se asigna uno de los roles. Como parte de la organización se debe establecer el lugar para el desarrollo del seminario que por cuestiones de la actual pandemia serán aulas virtuales, el número de las sesiones y las fechas para realizarlas, así como la duración de cada una de las actividades (relatoría, correlatoría, discusión y protocolo). Se desarrollaron 6 sesiones, de 55

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

minutos, de manera virtual por medio de la plataforma virtual Zoom, salón virtual zoom Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.

Tema del Seminario

La selección del tema del seminario de investigación se realizó teniendo en cuenta los aspectos establecidos por la Vicerrectoría UIS (2007) partiendo de los estudios previos realizados en la zona de estudio en las ramas de geoespeleología y geología estructural involucrando los conocimientos aportados desde el Semillero de Recursos Hidrogeológicos con el fin contribuir al estado del arte necesario para el diseño de una campaña de adquisición geofísica del método de tomografía de resistividad eléctrica (TRE) para la identificación de cavidades cársticas y estructuras, delimitación de contactos, caracterización de morfología y saturación de agua.

Dirección del seminario

La dirección del proyecto está a cargo del PhD en ciencias Geológicas Juan Diego Colegial Gutiérrez, que con su experiencia debe de manera constructiva orientar el desarrollo de todas las actividades planteadas, logrando por medio que recomendaciones y correcciones, que los participantes puedan cumplir con los objetivos trazados, fomentando el buen desempeño grupal.

Descripción de los roles

Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez. Codirector: José David Sanabria Gomes.
Responsables: Miguel Ángel González Jaimes, Andrés Julián Osorio Rodríguez y Juan David Solorzano Vanegas.

Director

El director Tiene el deber de brindar asesoría y guiar a los participantes hacia el buen desempeño grupal y cumplimiento de los objetivos. El interviene durante las sesiones corrigiendo y complementando los aportes de los participantes además de fomentar el debate de forma constructiva.

Relator

Los responsables del seminario de investigación deben cambiar sus roles en cada sesión como parte de la dinámica de aprendizaje y en su rol como relator la Vicerrectoría Académica UIS (2007) menciona que tiene como misión principal enriquecer, como resultado de su investigación y estudio, el saber de los demás, buscando por medio de una argumentación rigurosa aportar algo nuevo que permita avanzar en el conocimiento sobre el objeto de estudio. El relator durante su exposición debe estimular e inducir el grupo a la discusión, mantener su atención y despertar interés de participación, a través de la argumentación rigurosa, explicaciones claras y el planteamiento de su punto de vista. El relator tiene la libertad de mostrar diferentes posiciones durante su exposición, lo puede hacer con un propósito exclusivamente informativo (imparcial y objetivo).

Correlator

El correlator debe estar atento a la exposición del Relator, pues no debe repetir información expuesta en la relatoría sino complementar con su aporte personal obtenido en su investigación. El relator durante su exposición debe estimular e inducir el grupo a la discusión,

mantener su atención y despertar interés de participación, a través de la argumentación rigurosa, explicaciones claras y el planteamiento de su punto de vista.

Discusión

Es el espacio de la sesión en el que se materializa la idea del trabajo de grupo, donde los integrantes del grupo (director, relator, correlator, asistentes) participan activamente exponiendo sus puntos de vista buscando a la vez resolver las inquietudes generadas a lo largo de la sesión.

