



Instituto Politécnico de Tomar – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
(Departamento de Geologia da UTAD – Departamento de Território, Arqueologia e Património do IPT)



**Master Erasmus Mundus em
QUATERNARIO E PRÉ-HISTÓRIA**

ARQUEOMETRÍA DE PINTURAS RUPESTRES: LA PIEDRA DE LA CUADRÍCULA (SOACHA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DEL ARTE PREHISTÓRICO

JUDITH TRUJILLO TELLEZ

Orientadores: **Dr. Luiz Oosterbeek**
 Dr. Pierluigi Rosina
 Dr. Christophe Falgueres

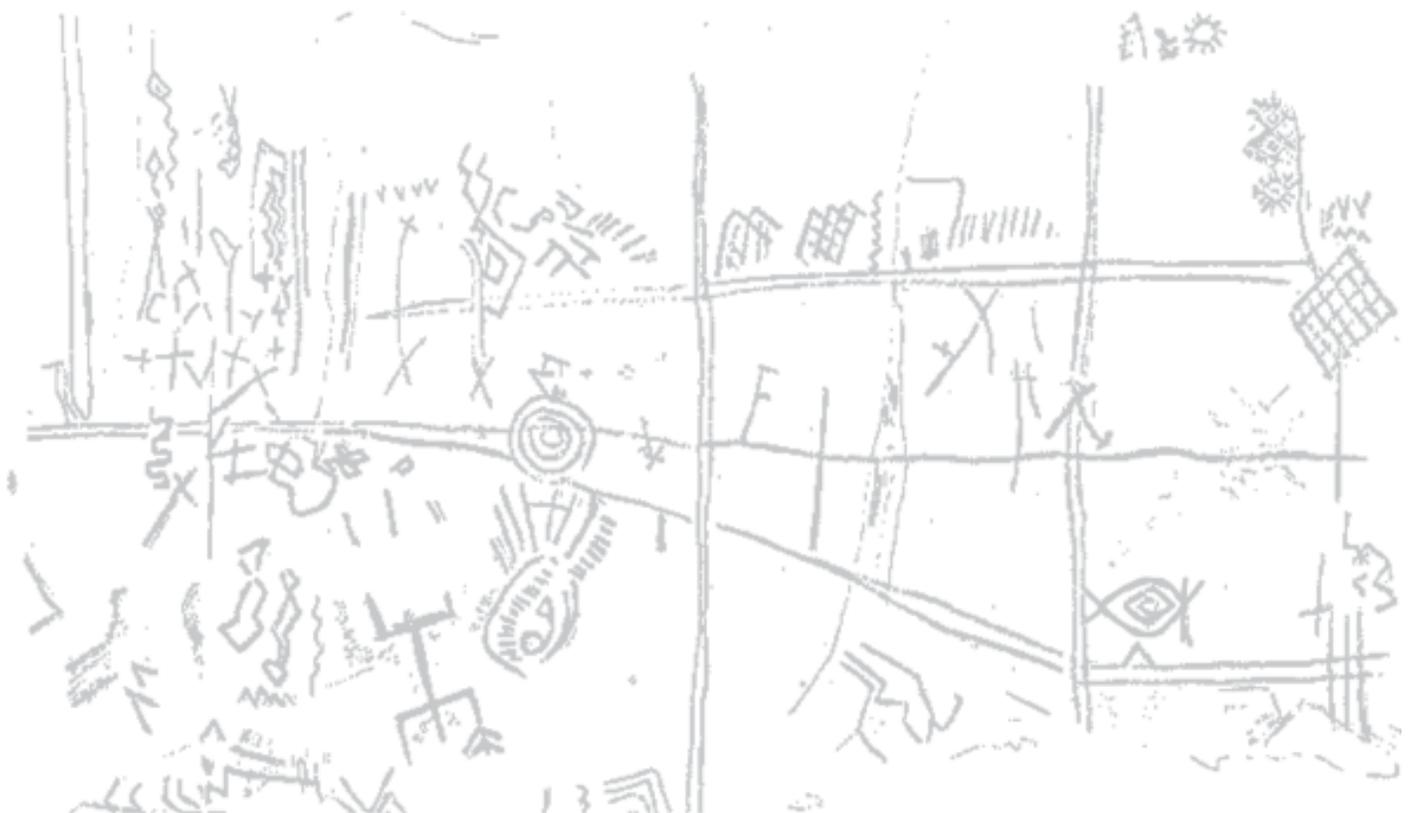
Juri:

Ano académico 2007/2008



**ARQUEOMETRÍA DE PINTURAS RUPESTRES:
LA PIEDRA DE LA CUADRÍCULA
(SOACHA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA)**

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DEL ARTE PREHISTÓRICO



**ARQUEOMETRÍA DE PINTURAS RUPESTRES: LA PIEDRA DE LA
CUADRÍCULA (SOACHA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA).
Contribución al Estudio de la Tecnología del Arte Prehistórico**

Judith Trujillo-Téllez
Master Erasmus Mundus em
Quaternario e Pré-História

Las consideraciones que se exponen en esta síntesis deben entenderse dentro del contexto de un proceso muy amplio desarrollado desde 1970 en el estudio del arte rupestre en Colombia. Desde esta época el grupo de investigación de arte rupestre GIPRI Colombia ha venido interesándose en desarrollar diversos tipos de actividades y prácticas para la documentación y el estudio de las manifestaciones estéticas de los habitantes de la zona denominada convencionalmente como altiplano cundiboyacense (altiplano andino oriental de Colombia), en donde el arte rupestre constituye uno de los elementos menos trabajados.

Así que el objetivo específico de la tesis es el de mejorar significativamente los estudios sobre las condiciones en las que se encuentran los elementos pictóricos de un mural de arte rupestre, es decir, los materiales usados y sus interacciones con la intemperie. Esto significa ampliar las posibilidades descriptivas de las condiciones de conservación del arte rupestre en Colombia. Simultáneamente, es una ruta fundamental para la búsqueda de dataciones que se puedan determinar con el estudio de materiales y con la presencia de elementos que puedan ser datados. La investigación que se desarrollará en el futuro tiene que ver con las micro-alteraciones de las rocas y los agentes y factores que puedan ser detectados con la descripción pormenorizada de los microclimas en el yacimiento.

Hoy se tienen preguntas más precisas sobre la cadena operatoria, es decir el posible proceso de producción y algunas de las etapas en la fabricación de las pinturas. Se tiene interés sobre la ubicación de los sitios donde se debieron obtener las materias primas y, con ello, los estudios de geología se hacen fundamentales. De igual forma, se intenta saber en qué periodos sería posible el calentamiento o no de la materia prima para la fabricación de los pigmentos y cual po-

dría ser la relación entre estos procesos y el desarrollo de la cerámica, dado que el pigmento se comportaría como una estructura cerámica, según algunos de los resultados obtenidos en esta tesis.

Con estos antecedentes, la investigación y estudio de la *Arqueometría de Pinturas Rupestres: La Piedra de La Cuadrícula (Soacha, Cundinamarca, Colombia)*. *Contribución al estudio de la tecnología del arte prehistórico* introduce nuevos aspectos en el proceso de investigación en torno a los materiales presentes en estas obras rupestres e inicia los trabajos sobre tecnología de pigmentos. De igual forma, los estudios de los materiales abren una ruta hacia los trabajos de conservación, y constituyen un camino esencial para los estudios proyectados de dataciones.

Finalmente es necesario recordar que dentro de la historia de la investigación en Colombia no existen aun relaciones entre los contextos arqueológicos y el arte rupestre. Los trabajos de Thomas van der Hammen y Gonzalo Correal, en Los Abrigos Rocosos del Tequendama, a pesar de que pudieron organizar una crono-estratigrafía completa de la Sabana de Bogotá, dejaron abierto el camino con sus inquietudes para la investigación cronológica del arte rupestre, incluso para las rocas que estaban en el lugar mismo de la excavación. Un paso fundamental, para contribuir al desarrollo de esta investigación, es el estudio riguroso de los materiales y la composición de los mismos, comprender si son naturales o fabricados y, con ello, acceder a elementos y criterios que determinen a qué período de la estructura total del poblamiento corresponden los vestigios, aun desarticulados, denominados genéricamente como arte rupestre.

Actualmente se sabe, que la zona en donde se encuentra la roca de estudio, fue frecuentada por comunidades de cazadores recolectores, y es posible entender el conjunto complejo de cambios climáticos, los procesos de hábitat de estos grupos, el poblamiento de estas regiones y la sedentarización. También se sabe que los grupos, que vivieron en el altiplano, desarrollaron diversas estrategias para acceder y transformar los recursos en un proceso, que su propia dinámica, amplió su relación con la naturaleza. Pero al parecer esta dinámica también permitió hacer en cada etapa una estructura organizativa más compleja, que va desde el periodo formativo, a los cacicazgos y posteriormente a la construcción de los estados incipientes como un desarrollo regional.

Los trabajos de laboratorio son considerados en esta tesis como un elemento sustantivo, es decir central en la búsqueda y la determinación de los materiales presentes en una roca específica. Los elementos encontrados corresponden a un aspecto contemplado dentro de la dinámica de investigación, en la construcción de criterios de trabajo para documentar los sitios rupestres. Los sistemas de descripción del yacimiento (fichas de yacimiento, fichas de conservación, de zona, de la historia de las transcripciones, de manipulación digital) deben ser comprendidos en esta tesis como un contexto adicional, acumulado por la experiencia de GIPRI, pero al tiempo como una propuesta organizada de presentación de posibles criterios metodológicos para investigar cualquier yacimiento. Así que las actividades cumplidas en el laboratorio se incorporan a la dinámica de los criterios usados en el cuaderno de descripción general de los sitios con arte rupestre.

Después de haber tomado 9 muestras en la Piedra de La Cuadrícula se realizaron los laboratorios de Espectrometría Infrarroja para reconocer la composición química y mineralógica de cada una de ellas. La gran facilidad de caracterización de este método reside en que se ponen en evidencia agrupaciones moleculares que presentan una secuencia de bandas de absorción características en un ámbito de frecuencias preciso. Así se da acceso a un inventario de los constituyentes del cuerpo analizado, una especie de repertorio de estructuras que tienen que ser confrontadas con un patrón, que normalmente pertenece a las bases de datos del laboratorio.

Los resultados para los pigmentos son: de las tres muestras de pigmentos, dos de ellas muestran técnicas de fabricación semejantes a las utilizadas en la cerámica, es decir, que la materia prima debió ser sometida a cambios de temperatura para obtener distintas tonalidades de rojo. Eso pudo observarse por la destrucción de la caolinita presente regularmente en los minerales arcillosos. La otra muestra de pigmento tiene características semejantes a los minerales arcillosos de las zonas tropicales, lo que puede reflejar que la materia prima debió ser aplicada directamente sin sufrir ninguna transformación, mas que la de su tritu-

rado y su uso en el mural. Con respecto a las muestras de las concreciones que existen sobre las pinturas rupestres del mural estudiado, su composición química muestra su procedencia biogénica y la alta interacción que existe entre los micro-organismos, el sustrato, las pinturas y las condiciones climáticas del sitio. Todo un marco de condiciones que afectan la conservación del arte rupestre. Por otro lado, su composición general abre posibles caminos a una datación relativa de las pinturas rupestres a través de estos eventos asociados.

**ARCHAEOOMETRY OF ROCK ART PAINTINGS: *LA PIEDRA DE LA CUADRICULA*
(SOACHA, CUNDINAMARCA, COLOMBIA).**

A contribution to the study of prehistoric art.

Judith Trujillo-Téllez
Erasmus Mundus Master in
Quaternary and Prehistory

The considerations presented in this synthesis must be understood within the broad context of a lengthy process that has been developed since 1970, the study of rock art in Colombia. Since that period, the rock art research group GIPRI Colombia has been deeply interested in developing several kinds of activities and skills in what concerns the documentation and study of aesthetic manifestations of the inhabitants of the area commonly designated as cundiboyacense high-plateau (oriental Andean high-plateau of Colombia), where rock art is one of the less studied elements.

The aim of this thesis is to improve significantly the studies of the conditions of pictorial elements in a rock art mural, that is, to know the materials that were used and their interactions with the open air. In short, it intends to broaden the descriptive possibilities of rock art conservation conditions in Colombia. At the same time, it is an essential way for the search of dating that can be set through the study of materials with datable elements. The research that will be developed in the future will be related to the micro alterations of the rock and the agents and factors that may be detected through a thorough description of microclimatic conditions in the deposits.

Nowadays there are more accurate questions about the operative chain, i.e. about the possible production process and some of the stages of painting. There is a great interest in the location of the sites where the raw material was collected and inherently geological studies become crucial. Similarly, in what regards to the making of pigments, specially taking into account what could be the relation between these processes and the development of ceramics, considering, according

to some of the results of the present thesis, that the pigment would behave as ceramic structure, one thrives to know in which periods the heating of the raw material would be possible or not.

Using these records as stepstone, the research and study *Archaeometry of rock art paintings: La Piedra de La Cuadrícula (Soacha, Cundinamarca, Colombia). A contribution to the study of prehistoric art.* brings new aspects into the ongoing research process about the materials present in these rock art paintings and launches the works about technology of pigments. Furthermore, the study of the materials clears the way for conservation work, and also proves essential for the projected studies on dating.

Lastly, it's important to remember that throughout the research history in Colombia there haven't been relations yet between archaeological and rock art contexts. The work done by Thomas van der Hammen and Gonzalo Correal in *Los Abrigos Rocosos del Tequendama*, not only organized a complete stratigraphy of Bogotá's savannah, but also left the way open with their restlessness towards the chronological research of rock art, even in the case of the rocks in the excavation itself. A huge step in the development of the present research is the rigorous study of the materials and their composition, to understand if they are natural or manufactured and, hereby, to accede to elements and criteria that stipulate to which period of the total settlement structure the traces, even if disjoint, generically designated by rock art, correspond.

At present it is known that communities of hunter-gatherers paid frequent visits to the area where the studied rock is located and it is possible to grasp the complex set of climate changes, the habitat processes of these groups, the settlement of these regions and sedentarization. It is also known that the groups that lived in the high-plateau developed several strategies to get and transform resources into a process; their own dynamics widened their relation with nature. However, this dynamics also allowed, in each stage, a more complex organized structure to turn up, that extended from the formative period up to the *cacicazgos* and afterwards up to the construction of the incipient states as regional development.

Lab work is considered essential in this thesis; as a matter of fact it is absolutely indispensable in the search and determination of the materials present in a specific rock. The elements gathered correspond to one of the items considered within the research dynamics, the outline of work criteria to document rock art sites. The description systems of deposits (deposit files, conservation files, as well as area, history of transcriptions and digital manipulation files) should be understood in this thesis as an additional context, gained through GIPRI experience, but also as an organized proposal presenting methodological criteria in order to study any deposit in a detailed and accurate manner. Therefore, the accomplished activities in the laboratory merge into the dynamics of the used criteria in the notebook of general description of rock art sites.

After having collected 9 samples of the *Piedra de La Cuadrícula*, these were analyzed using Spectrometry Infrared to identify the chemical and mineralogical composition of each one of them. In all cases, the easiness of characterization provided by this method consists in the fact that molecular bonds, which display a typical sequence of infrared absorption bands in a scope of precise frequency, become evident. So the method makes the inventory of structural data of a sample possible, a sort of structural repertoire that has to be compared with a pattern, usually belonging to the lab's database.

The outcomes in what concerns the pigments are: two out of three samples show similar manufacturing techniques to those used in ceramics, this means that the raw material must have been subjected to changes in temperature in order to obtain distinct tonalities of red. This could be observed by the destruction of kaolinite, regularly present in argillaceous minerals. Considering that the last sample of pigments has similar characteristics to argillaceous minerals of tropical areas, it may be inferred that the raw material must have been applied directly without any transformation, besides being crushed and used in the mural. In what concerns the samples of rock surface accretions of the studied mural, their chemical composition reveals their biogenic origin and the high interaction between microorganisms, substrate, paintings and climate conditions of the site. An entire set of conditions that influences rock art conservation. On the other hand, their overall composition opens new possible ways to a relative dating of the rock art paintings through these associated elements.

ÍNDICE

ÍNDICE	2
RESUMEN / ABSTRACT	5
AGRADECIMIENTOS	7
INTRODUCCIÓN	9
1. CONTEXTOS	14
1.1. Contexto Geográfico, Vegetación y Fauna	14
1.1.1. Colombia	14
1.1.2. Región Andina	21
1.1.3. Zona de Estudio	25
1.2. Contexto Geológico	29
1.2.1. Colombia	29
1.2.2. Región Andina	30
1.2.3. Zona de Estudio	31
1.3. Historia de Vegetación, Clima y Suelos	34
1.3.1. Vegetación y Clima	34
1.3.1.1. Colombia y Región Andina	34
1.3.1.2. Sabana de Bogotá y Zona de Estudio	38
1.3.2. Suelos	40

2. ARQUEOLOGÍA Y ARTE RUPESTRE	42
2.1. Arqueología en Colombia y Zona de Estudio	42
2.1.1. Etapa Paleo-India	44
2.1.2. Etapa Arcaica	47
2.1.3. Etapa Formativa	47
2.1.4. Desarrollos Regionales	48
2.1.5. Etapa de los Cacicazgos	49
2.1.6. Etapa de los Estados Incipientes	51
2.2. Arte Rupestre	53
2.2.1. Arte Rupestre en Colombia	53
2.2.2. Arte rupestre de la zona sur occidental de la Sabana de Bogotá	61
3. MÉTODOS	66
3.1. Análisis de Espectrometría Infrarroja	69
3.1.1. Determinación estructural de la material	69
3.1.2. Espectro Electromagnético	70
3.1.3. Descripción del Método de Espectroscopía Infrarroja (IR)	73
3.1.3.1. Historia	73
3.1.3.2. Conceptos Básicos	74
3.1.3.3. Preparación de Muestras	76
3.1.3.4. Método de la Pastilla de Bromuro de Potasio (KBr)	77
3.1.3.5. Análisis cuantitativos	82
3.1.3.6. Análisis cualitativos	86
3.2. Análisis Cualitativo: Color vs. Temperatura	95
3.3. Documentación Detallada del Arte Rupestre	97
4. RESULTADOS	100
4.1. Resultados de la Espectrometría IR	100
4.1.1. Muestra 1: Sustrato del Yacimiento	102
4.1.2. Muestra 2: Materia Prima	103

4.1.3. Muestras 3, 4, 5 y 6: Pigmentos	106
4.1.4. Muestras 7 y 8: Concreciones	115
4.1.5. Muestras 9: Excremento de Pájaros	119
4.2. Resultados del Análisis Cualitativo: Color vs. Temperatura	121
4.3. Discusiones, Preguntas y Propuestas hacia el futuro	122
5. PIEDRA DE LA CUADRÍCULA	125
5.1. Localización	125
5.2. Forma del yacimiento	126
5.3. Levantamiento por cara y por grupos pictóricos	127
5.4. Características generales	132
5.5. Estado de conservación	132
5.6. Registro de la zona rupestre	134
5.7. Historia de los Registros	136
5.8. Cuaderno de Registro del Yacimiento	137
CONCLUSIONES	165
BIBLIOGRAFÍA	171
ANEXOS	181

RESUMEN

El objetivo de esta tesis es mejorar significativamente los estudios sobre las condiciones en las que se encuentran los elementos pictóricos en un mural con arte rupestre, es decir, conocer los materiales usados y sus interacciones con la intemperie. Este ejercicio académico introduce nuevos aspectos en el proceso de investigación en torno a los materiales presentes en estas obras rupestres e inicia los trabajos sobre tecnología de pigmentos en la zona de estudio, ampliando las posibilidades descriptivas de las condiciones de conservación del arte rupestre. Los estudios de los materiales abren una ruta hacia los trabajos de conservación, y constituyen un camino esencial para los estudios proyectados de dataciones. En este trabajo se analizaron los pigmentos, ciertas concreciones, el sustrato rocoso y la posible materia prima de las pinturas rupestres. El análisis realizado fue con la ayuda de la Espectrometría Infrarroja

Este proceso de investigación está dentro del contexto que el equipo Gipri ha desarrollado en la ampliación del modelo metodológico de registro y documentación del arte rupestre en Colombia, en especial en el altiplano cundiboyacense. Se escogió la roca "Piedra de La Cuadrícula", ubicada dentro de un conjunto total de 167 rocas en la zona de Tequendama, Municipio de Soacha, Departamento de Cundinamarca. Este sector es uno de los sitios arqueológicos más importantes del país. Allí se han encontrado secuencias estratigráficas culturales entre 12 500 B.P. y 2 500 B.P. Por otra parte, se han desarrollado estudios muy importantes del Medio Ambiente Pleistocénico y Holocénico.

PALABRAS CLAVE

Arte Rupestre, Espectrometría Infrarroja, Composición Mineralógica, Pigmentos, Concreciones.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to improve significantly the studies of the conditions of pictorial elements in a rock art mural, that is, to know the materials that were used and their interactions with the open air. This academic exercise introduces new aspects in the research process concerning the materials present in these rock art works and leads up to the works about technology of pigments in the studied area, extending the descriptive possibilities of the conservation conditions of rock art. The study of the materials opens a route towards the conservation work, and constitutes an essential way for the projected studies on dating. In this work, pigments were analyzed, some accretions, the rock substrate and the possible raw material of the rock art paintings. This analysis was done using Spectrometry Infrared.

This investigation process is set in the context that the research group GIPRI has developed, as an extension of the methodological model of record and documentation of rock art in Colombia, especially in the cundiboyacense high-plateau. The rock chosen was "La Piedra de la Cuadrícula ", located in a set of 167 rocks in Tequendama's area, Soacha's Municipality, in Cundinamarca's department. This sector is one of the most important archaeological sites of the country. In this site cultural stratigraphic sequences between 12 500 B.P. and 2500 B.P. have been found. On the other hand, there have been developed very important studies of the Pleistocenic and Holocenic environment.

KEY WORDS

Rock Art, Infrared Spectrometry, Mineral Composition, Pigments, Accretions.

AGRADECIMIENTOS

- Grupo de Investigación de la Pintura Rupestre Indígena, GIPRI Colombia.

A su director Guillermo Muñoz por su asesoría en la investigación del arte rupestre en Colombia y por sus correcciones y lecturas oportunas de este trabajo. A los colegas investigadores: Carlos Rodríguez, Lorena Rodríguez, Miguel Ángel Albadán, Yaneth González, Oscar Hernández y Natalia Muñoz por su colaboración activa en la consecución de algunos de los materiales desde Colombia.

- Instituto Colombiano de Antropología e Historia y Cámara de Comercio “Parque Ecológico La Poma”.

Por ofrecer todas las autorizaciones necesarias para realizar los estudios y análisis de La Piedra de La Cuadrícula.

- Centre de Spectroscopie Infrarouge del Muséum National d’Histoire Naturelle de París.

A su director Professeur François Fröhlich por la formación recibida y por dejarme disponer de todos los equipamentos de su laboratorio.

A los miembros de su equipo: Aïcha Gendron-Badou, Anne Marie Brunet, Lamia Messili, Xavier Gallet por su colaboración en el aprendizaje de los protocolos para construir las pastillas de estudio y en la lectura de los espectros IR.

- Instituto Terra e Memoria de Mação.

A Susana Silveiro del Departamento de Lenguas por su corrección de los textos traducidos a otros idiomas.

A Jedson Cerezer por su colaboración en las pruebas experimentales de fabricación de pigmentos.

- Museu da Arte Pre-Histórica de Mação, Instituto Politécnico de Tomar y Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro en Portugal, Institute de Paleontologie Humaine y Musée de l'Homme en París.

A todas las personas de estas instituciones, tanto de la parte administrativa, como a los docentes, colegas y amigos que me brindaron su colaboración y apoyo en todo este tiempo de estancia y trabajo.

Al Profesor Luiz Oosterbeek por su entusiasmo, por su extraordinaria asesoría, y por estar pendiente en todas y cada una de las etapas de este trabajo.

A la Profesora Mila Simões de Abreu por tener confianza en el equipo colombiano y darle la oportunidad de estar en todo este proceso de investigación del arte rupestre mundial.

INTRODUCCIÓN

Las consideraciones que se exponen en esta introducción deben entenderse dentro del contexto de un proceso muy amplio desarrollado desde 1970 en el estudio del arte rupestre en Colombia. Desde esta época el grupo de investigación de arte rupestre GIPRI Colombia ha venido interesándose en desarrollar diversos tipos de actividades y prácticas para la documentación y el estudio de las manifestaciones estéticas de los habitantes de la zona denominada convencionalmente como altiplano cundiboyacense (altiplano andino oriental de Colombia), en donde el arte rupestre constituye uno de los elementos menos trabajados. Hasta 1970 se sabía muy poco de la densidad y alta concentración de pinturas y grabados en casi todos los departamentos del país. Tampoco se habían realizado los trabajos de documentación rigurosos y las transcripciones existentes en los textos clásicos (Triana, 1922, 1970; Cabrera Ortiz, 1946, 1970) adolecían del rigor necesario, cabe decir, no podían ser considerados como documentos de carácter arqueológico.

Además de los procesos de registro y documentación, el equipo de GIPRI organizó en todo este proceso una perspectiva histórico-crítica para la comprensión de los estudios de arte rupestre, que no solo incluían los temas en Colombia y en América, sino que hundían sus raíces en las influencias europeas de los estudios del Siglo XX. En 1992, cuando la autora de esta tesis empieza a formar parte de este equipo de investigación, ya se había ajustado un sistema para la documentación rigurosa y sistemática de las zonas, los yacimientos, los murales y los grupos pictóricos (Muñoz, 2006a). Para esta época también ya se había organizado un conjunto de criterios para armar una base de datos, que permitiera recuperar la información, visualizar distintas referencias y producir búsquedas

al correlacionar los datos. La actividad principal de la autora, en este periodo, fue la de recuperar los primeros ensayos de estudio sobre las alteraciones y las características de los yacimientos a cielo abierto. Entre 1996-1998, con la beca del Ministerio de Cultura y con el proyecto de investigación de Mesitas de El Colegio, se organizó un trabajo sobre el modelo metodológico para registrar y documentar el arte rupestre de Colombia en el cual se incluían, además de las ya conocidas fichas de registro, un conjunto de estructuras, que se preguntaban por nuevos problemas de investigación. Ya desde las primeras épocas el propósito expreso fue corregir las inadvertidas formulas de registro e interpretación, que no se detenían con rigor a registrar las particularidades del yacimiento y abstraían elementos pictóricos, con los cuales formulaban ingeniosas teorías pero todas ellas sin fundamento. Así que, el modelo metodológico no es simplemente una estructura gráfica que se interesa en visualizar los elementos pictóricos de un yacimiento, sino que es una estructura teórica que pretende parametrizar y unificar los procesos descriptivos incluyendo aspectos, que normalmente los investigadores dejan de lado. El hallazgo de un sitio, la descripción de los elementos pictóricos, no son más que documentos primarios que debieran articularse con otras fuentes derivadas de procesos de investigación (Historia de las interpretaciones, tradición oral), con los desarrollos y fundamentos de trabajos arqueológicos que se vienen desarrollando de una manera rigurosa en el país desde el comienzo del siglo XX (Paul Rivet, 1929; Graciliano Arcila, 1996; Eliécer Silva Celis, 1961).

El hallazgo de talleres de artefactos, el interés por determinar el estado de alteración y el primer diagnóstico de conservación de los sitios rupestres produjo dos vías que requerían del uso fundamental de laboratorios. Si bien es cierto que el equipo había detectado los problemas, era muy difícil acceder a la tecnología que permitiera determinar con precisión y con un nivel de cientificidad los materiales y las dinámicas físicas, químicas y biológicas que estaban allí en juego.

Así que con estas premisas y con la formación de la autora en el área de las ciencias básicas, en especial de la Física, el objetivo específico de la tesis se dirigió a mejorar significativamente los estudios sobre las condiciones en las que se encuentran los elementos pictóricos de un mural de arte rupestre, es decir, los ma-

teriales usados y sus interacciones con la intemperie. Esto significa ampliar las posibilidades descriptivas de las condiciones de conservación del arte rupestre en Colombia. Simultáneamente, es una ruta fundamental para la búsqueda de dataciones que se puedan determinar con el estudio de materiales y con la presencia de elementos que puedan ser datados. La investigación que se desarrollará en el futuro tiene que ver con las micro-alteraciones de las rocas y los agentes y factores que puedan ser detectados con la descripción pormenorizada de los microclimas en el yacimiento.

La segunda vía corresponde a la tecnología de las piedras pulidas, es decir a la construcción de hachas, que también deberán ser asunto de estudios en relación a los talleres de herramientas y artefactos, asociados a procesos de producción y al arte rupestre. Investigación que se desarrollará en el futuro y que no se incluye en esta tesis.

Hoy se tienen preguntas más precisas sobre la cadena operatoria, es decir el posible proceso de producción y algunas de las etapas en la fabricación de las pinturas. Se tiene interés sobre la ubicación de los sitios donde se debieron obtener las materias primas y, con ello, los estudios de geología se hacen fundamentales. De igual forma, se intenta saber en qué periodos sería posible el calentamiento o no de la materia prima para la fabricación de los pigmentos y cual podría ser la relación entre estos procesos y el desarrollo de la cerámica, dado que el pigmento se comportaría como una estructura cerámica, según algunos de los resultados obtenidos en esta tesis.

Con estos antecedentes, la investigación y estudio de la *Arqueometría de Pinturas Rupestres: La Piedra de La Cuadrícula (Suacha, Cundinamarca, Colombia). Contribución al estudio de la tecnología del arte prehistórico* introduce nuevos aspectos en el proceso de investigación en torno a los materiales presentes en estas obras rupestres e inicia los trabajos sobre tecnología de pigmentos. De igual forma, los estudios de los materiales abren una ruta hacia los trabajos de conservación, y constituyen un camino esencial para los estudios proyectados de dataciones.

Finalmente es necesario recordar que dentro de la historia de la investigación en Colombia no existen correlaciones directas entre los contextos estratificados que surgen de una excavación y aquellos que aparecen en las ma-

nifestaciones simbólicas y artísticas del arte rupestre. Los trabajos de Thomas van der Hammen y Gonzalo Correal (1977), en Los Abrigos Rocosos del Tequendama, a pesar de que pudieron organizar una crono-estratigrafía completa de la Sabana de Bogotá, dejaron abierto el camino con sus inquietudes para la investigación cronológica del arte rupestre, incluso para las rocas que estaban en el lugar mismo de la excavación. Un paso fundamental, para contribuir al desarrollo de esta investigación, es el estudio riguroso de los materiales y la composición de los mismos, comprender si son naturales o fabricados y, con ello, acceder a elementos y criterios que determinen a qué período de la estructura total del poblamiento corresponden los vestigios, aun desarticulados, denominados genéricamente como arte rupestre.

Actualmente se sabe, que la zona en donde se encuentra la roca de estudio, fue frecuentada por comunidades de cazadores recolectores, y es posible entender el conjunto complejo de cambios climáticos, los procesos de hábitat de estos grupos, el poblamiento de estas regiones y la sedentarización. También se sabe que los grupos, que vivieron en el altiplano, desarrollaron diversas estrategias para acceder y transformar los recursos en un proceso, que su propia dinámica, amplió su relación con la naturaleza. Pero al parecer esta dinámica también permitió hacer en cada etapa una estructura organizativa más compleja, que va desde el periodo formativo, a los cacicazgos y posteriormente a la construcción de los estados incipientes como un desarrollo regional.