El Protocolante

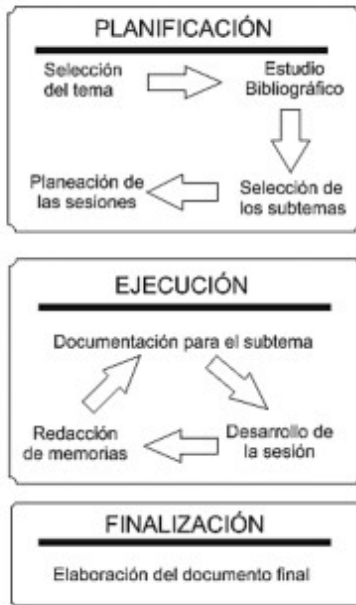
El protocolo es el registro de cada sesión del seminario y es un insumo para la elaboración del informe final. Éste debe ser leído antes de comenzar cada sesión, ya que es un acta de registro de lo ocurrido en la anterior sesión y servirá para contextualizar a los asistentes. La persona encargada de este registro es el PROTOCOLANTE, el cual plasma un documento con las actividades desarrolladas. El protocolante además de documentar la relación exacta de lo ejecutado durante la sesión, también juzga y evalúa su desarrollo integral registrando sus aportes en el protocolo, el cual debe ser revisado por el director del seminario y el Relator antes de iniciar la sesión, teniendo en cuenta que cada integrante del grupo debe tener una copia de él.

2.1.1 Método

La Vicerrectoría Académica UIS (2007) establece la metodología para llevar a cabo el seminario de investigación en el cual se plantean tres etapas (Figura 1) y son explicadas en el capítulo 2.

Figura 1

Metodología del seminario de investigación



Nota: Modificado de Vicerrectoría Académica UIS, 2007 2.1.2 Resultados

A partir de lo planteado, el desarrollo del seminario consta de 6 sesiones de 55 minutos, una por cada subtema, logrando que cada integrante cumpla cada uno de los diferentes roles.

Tabla 1

Distribución de los temas y funciones de cada sesión.

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Seminario de Investigación	
Cavidades Carsticas, Genesis, Importancia Y Tecnicas De Deteccion, Caso De Estudio Sistema Carstico Del Sureste De Zapatoca, Santander, Colombia	
Subtemas	Roles
Rocas calcáreas, fenómeno cárstico y ejemplos de sistemas cársticos en Colombia y el mundo	Relator: Andrés Julián Osorio Rodríguez
	Correlator: Juan David Solorzano Vanegas
	Protocolante: Miguel Ángel Gonzalez Jaimes
El fenómeno cárstico de la Formación Rosa blanca en el departamento de Santander	Relator: Miguel Angel Gonzalez Jaimes
	Correlator: Juan David Solorzano Vanegas
	Protocolante: Andrés Julián Osorio Rodríguez
Marco geológico general y particularidades del Sistema cárstico del sur este de Zapatoca.	Relator: Juan David Solorzano Vanegas
	Correlator: Andrés Julián Osorio Rodríguez
	Protocolante: Miguel Angel Gonzalez Jaimes
Importancia del carst en el contexto	Relator: Juan David Solorzano

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Hidrogeológico y como parte del patrimonio geológico	Vanegas
	Correlator: Miguel Ángel Gonzalez
	Jaimes
	Protocolante: Andrés Julián Osorio
Detección de cavidades cársticas, técnicas geofísicas y sus principios	Relator: Miguel Ángel Gonzalez
	Jaimes
	Correlator: Andrés Julián Osorio
	Rodríguez
	Protocolante: Juan David Solorzano
	Vanegas
Aplicación de la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) para la caracterización del sistema kárstico del sureste de Zapatoca	Relator: Andrés Julián Osorio
	Rodríguez
	Correlator: Miguel Ángel Gonzalez
	Jaimes
	Protocolante: Juan David Solorzano
	Vanegas

Descripción de subtemas

1. Rocas calcáreas, fenómeno cárstico y ejemplos de sistemas cársticos en Colombia y el mundo: En este subtema se mencionan las características que diferencian a las rocas calcáreas de las demás rocas y se discute la utilidad de las diferentes clasificaciones, finalmente se muestra el desarrollo del fenómeno cárstico en diferentes lugares con el fin de encontrar similitudes y diferencias.