La estructura de la tesis intenta representar en capítulos los procesos anteriormente mencionados. Los contextos (Geográfico, Geológico, Climáticos y Biológicos, Arqueológicos y de Registro) se interesan en la exposición objetiva de las condiciones actuales y paleo-ambientales tanto de Colombia como de la zona en la que se realiza el estudio. Los estudios geológicos pretenden determinar de una manera precisa, tanto las condiciones de la geomorfología del territorio nacional, como las características de los procesos geológicos en los cuales habitaron las poblaciones que utilizaron diversas materias primas y las transformaron para hacer pigmentos. Los estudios climáticos del período de cazadores recolectores y los cambios del clima en general permiten tener una idea de las estrategias de los habitantes para responder a los retos, tanto de la sobrevivencia,

como de la construcción de una cultura. La extraordinaria capacidad de los habitantes del altiplano cundiboyacense en la domesticación de tubérculos y la adaptación del maíz permiten imaginar cómo estas culturas pudieron estructurar un conocimiento versátil del territorio y aprovechar sus dinámicas productivas. La domesticación de cierto tipo de roedores, como el curi, la organización de estructuras de cultivo muy depuradas, patentes en las terrazas de cultivo y en los camellones (sistemas hidráulicos de cultivo), permiten imaginar que estamos frente a una cultura muy refinada, que decidió generar una peculiaridad y singularidad de desarrollo humano, que se hace visible también en el carácter sintético y complejo de sus representaciones rupestres.

Los trabajos de laboratorio son considerados en esta tesis como un elemento sustantivo, es decir central en la búsqueda y la determinación de los materiales presentes en una roca específica. Los elementos encontrados corresponden a un aspecto contemplado dentro de la dinámica de investigación, en la construcción de criterios de trabajo para documentar los sitios rupestres. Los sistemas de descripción del yacimiento (fichas de yacimiento, fichas de conservación, de zona, de la historia de las transcripciones, de manipulación digital) deben ser comprendidos en esta tesis como un contexto adicional, acumulado por la experiencia de GIPRI, pero al tiempo como una propuesta organizada de presentación de posibles criterios metodológicos para investigar cualquier yacimiento. Así que las actividades cumplidas en el laboratorio se incorporan a la dinámica de los criterios usados en el cuaderno de descripción general de los sitios con arte rupestre.

Es esencial entender que este trabajo corresponde a una ampliación significativa, de los desarrollos del equipo de investigación y que sin duda genera nuevos problemas y preguntas de orden teórico metodológico, que tendrán que ser desarrolladas en el futuro.

1.1. Contexto Geográfico, Vegetación y Fauna

1.1.1. Colombia

Colombia está situada en el extremo noroccidental de América del Sur, entre los 12° 30' Norte y 4° 13' Sur de la línea ecuatorial, entre los 66°50' de longitud Oeste y los 84°46' de longitud Este. Ocupa un área de más de 1 100 000 km², esta extensión es equivalente a la de Francia, España y Portugal juntas. Es un país, de selvas exuberantes y montañas escarpadas, que se extienden desde el Mar Caribe, hasta el Amazonas.

La diversidad de climas, fisiografía y desarrollos culturales y ambientales hacen imposible realizar una descripción generalizada. Al encontrarse en la esquina del continente, Colombia ha sido la entrada y salida de América del Sur, donde se han desarrollado complejas relaciones entre la adaptación del hombre y el medio ambiente físico, que han continuado hasta la época presente.

El rasgo estructural más sobresaliente son las cordilleras que lo atraviesan, dividiéndolo así en 5 regiones principales: Dos regiones costeras, Pacífica al occidente y Atlántica al norte; la región central, denominada Andina, que corresponde a las tres cordilleras: Occidental, Central y Oriental, que van desde el sur y se extienden a lo largo del país, hasta las llanuras caribeñas; una región de llanura al oriente del país denominada la Orinoquía y al sur la región selvática denominada Amazonia. Estas dos últimas abarcan las dos terceras partes del territorio (**Fig.1.1**).

Paralelos a las cordilleras se encuentran los inmensos valles de los ríos Magdalena y Cauca, que son las arterias viales del país y que desembocan en el Mar Caribe, Costa Atlántica. A sus lados existen altos picos nevados y volcanes.

Como Colombia se encuentra situada en la Zona Tórrida, debería tener clima tropical, con temperaturas elevadas todo el año, pero el relieve permite poseer tierras con distintas temperaturas, que influyen en la vegetación y la fauna.

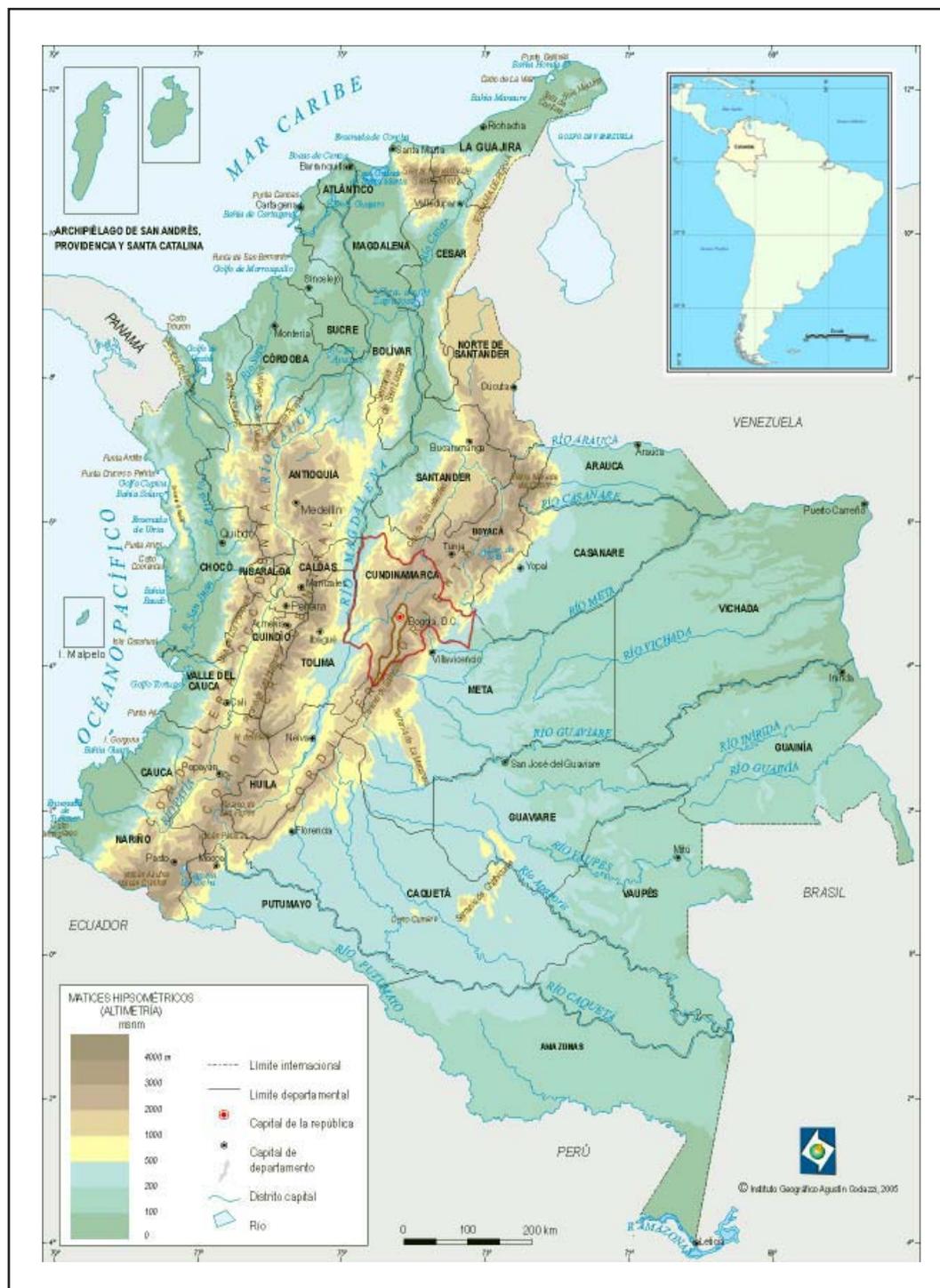


Figura 1.1. Mapa del Relieve Colombiano. Instituto Agustín Codazzi, 2005.

Como la temperatura depende de la altura, la variación climática abarca toda la escala, desde el trópico húmedo o seco, hasta las tierras altas y los nevados de las cordilleras. La temperatura disminuye a medida que se asciende, a razón de un grado centígrado por cada 187 m, aproximadamente. Este factor interviene de



manera fundamental en la climatología colombiana, tanto que llevó a crear un sistema de medida, que considera la variación de la temperatura respecto a la altura. Este sistema se denomina Pisos Térmicos y se aplica en general en el trópico americano, debido a sus características geográficas y atmosféricas. Dentro de los pisos térmicos se han definido cinco niveles denominados cálido, templado, frío, páramo y glacial (**Tabla 1.1**) (IDEAM, 2001).

TABLA 1.1. Pisos Térmicos para Colombia

Piso Térmico	Altura (m)	Territorio		Temperatura (°C)
		(%)	km ²	
Cálido	0-1000	80,0	913 000	Superior a 24
Templado	1000-2000	10,0	114 000	17-24
Frío	2000-3000	7,9	93 000	12-17
Páramo	3000-4000	2,0	23 000	6-12
Glacial	4500-5500	0,1		Inferior a 4

Igualmente, Colombia por su ubicación geográfica y las condiciones del terreno, presenta una precipitación anual promedio de más de 3000mm, lo que representa una significativa abundancia hídrica comparada con el nivel promedio anual de lluvias de Sur América de 1600mm y con el mundial de tan solo 900mm. El período de mayores lluvias se presenta de Marzo a Mayo y de Septiembre a Noviembre; los períodos de verano o secos son de Junio a Agosto y de Diciembre a Febrero.

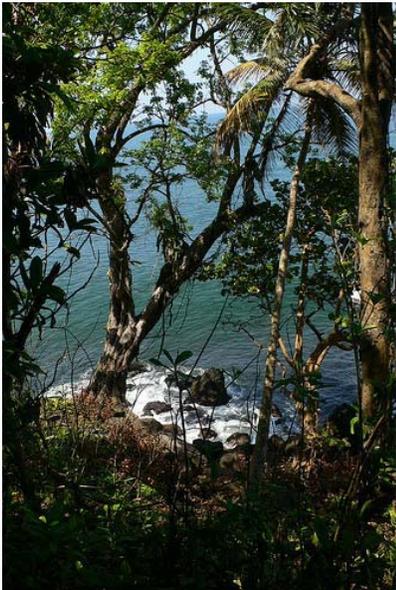
Su riqueza hídrica está representada en la amplia red superficial de aguas que cubre al país; en condiciones favorables para el almacenamiento de aguas subterráneas y en la existencia de un número importante de conjuntos de agua estancadas -como lagos y pantanos- y enormes extensiones de humedales. La presencia de altas montañas, extensas sabanas y húmedas selvas, además de la presencia de grandes reguladores y reservorios, como los páramos, junto con la ubicación estratégica del país en la zona tropical, hacen que Colombia tenga un potencial hídrico importante (IDEAM, 2001).



En cuanto a los vientos, son los alisios que realizan los mayores cambios climáticos. La zona ecuatorial es la más cálida de la Tierra y por consiguiente, un área de bajas presiones. Los vientos alisios soplan desde las regiones de altas presiones hacia esta zona. Los del noreste llevan humedad hacia la región sur de Colombia. Los del sureste llevan humedad y calor hacia el territorio situado en el hemisferio norte. Los del noroeste soplan en todo el territorio y llevan abundantes lluvias. Los vientos del oeste modifican el clima de la llanura del Pacífico; soplan desde el océano y al tropezar con las serranías y la ladera oeste de la cordillera Occidental. Se producen abundantes lluvias en toda la región costera, durante todo el año. En las zonas cordilleranas la brisa sopla del valle a la montaña en las horas de la tarde, en las horas de la noche, de la montaña al valle. De esta forma se regula la temperatura del valle y de las laderas que lo rodean.

Con todos estos factores que influyen en el clima de este país, existen algunos predominantes y que se ubican específicamente en algunas regiones (**Tabla 1.2**).

TABLA 1.2. Diferentes tipos de climas ubicados en regiones específicas del País.

Tipo de Clima	Características
<p data-bbox="363 1125 813 1157">Selva Tropical Húmeda Lluviosa</p>  <p data-bbox="331 1791 846 1906"><i>Selva Chocoana, en la Costa Pacífica.</i> Fotografía de CavernicolosFelipe http://www.flickr.com/photos/66468173@N00/188817644/in/photostream</p>	<p data-bbox="865 1178 1356 1906">Es uno de los climas más rigurosos, pues en él se dan los extremos tanto de temperatura -por encima de 27°C- como de humedad, traducida en permanentes y abundantes lluvias. Poseen este clima agreste las selvas chocoanas del Catatumbo y las de la cuenca Amazónica; la región central del Magdalena, la Costa Pacífica, la vertiente oriental de la cordillera Oriental en su borde exterior, la serranía de Perijá y las estribaciones de las cordilleras Occidental y Central donde comienza la llanura del Caribe.</p>



Sabana Tropical Semihúmeda



Sabana Semi-húmeda en Bolívar, Costa Atlántica.
Fotografía de www.ecosistemassecos.org/galeria/paisaje.htm

La temperatura oscila entre 24°C y 27°C. Pluviosidad inferior a la de la Selva Húmeda, 6 meses son de lluvia y los otros son de sequía. En la época seca vienen los vientos alisios del noreste. Corresponde a los Llanos Orientales, a las costas de la llanura Caribeña, al norte de las estribaciones de la cordillera Occidental y a los valles medios y bajos de los ríos Cauca y Magdalena

Clima Tropical de Estepa



Cañon Montañoso en el Valle del Cauca.
Fotografía de www.ecosistemassecos.org/galeria/paisaje.htm

Cinco meses de sequías, altas temperaturas y clima desértico para estas épocas. Existe escasa vegetación, pastos poco desarrollados y precipitaciones mínimas. Corresponde al norte de La Guajira, parte central de los Llanos Orientales, regiones bajas de los cañones montañosos y partes altas de las cordilleras, que se encuentran bordeadas de montañas, que impidien el paso de los vientos húmedos.

Clima Tropical de Desierto

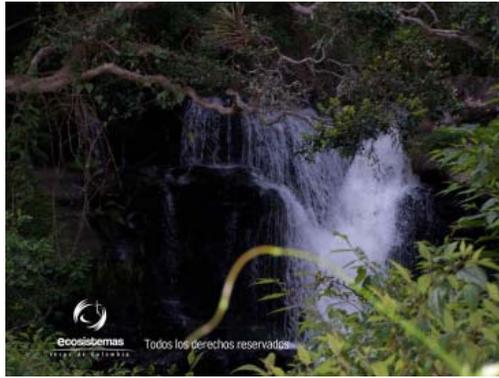


Desierto de la Guajira. Fotografía de www.ecosistemassecos.org/galeria/paisaje.htm

Regiones llanas, con una precipitación anual de 802mm y temperaturas que sobrepasan los 29°C. Durante más de 7 meses al año no llueve. Este es el clima de la alta Guajira, esto se debe especialmente a su ubicación de frente a los vientos alisios del noreste, los cuales absorben la humedad ambiental pues no encuentran una barrera montañosa dónde depositarla, por lo tanto, resecan la tierra.