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

2. El fenómeno cárstico de la Formación Rosablanca en el departamento de Santander: Este subtema se enfoca en la geología del área de estudio, ya que el sistema cárstico en cuestión se ubica dentro de esta formación, se discuten las limitaciones estratigráficas del sistema cárstico de Zapatoca y se compara el desarrollo del fenómeno cárstico en diferentes lugares pero dentro de la misma formación, discutiendo cuáles son los factores que favorecen el desarrollo de este fenómeno y cuáles son los parámetros que limitan su evolución.
3. Marco geológico general y particularidades del Sistema kárstico del sur este de Zapatoca: En este subtema se profundiza aún más en la geología regional del sistema cárstico del caso de estudio, dando argumentos para el planteamiento de posibles estrategias para la caracterización de la totalidad de sus estructuras internas, también se discute la relación que hay entre la estratigrafía del área, la geología estructural y el clima, con la evolución del fenómeno cárstico y como estos factores van a influir en el desarrollo del mismo.
4. Importancia del carst en el contexto Hidrogeológico y patrimonio geológico:
Este subtema tiene como principal objetivo destacar la gran importancia del fenómeno cárstico para la hidrogeología de una región, discutiendo las diferentes maneras como se relaciona la hidrogeología con el desarrollo cárstico y la influencia que puede tener esto en el desarrollo de las comunidades que habitan dichos territorios, también destaca la importancia a nivel de patrimonio que pueden llegar a tener las diferentes manifestaciones cársticas como los sistemas cavernarios y el paisaje cárstico en general.
5. Detección de cavidades cársticas, técnicas geofísicas y sus principios:

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

En este subtema se discute todo lo que podemos llegar a encontrar dentro del área de influencia del carst, dando un concepto de lo que podríamos encontrar en una hipotética aplicación de diferentes métodos geofísicos para la detección de cavidades cársticas en el subsuelo, basando estas afirmaciones en estudios recientes realizados en diferentes lugares alrededor del mundo, buscando determinar cuáles pueden ser los más eficaces y cuáles pueden ser las combinaciones de métodos que pueden entregar los mejores resultados.

6. Aplicación de la Tomografía de Resistividad Eléctrica (TRE) para la Caracterización del sistema kárstico del sureste de Zapatoaca:

Este subtema menciona paso a paso el uso de uno de los métodos más efectivos para la detección de cavidades cársticas, aplicándolo a un área de estudio específica, en este caso, el sistema cárstico del sur este de Zapatoaca, discutiendo limitaciones y ventajas del método, además busca general en los participantes nuevas ideas para investigaciones futuras.

2.1.2 Resultados

Como evidencia de este proceso de investigación se plasma en un libro de memorias donde están todos los temas y sesiones con sus correspondientes presentaciones, bibliografía y un mapa de transectas sugeridas para la realización de una campaña de tomografía de resistividad eléctrica en el área de estudio.

Libro De Memorias.

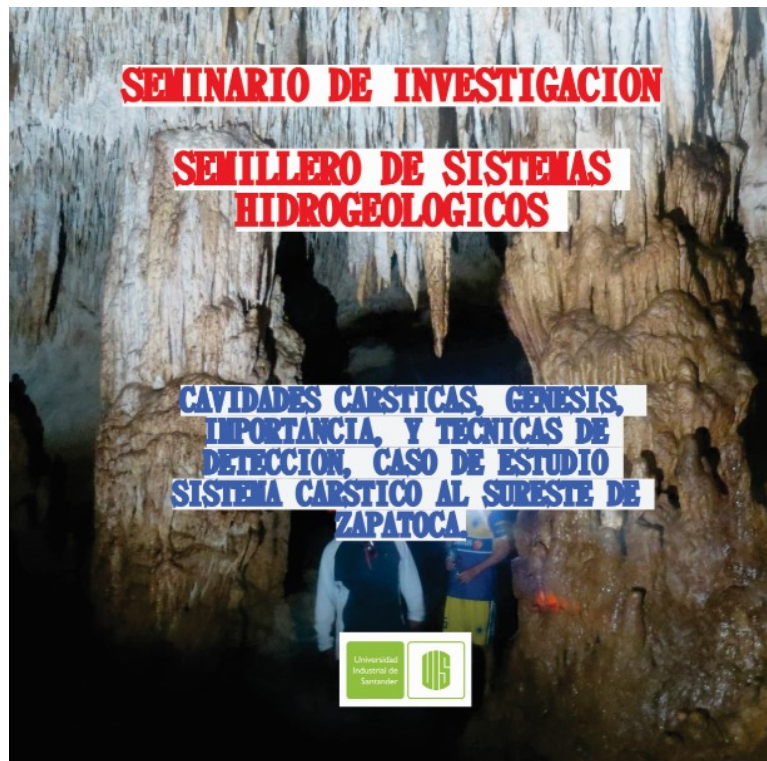
CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