Clima Tropical de Montaña



*Montañas de Simijaca, Cundinamarca.
Fotografía de www.ecosistemasecos.org/galeria/paisaje.htm*

Los climas de montaña son propios de la región andina. Corresponde a las cordilleras, mesetas y valles de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta. El clima está determinado por la altura.

El ministerio de medio ambiente de Colombia divide el territorio en 21 unidades vegetales con características particulares, que a su vez se agrupan en zonas que forman mosaicos complejos y diversos (Fig. 1.2).

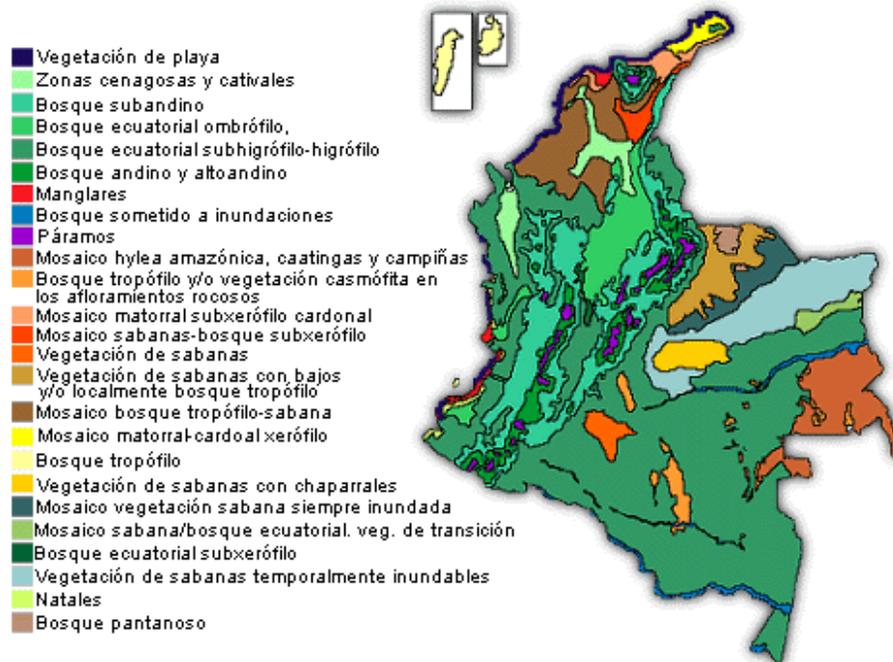


Figura 1.2. Unidades vegetales de Colombia. (Ministerio Medio Ambiente <http://web.minambiente.gov.co/biogeomenu/biodiversidad/ecosistemas/vegetacion.htm>)

En cuanto a la flora y fauna, ellas son propias de la ecozona neotropical, presentando una biodiversidad muy grande característica de ecosistemas variados, que convierten al país en uno de los países con mayor cantidad de especies a nivel mundial.



La fauna es muy variada (**Tabla 1.3**), en especial en las selvas amazónicas, hay diversidad de especies -aves, roedores, insectos, peces, micos, reptiles- únicos en el mundo, ejemplo de ello son los delfines rosados. Entre los animales silvestres se encuentran la danta, el tapir, el puma, leoncillo, tigre, venado, oso (perezoso, palmera, hormigüero), mono (tití, araguato, marimba), mico (churuco), cerdo salvaje (saino, chacure, cajuchi), comadreja, nutria, caimán, babilla, arma-dillo, chucha, cuerpo espín, zorro (ulamá, gatuno, perruno), chigüiro (borugo o tinajo), ardilla, culebra (cascabel, boa, guio negro, pitón), armadillo (cusumbo), cóndor, garza, agüila, multitud de roedores e insectos, entre muchos otros. La fauna acuática es variada. Hay peces de mar como pargos, mariscos y en los ríos bagres, bocachicos, payaras, sardinas, etc.

TABLA 1.3. Especies de Animales en Colombia. (*Posición del país a nivel mundial).

Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios	Plantas Vasculares
456	1815	520	583	
*(4)	*(1)	*(3)	*(1)	*(2)

En las llanuras orientales y en los valles de clima cálido y abundantes pastos se cría el ganado vacuno, en los valles y sabanas frías los carneros y ovejas, en las montañas de Santander y en La Guajira las cabras, en las selvas tropicales se destacan los trepadores, reptiles, micos, jaguares, papagayos, loros, serpientes, caimanes, entre otros.

En las sabanas, además de la ganadería, la fauna comprende: dantas, tapires, venados, armadillos, numerosos insectos: hormigas, mariposas y mosquitos. En el bosque tropical, propio de los extremos cordilleranos (al iniciar la costa Atlántica), del valle medio del río Magdalena, y de la alta Amazonía, predominan los reptiles y los felinos.

En la distribución de las plantas tienen importancia fundamental las características del suelo, temperatura, humedad, vientos, luz. Las zonas selváticas de mayor extensión se encuentran en la Amazonía, costa del Pacífico, hoya central del Magdalena y cuenca del Catatumbo y sus afluentes. Las principales especies



útiles de estas zonas pueden clasificarse como: Gomas (caucho, gutapercha y bálata), maderas de construcción y ebanistería (guadua, pino, cedro, caoba, roble y nogal), plantas medicinales o alimenticias (quina, higuerón, zarzaparrilla, ipecacuana, seje, caraña y cocotero), textiles (palma de cumare, pita, jipijapa, moriche), técnicas (mangle, dividivi y encenillo).

En la región del bosque andino o bosque de niebla, abundan los helechos, las orquídeas, las palmas, las begonias y los musgos. En climas cálidos y húmedos crecen en árboles gigantes y plantas trepadoras que van formando selvas y bosques espesos. El bosque tropical se localiza en vertientes y valles húmedos, a medida que aumenta la altura cambia la vegetación: hasta los 1200 m abundan las palmas; hasta los 1700 m, las guaduas o bambúes gigantes. En los desiertos, por falta de humedad, existen las plantas xerófilas o raquílicas, como cactus y algarrobos, cardos, espinos y algunos arbustos de poca altura.

A la altura de los páramos la vegetación característica son algunos bosques con árboles enanos y muy esparcidos, hierbas raras, frailejones, pajonales y líquenes. Más arriba de los 4000 m el clima es sumamente frío, cubiertas por nieves perpetuas, en estas zonas sólo crecen algunas gramíneas y líquenes (Varios autores, 2002; Hammen, 1992).

1.1.2. Región Andina

La región Andina ya se ha mencionado al esbozar las grandes líneas estructurales del país. Tiene este nombre porque está formada por las tres cordilleras de los Andes. Comprende tanto las montañas como los valles interandinos en una superficie aproximada de 305 000 km² que corresponden a los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Santander y Norte de Santander. Se extiende desde los límites al sur con Ecuador, hasta las estribaciones de las cordilleras en la llanura del Atlántico al norte, de occidente a oriente, del flanco externo de la cordillera Occidental al flanco externo de la cordillera Oriental.

La Cordillera Central es la más elevada, con una altura promedio de 3.000m; es algo más baja hacia su extremo norte donde se divide en varias serranías que paulatinamente terminan en la Costa Caribe. La Cordillera Oriental tiene una altura promedio de aproximadamente 2 000m, es considerablemente más ancha



que las demás, forma varios altiplanos; y también se bifurca en dos Serranías, la del Perijá, que continúa hacia el Caribe y termina al llegar a la Península de la Guajira, mientras que la otra se extiende hacia el este y continúa en territorio venezolano. La Cordillera Occidental es la menos elevada y la más corta. Pero hay también otras montañas y serranías que no forman parte del sistema andino. La Sierra Nevada de Santa Marta, la montaña más alta de Colombia (5 775m), no parece estar relacionada estructuralmente con las cordilleras. Lo mismo ocurre con la Serranía del Darién en la frontera con Panamá, la cual forma la separación de aguas continentales, o también es el caso de la Serranía de la Macarena, en el borde occidental de los Llanos del Orinoco, y la cual geológicamente pertenece al antiguo escudo de Guyana. Además esto ocurre en algunas montañas de menor extensión. (Reichel-Dolmatoff, 1997).

Estas tres cadenas de cordilleras forman un relieve bastante irregular y complejo, compuesto por hoyas intermontanas, sabanas, vertientes selváticas, altiplanos y páramos. Factores locales tales como altura, orientación de vertientes, corrientes de aire, humedad, y la naturaleza de los suelos, constituyen un conjunto de gran complejidad, que brindan la posibilidad de una variedad de microambientes que componen cada zona ecológica. Además, estas zonas varían tanto horizontal como verticalmente. Un ejemplo importante lo constituye el altiplano cundiboyacense, ubicado en el centro de la Cordillera Oriental. Existen una docena de cuencas planas a una altura aproximada de 2 700m que forman las zonas más fértiles del país. La cuenca más meridional forma la llamada Sabana de Bogotá, a una altura de 2 600 metros sobre el nivel del mar.

Para caracterizar un poco más esta región Andina se puede hacer una pequeña descripción de lo que sucede en la Cordillera Oriental, pues es un buen ejemplo de la situación general de esta zona. Allí la *zona tropical* se extiende, desde sus tierras más bajas, hasta llegar a los 1 000m de altura. Existen varios tipos de vegetación como Bombacaceae (Cedros y Ceibas) y otras que son exclusivas de esta zona o por lo menos en parte de ella, por ejemplo *Byrsonima*, *Iriartea*, *Mauritia* y *Spathiphyllum*. La siguiente zona altitudinal está entre 1 000 y 2 500m, se denomina *bosque subandino* (Fig. 1.3a). Predominan *Alcalypha*, *Alchornea* y *Cecropia*, algunas Palmas, *Ficus*, *Hieronima* y *Malpighiaceae* (Hammen, 1992).



Luego continua la zona de *bosque andino* (**Fig. 1.3b**) entre las alturas de 2 500 y 3 500m. Allí abundan los bosques de *Weinmannia* (encenillos) y *Quercus* (roble). El bosque andino está conformado a su vez por:

Bosque seco andino (*bs-A*),

Bosque húmedo andino (*bh-A*) y

Bosque muy húmedo andino (*bmh-A*).

En altas altiplanicies andinas o cañones un poco abrigados y resguardados dentro de las cordilleras, aparece el *bs-A*, como es el caso de la Sabana de Bogotá, Tunja, valle de Duitama y Sogamoso, laderas del Chicamocha, valle de Pasto, Ipiales y vertiente del Guáitara. El *bh-A* se encuentra rodeando el bosque seco andino de la Sabana de Bogotá, se observa también en los piedemontes la influencia de las montañas por el aumento de las lluvias; y en las partes de los cañones que muestran sequedad ambiental, como Chicamocha, Guáitara, Juanambú, Garagoa (Boyacá), y en enclaves dentro de zonas húmedas en el valle



Figura 1.3. a. Bosque subandino a estribaciones de la Cordillera Central. www.flickr.com/groups/
b. Bromeliad en el bosque andino. <http://es.mongabay.com/travel/files/p3389p.html> flora_colombiana/
Galeria de Calderao.
c. Subpáramo Chingaza. www.flickr.com/photos/alecaldo/436950846/ Galeria de Alecaldo
d. Páramo en Encino, Santander. <http://encino-santander.gov.co/presentacion.shtml?ap...>



de Rionegro, La Ceja (Antioquia) y Silvia (Cauca). Como una formación montañosa, el *bmh-A* se extiende ampliamente por el sistema cordillerano de los Andes en fajas dilatadas de las vertientes del Cauca y Magdalena, enmarcadas por los páramos hacia las cimas de las sierras y, en su nivel inferior, por el piso subandino o zona cafetera. (Ministerio del Medio Ambiente, <http://web.minambiente.gov.co/ecorre/peramb17/flora.htm>)

Luego la zona de bosques enano alto-andino y las formaciones de arbustos del *Subpáramo* (**Fig. 1.3c**). Es una zona irregular, especialmente por su límite superior. Manchas de estos bosques se pueden encontrar hasta a alturas de 4 000m. Se encuentran árboles Compositae y Ericaceae.

A continuación la zona de *Páramo* (**Fig. 1.3d**) que se extiende desde los 3 500 a los 4 200m de altura. Aparte de las Gramíneas y algunas Cyperceaea, las especies más características son de Espeletia; entre las hierbas estarían Genciana, Halenia, Valeriana, Bartschia, Geranium, Plantago, Ranunculus y Paepalanthus. El *Superpáramo* se extiende desde 4 200m hacia arriba. Existe la acción de las heladas y la capa de vegetación es poca y muy esparcida. Los elementos característicos son *Draba* sp y *Senecio niveo-aureus*.

La zona de nieve esta prácticamente desprovista de vegetación, y se extiende desde los 4 500m hacia arriba. Las áreas más altas pueden estar permanentemente cubiertas por nieve y hielo.

En cuanto a la fauna de la región Andina, dentro de las especies características se hallan las ranas arlequín (*Atelopus* spp), los sapos (*Osornophryne* spp), el cusumbo (*Nasuella olivacea* y *Nasua nasua*), los runchos o faras (*Didelphis albiventris andina*), el venado cachienvainado o cachiliso (*Odocoileus virginianus goudotii*), el cóndor de los Andes (*Vultur gryphus*) - prácticamente al borde de la extinción -, el águila real (*Geranoetus melanoleucus*) y el pato turria o piquiazul (*Oxyura jamaicensis andina*), entre otros. En la cobertura de páramo la variedad faunística es reducida: como especies características están los ratoncitos de monte (*Oryzomys minutus* y *Reithrodontomys mexicanus*), el venado de páramo (*Odocoileus virginianus goudotii*) y los lagartos del género *Stenoscerus* spp (Cuervo et al., 1986, en Caldasia, 1986). (Ministerio del Medio Ambiente, <http://web.minambiente.gov.co/ecorre/peramb17/flora.htm>).



1.1.3. Zona de Estudio

La Sabana de Bogotá se encuentra localizada sobre la Cordillera Oriental, en la parte sur del Altiplano Cundiboyacense, es la altiplanicie más extensa de la región Andina, tiene una altura promedio de 2600m. Al finalizar el sur de la Sabana de Bogotá, se encuentra ubicado el Municipio de Soacha a una altura de 2 566m y una temperatura media de 14°C, al sur oeste de Bogotá a 18 km. Otra región importante en este municipio es la montañosa, ubicada al sur, destacándose el Alto Relumbroso y las cuchillas del Rodeo y San Martín.

La mayor parte de estas tierras están regadas por el río Bogotá, que corre de norte a sur y se precipita en sus estribaciones formando el Salto del Tequendama (**Fig.1.4**).



Figura 1.4. Salto de Tequendama, donde caen las aguas del río Bogotá a una altura de 147m**

Existe un sistema de lagunas naturales y ciénagas que regulan su humedad, pues éstas actúan como esponjas del río Bogotá y sus afluentes, sirviendo como depósitos naturales de recolección pluvial y de sistema de filtración para las aguas. Dentro de sus afluentes importantes para esta parte de su recorrido está el río Suacha que nace al oriente, baña la población por el sudoeste y luego desemboca en el Bogotá, también los ríos Muña, Aguas Claras, Tunjuelito, Balsillas (estos dos últimos sirven de límite con el municipio de Bojacá), el Chocho y la quebrada del Chuscal (**Fig.1.5**).