El libro de memorias se titula “Cavidades Carsticas, Genesis, Importancia Y Tecnicas De Detección, Caso De Estudio Sistema Carstico Del Sureste De Zapatoca, Santander, Colombia.” Donde se encuentra sintetizada la investigación y el conocimiento recopilado por cada integrante del seminario.

El libro contiene seis divisiones de las sesiones realizadas en las cuales se partió del conocimiento general de la naturaleza física de las rocas presentes en el área, su interacción con el agua para ser un sistema hidrogeológico cárstico y los métodos indirectos adecuados para su posible estudio.

Figura 2

Portada del libro de memorias.



CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Presentaciones

Se realizaron seis presentaciones en power point correspondientes a cada sesión como ayuda didáctica para mejorar la interacción entre los participantes y asistentes resaltando el uso de gráficos y tablas durante el desarrollo del tema basado en la bibliografía consultada.

Figura 3

Ejemplo 1 de las presentaciones

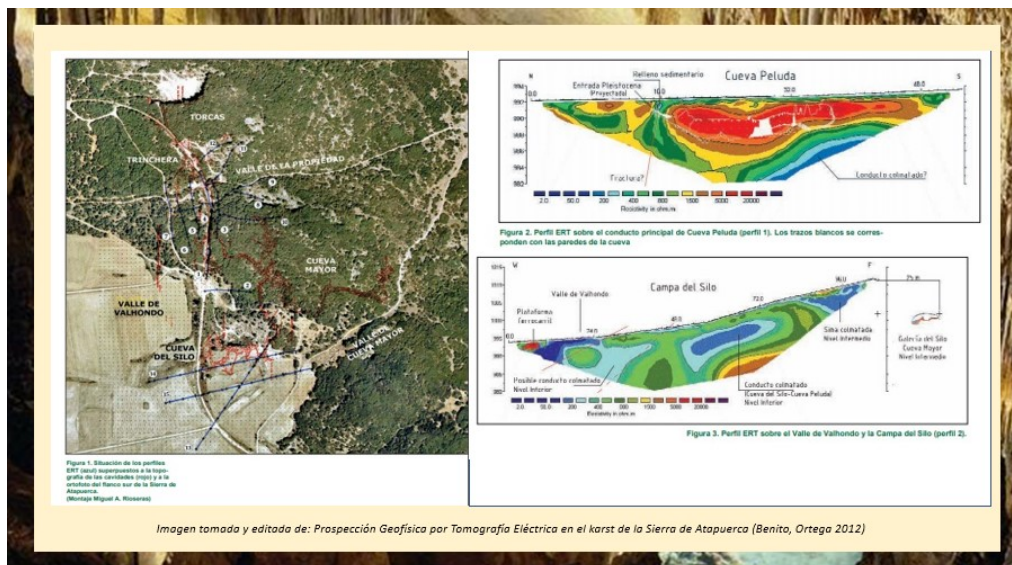
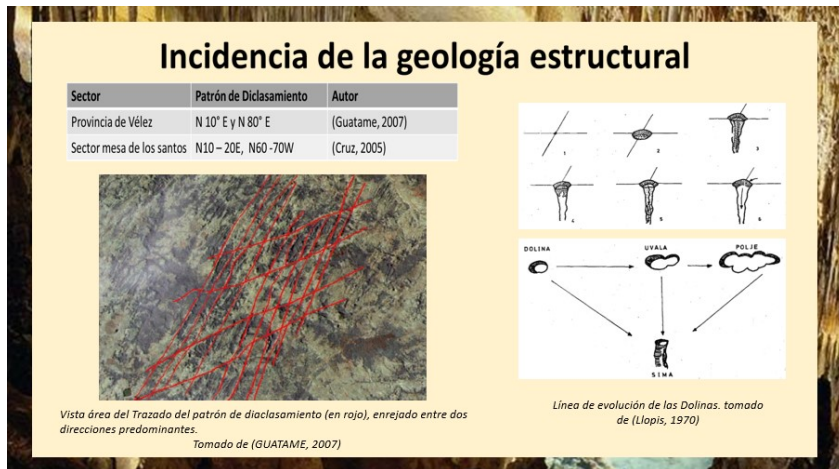


Figura 4

Ejemplo 2 de las presentaciones



3. Conclusiones

- El producto final de este seminario alemán es el libro de memorias donde está evidenciado el proceso de investigación de cada participante buscando los métodos geofísicos más adecuados para la detección de cavidades cársticas en el área de estudio y diseñar una campaña de adquisición geofísica con el método de TRE (Tomografía de resistividad eléctrica) siendo un aporte a un posible estudio y contribución para el conocimiento del lugar. Allí se encuentran múltiples referencias de gran utilidad para estudiantes y docentes presentadas en un lenguaje adecuado para el aprendizaje del tema.
- Debido al contraste que existe entre las propiedades físicas de la roca caliza, las cavidades vacías y las que se encuentran saturadas es posible utilizar métodos indirectos para su estudio desde superficie como la gravimetría, geo eléctrica, sísmica y geo radar que se fundamentan en la detección de estas posibles variaciones de propiedades físicas de como densidad, resistividad y velocidad de propagación entre los medios.

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

- A partir de la evidencia bibliográfica y de visitas previas a campo se determina que el sistema cárstico de Zapatoaca se encuentra activo debido a su flujo constante de agua.
- La metodología del seminario alemán permite construir el estado del arte correspondiente a una campaña de investigación puntual y a su vez ir enriqueciendo en conocimiento no solamente asociados a geofísica e hidrogeología sino de geología en general.
- El estado del arte generado como resultado de la recopilación bibliográfica, el análisis de esta información y la capacidad de resolver un problema que se adquirió durante el seminario de investigación permite sugerir que el método de tomografía de resistividad eléctrica sea adecuado para identificar cavidades de origen cársticos presentes en el municipio de Zapatoaca y se sugiere una campaña de adquisición con este mismo método que incluye las posibles transectas, el tiempo estimado y un posible presupuesto.

4. Recomendaciones

- Se recomienda la toma de datos de diferentes métodos geofísicos que puedan identificar el contraste generado entre las cavidades y los cuerpos de roca tales como sísmica y GPR que pudieran enlazar y generar mejor detalle en diferentes zonas dentro del área de estudio.
- De realizarse esta campaña de tomografía de resistividad eléctrica se recomienda la previa socialización con los habitantes de la zona y autoridades correspondientes para garantizar un desarrollo sin afectaciones de factor humano.

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

- Realizar seminarios de investigación para la aplicación de diferentes métodos con el objetivo de buscar cavidades de origen cárstico con el fin de sentar las bases de posibles proyectos realizables por estudiantes.

Referencias Bibliográficas

- Archila Mendoza, A.; Gelvez, J.; Zafra-Otero, D.; Barajas Rangel, D.; Herrera, J.; Ríos Reyes, C.; Castellanos, O. 2018. Geoespeleología y valoración de la cueva de Doña Lucrecia (Rionegro, Santander) para establecer su interés científico. Memorias: I Congreso Colombiano de Espeleología y VIII Congreso espeleológico de América Latina y el Caribe. 115-118 p
- Caballero, V. et al. Levantamiento de la cordillera oriental de Colombia durante el eoceno tardío – oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de nuevo mundo, cuenca valle medio del Magdalena. Boletín de Geología, vol 32, N° 1, 2010.
- Cediel, F. et al. Tectonic assembly of the northern Andean block. Hydrocarbon habitats, Basin formation, and plate tectonics, AAPG memoir, Vol 1, no. 79, p 815-848, 2003.
- Cooper, M.A. et al. Basin development and tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera, and middle Magdalena Valley, Colombia: The American Association of Petroleum Geologist Bulletin, 79, p. 1421 – 1443, 1995.
- Cortes, M, et al. Paleostress evolution of the northern Andes (Eastern Cordillera of Colombia): implications on plate kinematics of the south caribbean region tectonics, Vol 24, p 27-32, 2005.
- Dunham, R. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures. In: W.E. Ham (Ed.). Classification of Carbonate Rocks. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem,1, 108 – 121