La roca “Piedra de La Cuadrícula” se encuentra ubicada en el Parque Ecológico de La Poma que es un proyecto de recuperación de la biodiversidad y

** Todas las fotografías que no contienen referencia, pertenecen al autor o al Archivo de la Corporación GIPRI.



Allí se acentúa la elevación de los terrenos hasta terminar en la cuchilla del Tequendama, que separa este sector del Embalse de Muña. La roca en estudio pertenece a un complejo de rocas areniscas duras del Cretácico Superior, situadas algunas de ellas al otro lado de la autopista hacia Fusagasugá en un pequeño valle alargado y fallado hacia el oeste, por la caída del Charquito y el Rodeo. Siguiendo el curso del río Bogotá, existe un corte que manifiesta la existencia de un anticlinal de oeste a este con la punta oeste fallada, este anticlinal forma la cuchilla que da lugar al estrecho del río Bogotá, aguas abajo del Charquito y otro anticlinal en la cuchilla del Tequendama, que cierra la Sabana por el este en la región del Muña (Correal, 1977).



Figura 1.6. El Parque Ecológico “La Poma” a una altura de 2 600 m y a una distancia de kilómetro y medio del Peaje de Chusacá.

Su ubicación está a una altura de 2600m, sobre el piso térmico frío, con una gran facilidad de desplazarse hacia pisos térmicos templado y caliente descendiendo por la cuenca del río Bogotá, o siguiendo los caminos que bordean las cuchillas que descienden hacia el Sumapaz.

La vegetación en esta área corresponde específicamente al bosque seco montano o andino (*bs-A*) (**Fig. 1.7**). Esta formación hace parte de la cordillera Oriental, desde el inicio de la Sabana de Bogotá, que continua por toda la altiplanicie que riega el río Bogotá y que se extiende por el valle Duitama y Sogamoso, hasta terminar mas al norte en las tierras que son bañadas por los ríos Suárez y Chicamocha. Como corresponde a este piso térmico, la temperatura oscila entre 12 y 18°C aproximadamente, con un promedio anual de lluvias entre 500 y 1000mm.



La vegetación primaria ha sido destruida casi en su totalidad por acción humana, salvo el Parque mismo que trata de recuperarla. Este hecho ha sucedido desde las comunidades precolombinas que poblaron buena parte de estas tierras, donde establecieron sus cultivos y lentamente fueron transformando el paisaje.

Se pueden distinguir las especies conocidas para esta formación como el hayuelo (*Dodonaea viscosa*), tuno (*Opuntia* sp.), lulo (*Solanum marginatum*) retamo (*Spatium junceum*) y en partes secas y pendientes los cactus (*Euphorbia orbiculata*). También son comunes el cedrillo, drago, salvia, mora, pimienta, ce-rezo, espino. De igual forma, existen algunos reductos de plantas aborígenes como el borrachero, arboloco, chilco, la uvilla y la curtidera. En los pantanos crecen los juncos y ciperáceas, en las cañadas y laderas el chusque.

Con respecto a la fauna ha ido paulatinamente desapareciendo, hace algunos años subsistían, en las áreas montañosas, el borugo, conejo y armadillo, en los esteros y charcos los patos, y en las áreas planas y onduladas la paloma, incluso se notaba la presencia del venado, que fue importante en la dieta alimenticia de los pobladores precolombinos de la zona. Actualmente, por la alta contaminación de las aguas, los recursos ictiológicos desaparecieron en su totalidad, pero se sabe de la presencia del pez capitán y de cangrejos, que hacían parte de la subsistencia indígena, y son referenciados desde la crónica española. Para el caso de los moluscos de tierra firme, afortunadamente, aún hoy logran encontrarse algunos de ellos (Correal, 1977).



Figura 1.7. La vegetación de la zona corresponde al bosque seco montano



1.2. Contexto Geológico

1.2.1. Colombia

Colombia está conformada por dos grandes zonas territoriales. Una que corresponde a las áreas marinas y submarinas de los océanos Atlántico y Pacífico con una extensión aproximada de 928.660 km². La segunda zona corresponde a la emergida y constituida por los *llanos orientales* al oriente y la región *andina* al occidente con una extensión aproximada de 1.143.748 km² (**Fig. 1.8**).

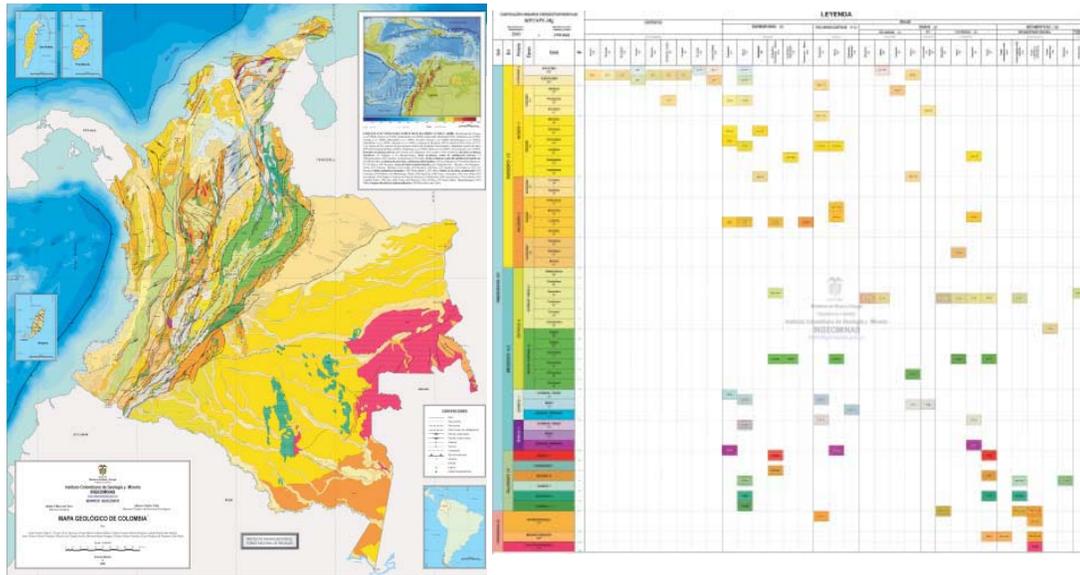


Figura 1.8. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1: 2 500 000 INGEOMINAS, 2006.

En la zona emergida, la región al oriente está conformada por llanuras regadas por los grandes ríos del Meta, Vichada, Inírida, Vaupés, Caquetá, Putumayo y Apaporis. Esta zona a su vez está dividida en tres regiones:

-Parte septentrional, donde la plataforma continental se halla recubierta de gravas, arcillas y arenas de origen continental acumuladas durante el *Terciario*. A estas se superponen en el pie de monte y en las vegas aluviales de los grandes ríos, sedimentos *Cuaternarios* recientes provenientes de los Andes.

-Parte central con una topografía más ondulada y formaciones como el Alto del Vaupés o el gran bloque levantado de la Serranía de la Macarena.

-Parte más meridional de la zona, incluye las cuencas del Putumayo y del Amazonas. Se caracteriza por un relieve más plano que la anterior región y está cubierta por una densa capa de selva.



Estas dos últimas regiones representan el *Escudo Guyanés*, que aflora por el extremo oriental del territorio del Vichada y del Guainía con la formación Roraima y fragmentariamente por montes e islas en toda la extensión de la Orinoquía y de la Amazonía. Una de las formaciones más antiguas del país aflora al occidente del Escudo y se denomina La Serranía de la Macarena. De otro lado, la cubierta sedimentaria de gran espesor que se encuentra cerca a la Cordillera Oriental, se hace más delgada hacia el oriente donde aflora el basamento granítico del escudo. Este se extiende hacia el occidente como la Saliente del Vaupés en parte recubierta por sedimentos *Paleozoicos* en forma de mesas, que a su vez separa la cuenca de la Orinoquía con la Amazonía. Al norte y sur de la Saliente, la topografía cambia a colinas y llanuras disectadas que corresponden a formaciones *Terciarias* continentales de arcillas y areniscas, con cubiertas espesas de lateritas o bien de las caolinitas que las subyacen. Hacia el sur oriente en la cuenca del Putumayo la sedimentación continental recubre otra de tipo lacustre y una marina del *Cretáceo* (Minambiente, b).

1.2.2. Región Andina

La región andina es la otra parte del sistema emergido presente en Colombia y se originó a partir del choque de la placa oceánica pacífica y la placa continental suramericana en la zona de subducción -la placa Pacífica penetra la placa continental a una velocidad de 6 cm/año- (Navas, 2003), y por el desarrollo del arco de islas volcánicas del occidente colombiano y el Istmo de Panamá. Este fenómeno se viene presentando en Colombia desde finales de la época *Paleozoica* (180 millones de años), donde al norte del Nudo de los Pastos se formaron las tres cordilleras en tres orogenias diferentes, separadas unas de otras por valles longitudinales.

La Cordillera Central es la más antigua de las tres, se formó a partir de un geosinclinal que bordeaba el margen noroccidental del escudo Guyanés. Se constituyó en el *Paleozoico*, con intrusiones graníticas y metamorfismo. Al occidente tiene rocas volcánicas básicas del *Cretácico* superior y dioritas intrusivas del *Terciario*. Al oriente rocas metamórficas *Paleozoicas* y dos grandes macizos (Ibagué y la Serranía de San Lucas), son fragmentos de zócalo continental *Precámbrico* recubiertos por calizas metamorfizadas.



La Cordillera Occidental se formó a partir de un geosinclinal pericontinental durante el *Mesozoico*. Es un anticlinal cuyo eje central está constituido por rocas Triásicas plegadas, levantadas y cruzadas por dioritas Cretáceas. Al este y oeste del eje central hay series sedimentarias y volcánicas del Cretáceo con ofiolitas metamorfozadas e intrusiones grano-dioritas. Al sur hay volcanes andesíticos pleistocenos que continúan en el Ecuador. La presencia de rocas ultrabásicas en la Cordillera Occidental indica un origen ligado a la corteza oceánica a diferencia de los macizos graníticos de la cordillera oriental y del sector oriental de la central que las relaciona con la corteza continental.

La más reciente es la Cordillera Oriental, que nace en el nudo de los pastos y se ensancha poco a poco especialmente en la región central, y se levantó a partir del *Terciario superior*. Correspondió durante el *Mesozoico* a un gran geosinclinal formado entre la línea de la costa del Escudo de Guyana y la Cordillera Central, para entonces ya formada. En este geosinclinal enormes capas de sedimentos marinos recubrieron la plataforma continental constituida por un zócalo *Precámbrico* y rocas metamórficas del *Paleozoico*. El sector central de la cordillera corresponde a la Sabana de Bogotá y al altiplano Cundiboyacense. Estas formaciones son básicamente sedimentarias con grandes espesores de Cretáceo marino y litoral, que formaron cuencas altas rellenas por sedimentos lacustres y fluvio-glaciares. Igualmente y hacia el nororiente de esta zona, se encuentra el macizo ígneo metamórfico de Santander con sedimentos Mesozoicos plegados en sus flancos y de donde se originaron los ramales que constituirían los Andes de Venezuela y la Serranía del Perijá al extremo nororiental del país. Esta última es un anticlinal plegado en el *Pleistoceno* y constituido por rocas sedimentarias del *Mesozoico* (Ingeominas, 2006).

1.2.3. Zona de Estudio

En la figura 1.9 se muestra el geológico de la Sabana de Bogotá, con un acercamiento al área de estudio. La cabecera municipal de Suacha se encuentra en la parte plana de la Sabana de Bogotá, que en el pleistoceno era el fondo de una laguna y que desapareció hace unos 30 000 años. Desde entonces, el río Bogotá debastó sus lechos varios metros de profundidad sobre esta superficie, así se

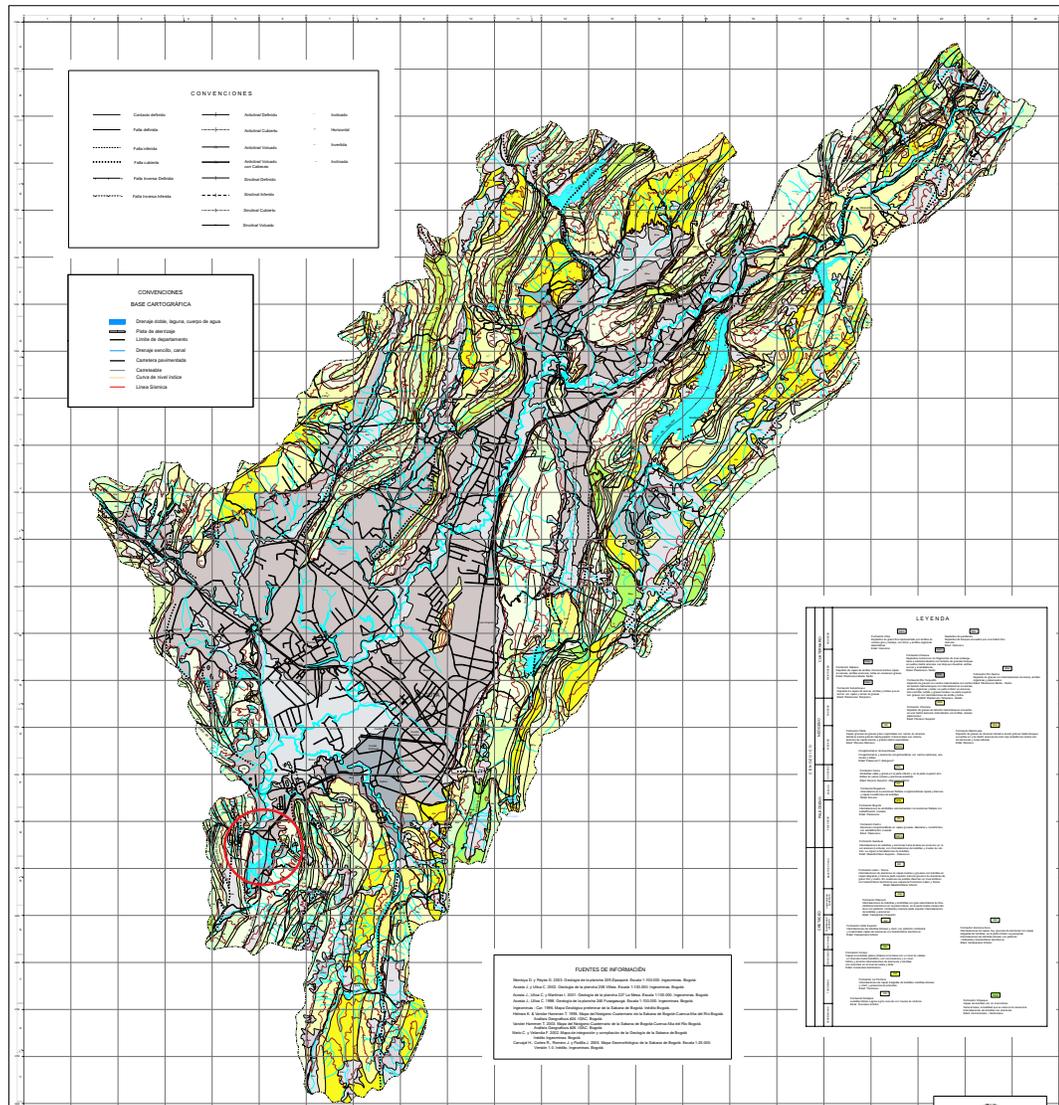


Figura 1.9. Mapa Geológico de la Sabana de Bogotá y un acercamiento a la zona de estudio. Escala 1: 100 000 Montoya, 2005 (INGEOMINAS).

formaron suelos y en algunas partes depósitos coluviales. Al oeste y suroeste del municipio existe un conjunto de lomas areniscas de la formación Guadalupe (*Formación Arenisca Dura, K2d*), del Cretácico; hacia el occidente de éstas se evidencian anticlinales, sinclinales y fallas, hasta la fuerte bajada a tierras más cálidas, por el Salto de Tequendama. Por efecto de estas estructuras al oeste de la Sabana se encuentran unas cuencas menores que se rellenaron con sedimentos posiblemente lacustres. El río Bogotá, después de salir de la Sabana se encuentra con dos de estas cuencas, antiguas lagunas, la del Charquito y la del Salto. En su mayoría estos sedimentos lacustres fueron erodados profundamente, como los



que se observan detrás del Salto de Tequendama. Estos sedimentos, en su mayoría pertenecen a la edad Pliocénica, *Formación Tilatá (N2t)* y depositados antes del levantamiento de la Cordillera Oriental. Aunque parece muy posible que la parte superior de esos sedimentos haya sido depositada en el Pleistoceno. La desaparición de las lagunas debe estar relacionada con la erosión del río, en rápidos y saltos, de las partes mas bajas de cuchillas con rumbo norte sur que forman las areniscas. La Cuchilla Tequendama es un anticlinal en la *Arenisca de Labor (K2t)*, que es el primer filo de arenisca al oeste del Embalse del Muña. En el lado oeste del filo y bordeando el valle de la quebrada el Rodeo, los estratos de las areniscas se horizontalizan formando un sinclinal muy suave.