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Etayo-Serna, F. & Guzmán-Ospitia, G. (2019). Formación Rosa Blanca: subdivisión de la Formación y propuesta de Neoestratotipo. Sección laguna El Sapo, vereda El Carrizal, municipio de Zapatoca, departamento de Santander. En Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena, dirección científica y edición de Fernando Etayo-Serna. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia vol. XXIII. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

Fabre, A. La subsidencia de la cuenca del Cocuy (cordillera oriental de Colombia) durante el cretáceo y el terciario. Segunda parte: esquema de evolución y tectónica. Geología norandina. Vol 8, p 21-28, 1983.

Gilli, E. (2015). Karstologie - Karsts, grottes et sources. DUNOD Editeur, Paris, 2011, 256 p., Coll. « Sciences Sup ».

Gélvez-Chaparro, J. & Barajas, D. (2019). “Geoespeleología y Geoturismo en Cuevas de El Peñón (Santander): Conocimiento y alternativas para la Geoconservación de Sistemas 97 Kársticos. Tesis de grado para título de geólogo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Jiménez, G. et al. Variaciones en el estilo estructural relacionado con anisotropías de basamento en el valle medio del Magdalena. Rev. acad, colomb, cienc, ex, fis, nat. 40(155), p 314-315, 2016.

Llopis, N. Fundamento de hidrogeología Kárstica, editorial elume, 1970.

Lowrie (2007). Fundamentals of Geophysics. Cambridge University Press, 2ed, 2003.

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

- Macías, Y. y Cabanzo, M. Análisis y caracterización estructural de zonas transversales en el bloque colgante de la falla del Suárez. Tesis de pregrado para aspirar al título de geólogo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. 2017.
- Mendoza- Parada, et al. Sistema Cárstico de la Formación Rosa blanca Cretácico inferior, en la provincia santandereana de Vélez, Colombia. p 1-44, 2009.
- Mora, A. Inversion tectonic and exhumation process in the Eastern cordillera of Colombia. Tesis doctoral, Universidad Potsdam, p 146, 2007.
- Osorio, D., (2016). Estratigrafía y deformación del Grupo Girón en el anticlinorio de los Yariguíes (“Anticlinal de Los Cobardes”) sectores Zapatoca y Río Lebrija. Tesis de pregrado para aspirar al título de geólogo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia
- Sarmiento, G. et al. Evolución Geológica y Estratigrafía del Sector Norte del Valle Medio del Magdalena. Geología Norandina N°12, p 51- 83, 2015.
- Sears, Zemansky, Young, Freedman: " Física Universitaria", Vol. I y II, Pearson, 1999
- Ulloa, M, Et al. Relaciones estratigráficas entre el jurásico y el cretácico de la cordillera de los cobardes. Geología colombiana N° 15, p 55-64, 1986.
- Vicerrectoría Académica, UIS (2007). Lineamientos para el seminario de investigación como modalidad para el desarrollo del trabajo de grado
- Zafra, D. (2019) Caracterización geoespeleológica de sistemas kársticos en Zapatoca (Santander) con fines de geoeducación y geoconservación, caso de las cavernas: El

CASO DE ESTUDIO SISTEMA CÁRSTICO SURESTE DE ZAPATOCA

Nitro y Las Alsacias. Tesis de pregrado para aspirar al título de geólogo. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2016.