Las rocas de esta zona, dentro de las cuales se encuentra la Piedra de La Cuadrícula, se puede decir que se encontraban a la altura del nivel de la antigua laguna en la época Pleistocénica, el oleaje podría así haber contribuido a su formación, como pudo pasar también con los abrigos rocosos de las Piedras de Tunja en Facatativá, donde las areniscas se encuentran casi en posición horizontal como las de la zona de estudio (Correal, 1977).

En la excavación de los Abrigos Rocosos del Tequendama, al otro lado de la autopista, unos 500 metros de la Piedra de la Cuadrícula y a una altura de 2570m, encontraron, al pie de las rocas y debajo de varios metros de suelos y acumulaciones de los últimos 30 milenios, sedimentos antiguos de la laguna del Charquito, aunque la edad exacta no se pudo establecer. (Correal, 1977, p. 14).



1.3. Historia de Vegetación, Clima y Suelos

1.3.1. Vegetación y Clima

1.3.1.1. Colombia y Región Andina

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de la vegetación norte andina se conoce por los trabajos palinológicos que van der Hammen y sus colaboradores han realizado por más de 40 años en los Andes colombianos (Hammen, 1992, 1995). Los análisis de polen de los sedimentos depositados en la Sabana de Bogotá y zonas montañosas aledañas, en la Cordillera Oriental colombiana, son los más importantes en cuanto a la vegetación de los bosques andinos se refiere (**Fig 1.10**).

La historia de la vegetación andina actual se remonta al cretáceo, cuando América del Sur formaba parte del gran continente Gondwana y estaba conectada con África, Australasia y Antártica. La mayor parte de África y Sur América formaba una provincia florística y muchas especies distribuidas en ambos continentes deben haberse originado antes del oligoceno. A principios del cretáceo empezaron a separarse América del Sur y África y durante todo este período la distancia entre ambos continentes aumentó y hace 90 millones de años estuvieron conectados solamente mediante islas. América del Sur permaneció aislada, a manera de un continente-isla, desde fines del cretáceo y durante gran parte del terciario, y en esta época su rica flora evolucionó independientemente.

La relación entre Norte y Sur América, a finales del cretáceo tardío fue por medio de islas que emergieron en la región de América Central, y durante el mioceno un levantamiento general dio como resultado el núcleo de América Central y los Andes del norte, que se aproximaban a su moderna configuración (Ulloa, 2004).

Seguramente, en el mioceno tuvo lugar la evolución explosiva de los grupos taxonómicos centrados en los Andes, esto habría sucedido en las pequeñas elevaciones de hasta 1000 metros, que habrían ocupado el área andina en ese entonces. Hacia finales del mioceno, taxa de origen austral-antártico migraron hacia la región tropical, como consecuencia de un enfriamiento climático a nivel mundial y la formación del casquete glaciario en la Antártida. La presencia de polen de géneros "australes" como *Podocarpus* indica que la zona habría alcanzado más de

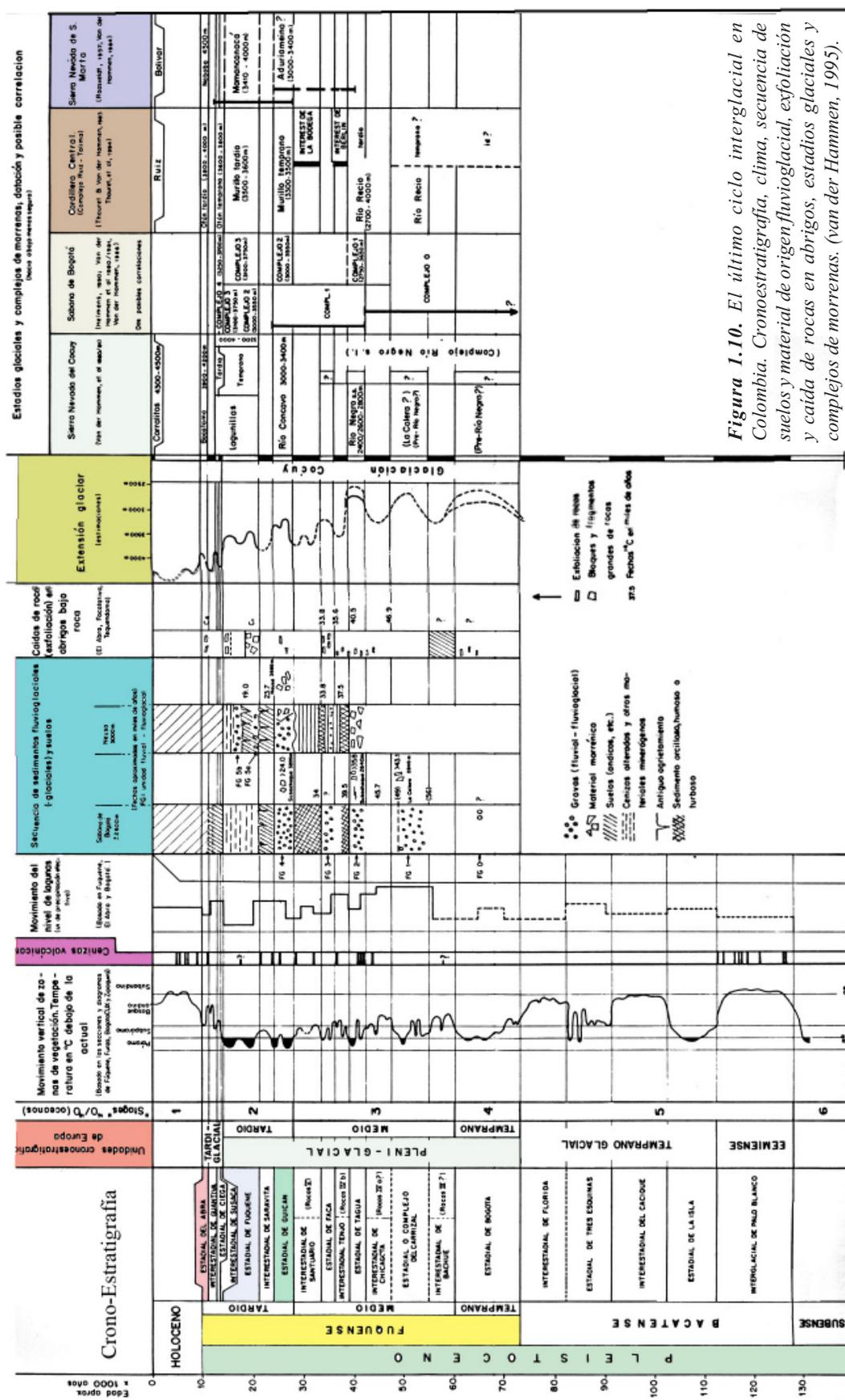


Figura 1.10. El último ciclo interglacial en Colombia. Cronoestratigrafía, clima, secuencia de suelos y material de origen fluvio-glacial, exfoliación y caída de rocas en abrigos, estadios glaciales y complejos de morrenas. (van der Hammen, 1995).



1000 metros de altitud y que las montañas aledañas, de hasta 2000 metros, habrían facilitado la migración hacia el norte. Con el levantamiento de la Cordillera entre el mioceno tardío y el plioceno medio, se crearon extensas áreas con clima montano que fueron pobladas en parte por la flora montano baja.

En ese momento, se formó el istmo de Panamá que conectó Norte y Sur América y permitió la entrada directa de numerosos animales y plantas provenientes del norte. Debido al enfriamiento climático en el mioceno, parte de la flora laurásica-holártica templada y subtropical -que alguna vez se había extendido desde el este de Asia hasta Europa y Norte América- se había extinguido en el norte, y parte se habría desplazado hacia el sur. Desde el norte de Norte América se habría dirigido hacia México y Centroamérica, refugiándose en las montañas tropicales, para finalmente migrar a los Andes en el plioceno. Entre estos inmigrantes del norte, los primeros en llegar simultáneamente a los Andes bogotanos, hace 4-5 millones de años, fueron *Hedyosmum* *Symplocos*, cuando la zona habría alcanzado 1500 metros y las montañas vecinas podrían haber tenido 2500 metros de altitud. *Weinmannia*, *Clusia*, *Miconia*, *Alchornea* y *Piperaceae* eran elementos importantes de la flora local; *Hyeronima*, *Ficus*, *Arecaceae*, *Cecropia* y *Apocynaceae* eran comunes y otros como *Proteaceae* y *Bombacaceae* probablemente crecían en áreas aledañas (Ulloa, 2004).

Se ha encontrado polen de un posible precursor de *Hedyosmum* en la flora del cretáceo inferior en Norte América y el género se habría dispersado hacia la parte norte de Sur América probablemente en el mioceno. En el caso de *Symplocos*, el género desapareció del norte de Norte América en el plioceno y se retiró hacia el sur de ese continente; luego de la elevación del puente centroamericano, habría entonces ingresado a los Andes donde desarrolló su centro secundario de diversidad.

Un desplazamiento similar, hacia el sur, sucedía en el sureste de Asia y hay un buen número de taxa, que en la actualidad tienen una distribución americano-asiática o amfi-pacífica tropical. Géneros como *Clethra*, *Meliosma*, *Persea*, *Saurauia*, *Styrax*, *Symplocos*, *Turpinia* y *Toxicodendron* se conocen de esta misma flora fósil holártico-terciaria y probablemente se originaron en los remanentes de la flora templada subtropical del terciario en Laurasia y hoy en día están extintos en la



región holártica. Sin embargo, no hay que eliminar la posibilidad de que algunos taxa hayan tenido otra historia, por ejemplo una amplia distribución pantropical y posterior extinción en Africa (van der Hammen y Cleef, 1983a,b).

El polen depositado hace probablemente cuatro millones de años a una altitud de 2300 m, indica la presencia abundante de *Alchornea* y también *Weinmannia*, *Ilex* y *Hedyosmum* y probablemente estos bosques se asemejaban al cinturón superior de los actuales bosques subandinos. Cuando se elevó el istmo de Panamá, pudieron cruzar los elementos frío-templados que aún están presentes en la región holártica. En sedimentos superiores aparece, por primera vez y en forma abundante, polen de *Myrica* y en áreas circundantes más altas ya había una vegetación de tipo páramo debido a la presencia de polen de Poaceae, Asteraceae e *Hypericum*. Estas cimas montañosas ya habían alcanzado los 3200 m de altitud. Las primeras evidencias de que ya existían áreas de páramo primitivo se encontraron en los sedimentos más altos, depositados en áreas donde la vegetación era de tipo abierto y arbustivo con abundancia de Poaceae, *Valeriana*, *Plantago*, *Aragoa*, granos de polen del tipo de *Polylepis-Acaena* y otros como *Symplocos*, *Myrica*, *Hypericum*, *Miconia*, *Ilex*, *Borreria*, *Justicia*, *Ranunculus*. Hay evidencias de que en esa época el límite del bosque se encontraba más abajo que en la actualidad y la abundante presencia de polen de taxa subandinos indica que el bosque andino aún no se había desarrollado completamente.

A partir del plioceno tardío se tiene un registro completo de la historia de la vegetación. La flora se enriquece gradualmente con nuevos elementos como *Styloceras* y *Juglans*. *Vallea* se volvió un género importante en los bosques andinos y posteriormente *Weinmannia* cuando probablemente se adaptó a las condiciones de las altas elevaciones; *Myrica* y *Polylepis* igualmente alcanzaron mayor representación que en los registros más recientes.

A principios del pleistoceno ingresa desde el norte *Alnus* y quizás *Ribes*, *Berberis* y *Vaccinium*. Esto probablemente ocurrió hace 1,8 millones de años; para ese entonces la cordillera de los Andes ya había alcanzado su altura actual y varios de estos taxa empezaron a extenderse hacia la región templada austral de los Andes. Al parecer el ingreso de *Alnus* ejerció un gran impacto en la extensión de los bosques de *Vallea*, disminuyó su importancia y en la actualidad este último ya no forma extensos bosques.



Finalmente, *Quercus* es uno de los últimos géneros leñosos provenientes del norte que habría ingresado hace un millón de años. Con la inmigración de *Quercus*, género importante en los bosques colombianos, todos los constituyentes de los bosques andinos actuales estaban ya presentes.

Según estos estudios en Colombia, el proceso evolutivo de los diferentes elementos ha sido progresivo, ya que los grupos provenientes del norte sólo pudieron ingresar a partir del plio-pleistoceno (hace unos 5 millones de años), mientras que los austral-antárticos ya lo habrían hecho desde el eoceno; así mismo los elementos (neo)tropicales y aquellos propiamente andinos como *Mauria*, *Gaiadendron*, *Bucquetia* y *Cinchona* ya habrían evolucionado en los bosques andinos desde el mioceno (Ulloa, 2004).

1.3.1.2. Sabana de Bogotá y Zona de Estudio

La última glaciación del Pleistoceno empezó probablemente hace 90 000 años. En la Sabana de Bogotá, se presentaban períodos más y menos fríos, ocasionando una alternancia de vegetación de Páramos con la de bosques de *Encenillo*. Hace 30 000 años, en esta área dominaba un bosque, que actualmente, corresponde a un bosque denso y alto, además, la laguna de la Sabana se estaba secando. Para los siguientes milenios el clima se vuelve aún más frío y la vegetación predominante es la de *Páramo*. Para los 21 000 años B.P. la Sabana se convierte en Páramo seco de pradera, con una escasez grande de arbustos. El bosque sólo se encuentra a un límite altitudinal de 2 000m (van der Hammen, 1992).

Entre 26 000 y 14 000 B.P. los glaciares se extendieron aun mas, llegando a alturas entre 3 000 y 3 200m. Cuando el clima empezó a volverse mas seco, los glaciares empezaron una retirada gradual. Un débil mejoramiento se muestra entre 14 000 y 13 000, al que se le ha denominado *Interstadial de Susacá*. Entre 13000 y 12 500 el clima se torna nuevamente frío, pero desde esta fecha empieza a mejorar notablemente. Este nuevo *Interstadial* se denomina de *Guantiva* y va entre 12 500 y 11 000 años B.P. con una interrupción fría poco después de 12 000. El clima en este período, se vuelve menos frío y más húmedo; el nivel de la Laguna de Fúquene sube rápidamente y en la Sabana de Bogotá se forman pequeñas lagunas y charcos. La altiplanicie se ve invadida por bosques de *Aliso* y



Figura 1.11. Fotografías de algunos de los géneros y especies botánicas presentes en la historia de la vegetación y clima de la Sabana de Bogotá. **a.** *Alnus* (Aliso). **b.** *Juglans* (Nogal). **c.** *Myrica* (Arbol de la cera). **d.** *Vallea* (Raque). **e.** *Ilex* (Mora de la montaña). **f.** *Quercus* (Roble) **g.** *Eugenia* (Mirto). **h.** *Dodonaea* (Dondonaea). **i.** *Xerofila* (Tunas) **j.** *Borreria* (Tabaquillo). **k.** *Weinmannia* (Encenillo) **l.** *Plantago* (Yantén)

Myrica. En los cerros que rodean las altiplanicies, empiezan a desarrollarse, de manera muy abierta, bosques de *encenillo* o *roble*, y la *Dodonaea*, ocupa los terrenos que aún no ha desarrollado suelos adecuados (Correal, 1977).

El clima vuelve a tornarse bastante frío entre 11 000 y 10 000 – 9 500 a lo que se le denomina el *Estadial de El Abra*. Los glaciares avanzaron nuevamente hasta 3900 m. La Sabana de Bogotá se encuentra en ese momento en la zona del límite altitudinal del bosque, con pequeños bosques de subpáramo y las partes altas de las laderas de los cerros, alrededor de la altiplanicie, están cubiertas de páramo abierto. El clima es seco y parte de los charcos de la planicie se disecan también.



Después inicia el Holoceno y alrededor del 9 500 BP se empieza a mejorar definitivamente el clima y se torna muy semejante al actual. Los bosques cubren nuevamente la Sabana, en especial los *Alisos* en las partes más húmedas, y en las partes más secas *Eugenia*, *Ilex* y *Vallea*. Los cerros circundantes se cubrieron de bosques de encenillos y las laderas occidentales de bosques de robles. Al sur y parte del Occidente de la Sabana la precipitación era más baja y la vegetación era de pequeños bosques más bajos y abiertos, con bastantes elementos *xerofíticos* (van der Hammen, 1992 p. 225).

Durante el Holoceno se han presentado cambios climáticos de orden más pequeño, pero que pudieron ser importantes para el hombre en estas regiones. Entre 5 000 y 4 700 años B.P. el clima fue más seco. La temperatura media durante una parte considerable del Holoceno fue 2°C más alta que la de hoy día y hace aproximadamente 3 000 años bajó para ser como la actual (Correal, 1977).

Entre 2 300 y 2 000 años B.P. el clima era más seco, tanto en el altiplano como en los Llanos y el bajo Magdalena. Estos hechos climáticos pueden ser asociados a los primeros vestigios culturales con cerámica y agricultura en la Sabana de Bogotá, para esta época ya la Sabana no se inundaba. Así pudieron construir sus casas en las tierras bajas y establecer allí sus cultivos. Pero hubo un incremento de lluvias aproximadamente en el Siglo I D.C. que debió cambiar considerablemente esas condiciones, pues las tierras bajas volvieron a inundarse. Este hecho puede ser asociado a lo que se ha denominado el Mito de Bochica (Trujillo, 1998, 2006) que hace referencia a las inundaciones de sus tierras y la ayuda del Dios Civilizador Bochica para desanegar las tierras, al romper las rocas del Salto de Tequendama y dejar pasar las aguas.

Alrededor del año 1 250 B.C. se presentó otro período más seco que coincide con la expansión de la agricultura y el incremento de la erosión de los suelos en el altiplano. Lo que se ve en aumento después de la llegada de los Conquistadores que continúan este proceso y el de la tala de bosques y el inicio de la ganadería.

1.3.2. Suelos

De manera general, encima de los sedimentos lacustres de la Sabana, se encuentra un conjunto complejo de suelos. En un espesor entre 1.5 y 2 metros se



intercalan suelos de distintos colores, en la parte inferior un suelo oscuro, luego uno, en ocasiones, amarillo, gris o verdoso, y luego nuevamente oscuro en la parte superior. En el suelo inferior puede encontrarse carbón vegetal que, para una región central de la Sabana fue fechado en ca 30 000 años B.P, con radiocarbono (Correal, 1977), momento que parece coincidir con la desecación de la laguna. Esta desecación debió ser gradual, pues hacia el lado oriental de la Sabana se fecharon trozos de carbono hasta de 38 000 B.P.

Con los análisis de polen se pudo observar que habían bosques mas o menos abiertos en la Sabana entre 30 000 y 20 000 años B.P. que coinciden con los suelos inferiores. También allí se encuentra en ocasiones una capa delgada de ceniza volcánica. En el suelo más claro existe más material minerógeno y menos humus. El diagrama de polen (**fig 1.10.**) muestra que esa capa fue depositada cuando la Sabana de Bogotá era páramo seco (20 000 – 13 000 años B.P.). Allí también se encuentran rastros de ceniza volcánica y de mica. La última capa de suelo corresponde al Tardiglacial y Holoceno, con el diagrama de polen se puede observar que los bosques van cubriendo una gran extensión de la Sabana. Con ayuda del hombre, a medida que desaparecen los bosques, también se observa el aumento de las gramíneas. En las laderas de los cerros circundantes a la Sabana de Bogotá los suelos tienen características semejantes a las detalladas anteriormente. Aquí la edad de los suelos puede ser mayor, hasta unos 45 000 años.

En síntesis, se puede observar una relación estrecha entre clima, vegetación y las secuencias de los suelos. Mejores climas: menor frío, mayor humedad, suelos más oscuros, con mayor humus. En épocas con climas más fríos y/o más secos, los suelos son mas claros pues contienen menos humus y mayor cantidad de material minerógeno (Correal, 1977).

Con respecto a la fauna de estos períodos se hara referencia en la descripción de los primeros habitantes de la Sabana de Bogotá y su relación con ella, pues está íntimamente ligada con su supervivencia y los cambios climáticos que afectaron directamente su modo de vida en los distintos períodos.

2

ARQUEOLOGÍA Y ARTE RUPESTRE

2.1. Arqueología en Colombia y Zona de Estudio

Los estudios arqueológicos tradicionales en América estudian principalmente las grandes áreas de las civilizaciones indígenas, pues estas tienen una “arquitectura monumental”. Estas culturas y estas áreas han sido privilegiadas pero en sí mismas, ellas son sólo parte del amplio territorio americano y corresponden sólo a algunas de las etapas del poblamiento y con ello, no constituyen más que un fragmento de la totalidad de fenómenos culturales. En realidad, estas culturas evolucionaron durante un período de 3.000 años aproximadamente -entre 15.000 a.C. y 1.500 de nuestra era- hasta que la conquista española puso fin a este desarrollo. En el norte de América se organizaron en el área de Meso-América, constituida por el sudeste de México, Guatemala y Honduras Occidental, mientras en Suramérica se ubicaron principalmente en el área de los Andes Centrales, formada por los actuales países de Perú, Bolivia nor-occidental y partes de Ecuador, Argentina y Chile. En estas zonas geográficas se desarrollaron los Mayas y Aztecas en el norte y los Incas como grupo fundamental del sur de América.

En medio de estas dos grandes áreas de civilización aborígen precolombina, se desarrollaron, desde períodos muy tempranos, diversos grupos, que son asunto actual de estudio y de una preocupación especial científico-académica, en crecimiento. Esta área ha sido denominada genéricamente como el *Área Intermedia*, formada por algunos países de América Central, Colombia y algunas zonas de Venezuela y de Ecuador. Según la percepción clásica que estudia la América precolombina allí nunca surgieron grandes imperios, ni hubo extensas ciudades, ni palacios, ni fortalezas, ni templos monumentales, ni calzadas, como en



Mesoamérica y en los Andes Centrales. Sólo existían comunidades a modo de cacicazgos o estados incipientes, esparcidos sobre las vertientes de las cordilleras o en las llanuras costeras. Fueron muy pocas las ruinas o grandes monumentos que perduraron de estos asentamientos y de la actividad humana desarrollada allí (Reichel, 1997 p.11). Sin embargo, esas áreas de diversas etnias y culturas han producido distintos temas de investigación, que ahora se ocupan en preguntar sobre el proceso de desarrollo de estos grupos, sus fases, sus elementos para la formación de su complejidad, aspectos que resultan ahora tema de algunas investigaciones, que han venido constituyendo estas zonas, estudios sobre las formaciones de las estructuras de la comunidad y sus cambios (interests focus on the origins and development of complex societies (especially chiefdoms), regional settlement pattern studies, and household archaeology-(Drenan, 1993). Un aspecto adicional es la preocupación por comprender los diversos vínculos que existieron en las diversas áreas de América y con ello, los estudios del área Intermedia resultan fundamentales.

Lo cierto es que algunos vestigios dispersos en el *Area Intermedia* que mostraban, al parecer, un modo de vida simple, poco espectacular, quedaron aplazados durante algunos años, pues la dinámica de la investigación comúnmente dinamizaba las expediciones de museos y universidades europeas o norteamericanas sobre la monumentalidad. Incluso, los gobiernos internos de los países del área intermedia también entraron en la dinámica tradicional y normalmente sólo han mostrado interés por desarrollar proyectos de investigación con el mismo criterio, en las zonas que son monumentales en Colombia, tales como la arquitectura Tayrona, la Orfebrería y la Escultura y el megalitismo Agustiano.

Sin embargo, en las últimas décadas se empezaron a desarrollar algunos trabajos dirigidos a otros temas importantes de la arqueología colombiana como aquellos que se interesaban en encontrar algunas evidencias de la presencia de períodos pre-cerámicos, (Correal y van der Hamenn, 1977), es decir la etapa de cazadores recolectores, y con ello a la identificación de los períodos de transición, que cubren los procesos del nomadismo al sedentarismo, y a la búsqueda de evidencias de la formación inicial que generó los cacicazgos, hasta llegar a constituir los *Estados Incipientes* (Reichel, 1997).



Hoy resulta muy interesante constatar que ya existen algunas investigaciones que pueden determinar con alguna precisión las diversas etapas de poblamiento y sus procesos. Las investigaciones colombianas se pueden dividir cronológicamente teniendo en cuenta los diferentes períodos arqueológicos en que se ha desarrollado este estudio. Según Gerardo Reichel Dolmatoff estos se dividen en:

2.1.1. Etapa Paleo-India

En primer lugar, se reconoce que el poblamiento de América se efectuó en diversas oleadas, cuyos procesos reconocidos tienen fechas precisas de tránsito por el territorio desde el estrecho de Bering hasta el sur del continente, lo cual indica sin duda que aún no es posible imaginar, con los datos que se tienen, la posibilidad de que los pobladores sean autóctonos. Según la opinión de Reichel Dolmatoff “...Fue aproximadamente hace 70.000 años cuando comenzó la glaciación de Wisconsin, último gran enfriamiento del Cuaternario. Hace unos 20.000 años que la glaciación llegó a su máximo desarrollo” (Reichel, 1997), y con ello fue posible el tránsito de algunos grupos, que muy seguramente, caminaban esta áreas persiguiendo los animales, que también habían emigrado hacia el territorio de la actual América. Esta etapa se caracteriza sin duda por la cacería (mastodontes, caballos) pero además no resulta improbable que estos grupos también tenían capacidad para acceder a diferentes recursos y cambiaban en temporadas de actividad dedicándose a la búsqueda y recolección de diferentes fuentes alimentarias, en tal variedad, que hoy por las excavaciones, es posible constatar tales adaptaciones (moluscos, reptiles, insectos y frutas silvestres). Según Reichel esta es la razón por la cual en la zona de Colombia no es posible ubicar en los estratos de las excavaciones grandes concentraciones de herramientas de cacería. “Este fenómeno de especialización y adaptación diferencial explica tal vez el hecho de que, en Colombia, las puntas de proyectil, de la Etapa Paleo-india, sean más bien escasas” (Reichel, 1997).

El poblamiento temprano de la Sabana de Bogotá ha sido estudiado rigurosamente y este ha permitido establecer el proceso completo de los cambios climáticos (van der Hamenn, 1992) y las variaciones de fauna y vegetación. Este proceso ha sido acompañado por los estudios palinológicos, por los datos deri-



vados de las excavaciones y finalmente, por la reconstrucción de una cronoestratigrafía, que va desde períodos tempranos hasta el momento mismo que llegaron los españoles en el siglo XVI al altiplano. En el Plenigacial (desde 26.000

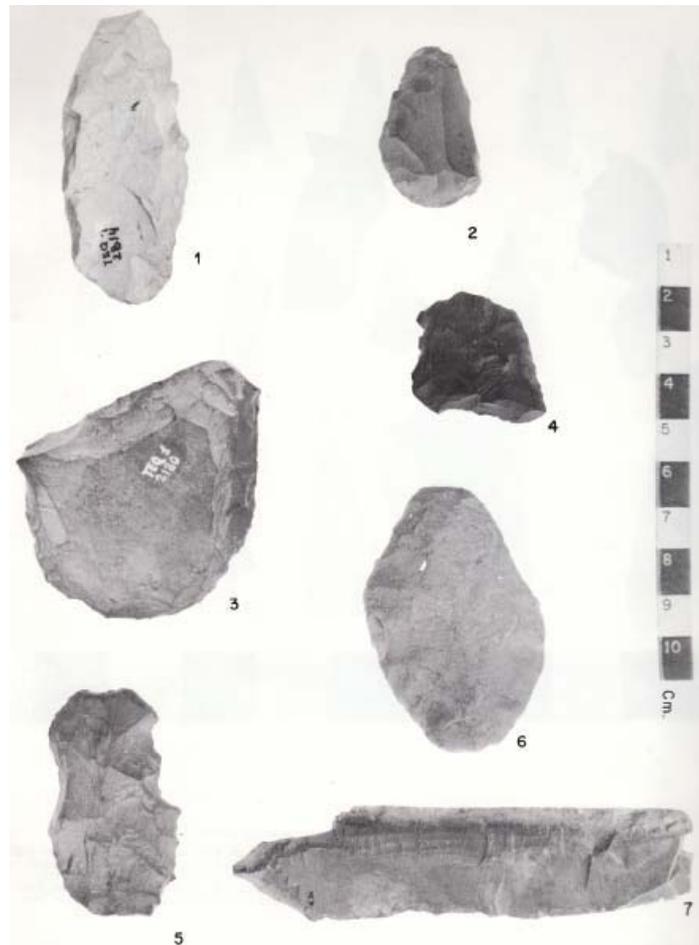


Figura 2.1. 1. Raspador aquillado. 2. Raspador aquillado. 3. Lasca retocada. 4. Fragmento de punta de proyectil (bifacial), reutilizado como artefacto secundario. 5. Hoja bifacial escotada. 6. Hoja bifacial de cuarcita. 7. Cuchillo. Encontrados en las excavaciones de Los abrigos Rocosos del Tequendama, con una secuencia estratigráfica de 12500 B.P. a 2500 B.P. (Ilustraciones obtenidas de Correal, van der Hammen, 1977).

hasta cerca de 14.000) lo dominante de la zona es la vegetación de páramo. Las temperaturas de los diferentes pisos térmicos actuales eran más bajas entre 6 y 8 grados centígrados. Las áreas con nieve se encuentran en este período en los 3.800 m.s.n.m. y en los valles interandinos vivían apaciblemente los elefantoides mastodontes (*Haplomastodon* y *Cuvieronius* 25.000 y 11.000 B. P. van der Hamenn, 1992). En el Tardiglacial (14.000 a 10.000 años B.P.) la humedad, el aumento de temperatura, redujeron las áreas, el hábitat de la mega-fauna y generó su aislamiento. Es importante observar que la mayoría de los artefactos líticos de los sitios excavados consisten en piedras que muestran un filo cortante, mientras que las puntas de proyectil



están prácticamente ausentes (Reichel, 1997).

Los estudios paleo ambientales y los cambios climáticos han permitido comprender que en el Holoceno (10.000 a 2.500 B.P.) las condiciones del clima cambiaron aumentando la temperatura, y con ello, la adaptación de los grupos debió corresponder a un número importante de modificaciones en la actividades y en los trabajos necesarios para acceder a los recursos, que también han cambiado (desaparición de la praderas). Así las herramientas (Correal G, van der Hamenn, 1977) de punzones, raspadores (laterales, cóncavos, discoidales) las navajas triangulares y laminares prismáticas (**fig. 2.1**), se usaran para alimentarse de diferentes animales, en especial de venado, y de diversos roedores como el Curí (Cabía porcelus, *Stictonyx tacsanowskii*) y curiosamente los porcentajes son mayores de los huesos de roedores que de venados (**fig. 2.2**). Todo lo anterior, parece indicar según la tesis de Correal y Van der Hamenn, reseñada por Reichel Dolmatoff,

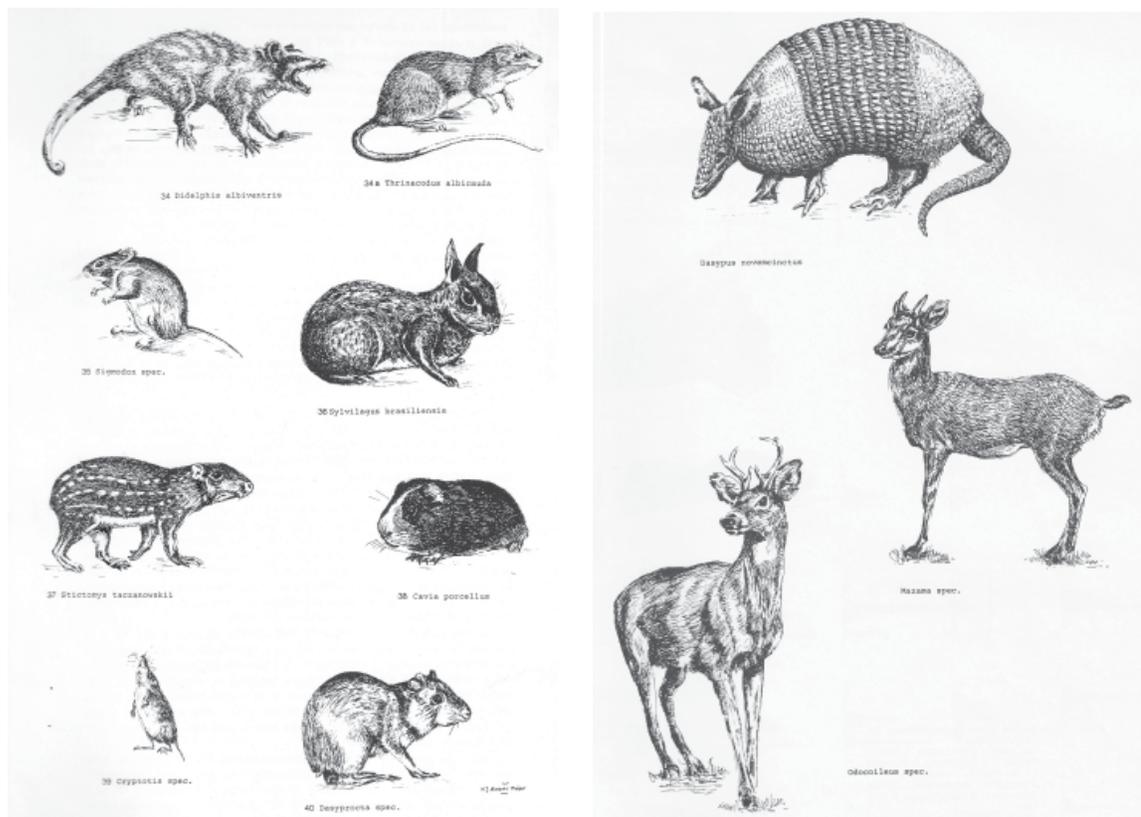


Figura 2.2. Mamíferos cuyos restos óseos fueron hallados en las Excavaciones de Los Abrigos Rocosos del Tequendama, donde se obtuvo una secuencia estratigráfica, asociada a presencia humana, desde 12500 B.P. hasta 2500 B.P. En la primera columna aparecen fara, ratón silvestre, borugo o tinajo y topo o ratón ciego. Segunda columna ratón, conejo, curí (que fue encontrado en todos los estratos) y guatín. En la tercera columna están armadillo, venado soche, venado grande. (Ilustraciones obtenidas de Correal, van der Hammen, 1977).



que los habitantes de este período diversificaron sus preferencias alimentarias con presas variadas y con la recolección de tubérculos, plantas y frutas silvestres.

De aquí en adelante lo característico es la ampliación del área boscosa que desde el 6000 hasta el año 1000 asciende hasta los antiguos páramos. Sobre el año 1000 nuevamente desciende la temperatura y el bosque se establece en las cercanías del límite actual. *“Según los estudios palinológicos efectuados por van der Hamenn los períodos secos ubicados en los 3000 años a C. y luego entre 1000 a C. y 1250 d. C. coinciden con significativos cambio culturales en la cordillera Oriental (Rodríguez José V, 1999).*

2.1.2. Etapa Arcaica

Según las investigaciones de Reichel Dolmatoff se define etapa arcaica como *“la transición entre la vida nómada del cazador, y la del recolector semi-sedentario, que lentamente comienza a desarrollar una horticultura elemental, paso que lleva a una dependencia, cada vez más marcada, de recursos vegetales”* (Reichel, 1997). Algunas tecnologías se producen en este período, relativas a la construcción de instrumentos como el arco, la flecha, los propulsores, las lanzas, y ciertos tipos de cestería (canastos), pero al parecer aun no se había desarrollado la cerámica, ni tampoco la agricultura, proceso que se desarrollaría en el período denominado Formativo.

2.1.3. Etapa Formativa

Según la subdivisión efectuada por Reichel-Dolmatoff esta etapa se define fundamentalmente por la sedentarización, es decir por la presencia de un número importante de asentamientos humanos, en áreas de fácil acceso a recursos. *“La duración total de esta etapa puede haber sido tal vez de unos 6000 años, desde 7000 hasta el primer milenio antes de Cristo (Reichel, 1997).*

En el altiplano Cundiboyacense, durante el cuarto milenio, las condiciones climáticas variaron y ya en el 3.000 a. C. este período estaba caracterizado por alta temperatura, poca humedad, y como consecuencia, un periodo de sequía. Para la zona lacustre de la Sabana de Bogotá los grupos de este periodo se situaron en los alrededores de los ríos, en los pantanos. Allí se desarrolló el proceso que condujo a la horticultura y como consecuencia del manejo de diversos recursos, el cultivo de raíces, rizomas y tubérculos (arracacha- *Arracacia xanthorrhiza*



cubio- *Trepaeolum tuberosum* ibia, batata- *Ipomea babata*, y papa- *Solanun andigena*, *S rybini S. boyacense*) (Rodríguez José V. 1999). “El Formativo, obviamente, es una etapa dinámica de gran experimentación en las estrategias de adaptación ambiental, de recursos alimenticios y de avances tecnológicos” (Reichel, 1997). Esta denominación coincide con aquella que describe el investigador José Vicente Rodríguez como el período de los primeros experimentos agrícolas (1999). Según parece esta dinámica es la que va a ayudar a explicar el desarrollo de las sociedades complejas, es decir, la dinámica de la construcción de las jerarquías, los rangos y diferencias en las relaciones de producción, especialización de las tecnologías y los instrumentos, aspectos que constituyen las opciones objetivas para la construcción de formas sociales jerárquicas y estamentarias, cuyos procesos serán estudiados y descritos para las zonas arqueológicas clásicas, que no son otra cosa que la diversidad de desarrollos producidos en diversas zonas del país, que en el esquema se determinan como desarrollos regionales (Reichel, 1997).

2.1.4. Desarrollos regionales

Colombia ocupa un lugar muy importante en el campo de la domesticación y diversificación de cultígenos nativos y los innumerables microambientes, en diferentes alturas, con características edáficas y factores meteorológicos variados, constituyen un laboratorio ideal para estos fines (Reichel, 1997). Diversos conocimientos acumulados de las experiencias anteriores, la domesticación de ciertas especies y la expansión de las comunidades hacia nuevas tierras, amplió significativamente el desarrollo de la agricultura con el cultivo ahora del maíz (*Zea mays*) en nuevas áreas.

Para la Sabana de Bogotá y para la zona oriental de este altiplano, en el primer milenio, se observa un especial crecimiento demográfico y la organización de núcleos humanos, de aldeas. En este período se organizan los primeros monumentos líticos, la explotación de sal y se producen las primeras actividades de producción cerámica, con desgrasante vegetal además de aquella que ha sido denominada cerámica *Herrera*, que fue estructurada como denominación de un periodo (Período Herrera) que va desde s. XI a.C. prolongándose hasta s. V-VII d.C. (fig. 2.3).

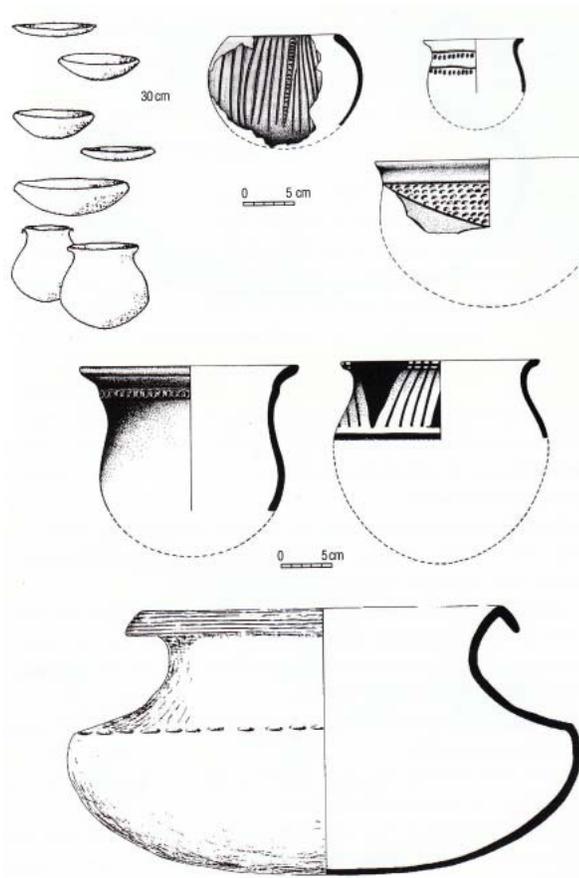


Figura 2.3. Cerámica del tipo Mosquera Roca Triturada. Período Herrera. (Pinto, 2003).

2.1.5. Etapa de los Cacicazgos

Este período fue descrito para caracterizar un tipo especial de construcción humana, que tiene ciertas características político económicas. *El cacicazgo es una unidad política autónoma que abarca varias aldeas o comunidades bajo el control permanente de un jefe supremo* (Reichel 1997). Los estudios del *Área Intermedia* pretenden detectar y caracterizar la transición entre las formas de organización tribal y formas muy sofisticadas de organización indígena de una alta complejidad de relaciones y funciones económicas. Los desarrollos regionales de los períodos inmediatamente anteriores generaron una gran variedad de organizaciones sociales, políticas, y culturales. Una buena parte de estos elementos fueron en el pasado imaginados como unidades autónomas y designados genéricamente como *zonas arqueológicas*, pero en la mayoría de los casos, corresponden a diferentes tipos de cacicazgos, que muy seguramente guardaban relaciones económicas y culturales en territorios más amplios que las zonas geográficas tradicionalmente demarca-



das. La zona arqueológica de San Agustín, alojó a los grupos San Agustín y Tierradentro, la zona arqueológica Quimbaya, la zona arqueológica Tairona, que incluía diversos grupos de cacicazgos (Koguis, Arhuacos), la zona de las etnias Quillacingas y Pastos en el sur (departamento de Nariño), la zona Muisca, constituyen ejemplos de grupos humanos de este período.

Un rasgo dominante consiste en que la autoridad política va más allá de una aldea autónoma e incluye varias agrupaciones humanas que, generalmente, comparten una misma lengua y costumbres. La estructura es la de una sociedad cuyos miembros ocupan diferentes rangos (a diferencia de clases propiamente dichas), estos rangos serían: el cacique y su parentela, un grupo de caciques menores, el común de las gentes, y una categoría de esclavos, inicialmente integrada por prisioneros de guerra (Reichel, 1997). Lo que en conclusión constituye la característica principal de estos sistemas de relación es que existen labores especializadas (artesanos especializados), y están diferenciados algunos trabajos y actividades de cohesión social (guerreros y chamanes). Una de las estructuras fundamentales de este tipo de organización es la producción de un excedente con el cual se pueden organizar distintas actividades de comercio, en la infraestructura y desarrollo administrativo, para la producción, distribución y el comercio, incluso en áreas muy grandes en amplios territorios, con los cuales se hacían intercambios de materias primas y productos de diversos pisos térmicos, aumentando así las posibilidades de la dieta y el transporte de objetos de rito. La adquisición de artículos de lujo, tales como joyas de oro y tumbaga, piedras semipreciosas, telas finas, plumas exóticas, cuentas de collar, conchas marinas, sal y coca, así como otros productos locales sin elaborar. Las frecuentes guerras entre cacicazgos vecinos que se disputaban tierras, esclavos y otros recursos económicos fomentaban el sistema de prestigio y rango, adquirido o hereditario, que se expresaba en muchos aspectos de la cultura (Reichel, 1997).

Actualmente se sabe que también este tipo de organización social dedicaba una buena parte del tiempo a construcciones de infraestructura, vale decir a la organización de camellones, *de grandes construcciones de tierra, de terraplenes, terrazas y sistemas de desagüe e irrigación* (Reichel, 1997). En este mismo periodo debieron también erigirse las construcciones megalíticas en San Agustín, Tierradentro,



el Quindío y el Sinú, como también los sistemas complejos de estructuras hidráulicas en la Sabana de Bogotá, en el río del mismo nombre y en el Tunjuelito.

En la zona del altiplano y en la Sabana de Bogotá existen evidencias de terrazas de cultivo, camellones en diversas áreas del río Bogotá desde Cota, hasta su descenso final en el Salto de Tequendama. Con estas construcciones, organizaban con toda la comunidad procesos complejos de desplazamiento de tierras, construcción de canales y esclusas que muy seguramente permitían tener una producción que, constituía asunto de intercambio de plumas, esmeraldas y oro con otros grupos que consumían la producción de tierra fría. Los Muisca iniciaron este proceso en el I milenio d. C. En el siglo VIII y IX d. C. los habitantes Muisca se encontraban muy bien adaptados a la Sabana de Bogotá (Enciso, 1996) (fig. 2.4).



Figura 2.4. La primera fotografía corresponde a un fragmento de textil Muisca decorado con pintura. Hacia parte de un fardo funerario que cubría a una momia. La segunda fotografía corresponde a un collar de volantes de huso Muisca encontrado por un guaquero en las cercanías de la Laguna de Fúquene, en las inmediaciones del pueblo San Miguel de Sema.

2.1.6. Etapa de los Estados Incipientes

En las consideraciones actuales de los investigadores sobre el desarrollo de las comunidades precolombinas se asigna un nuevo nivel a algunos grupos, aquellos que “superaron la etapa de los cacicazgos y lograron un nivel algo más complejo”



(Reichel, 1997). Dentro de estas consideraciones se nombra a los grupos Muisca y Taironas.

Para concluir, cabe decir que la zona que contiene los sitios rupestres, que son objeto de esta tesis, se encuentran en la zona Muisca y precisamente en las cercanías de los trabajos que originaron los estudios más completos sobre el poblamiento de la Sabana de Bogotá y con ellos se han venido construyendo las diversas secuencias del poblamiento en otras zonas del país (fig 2.5).

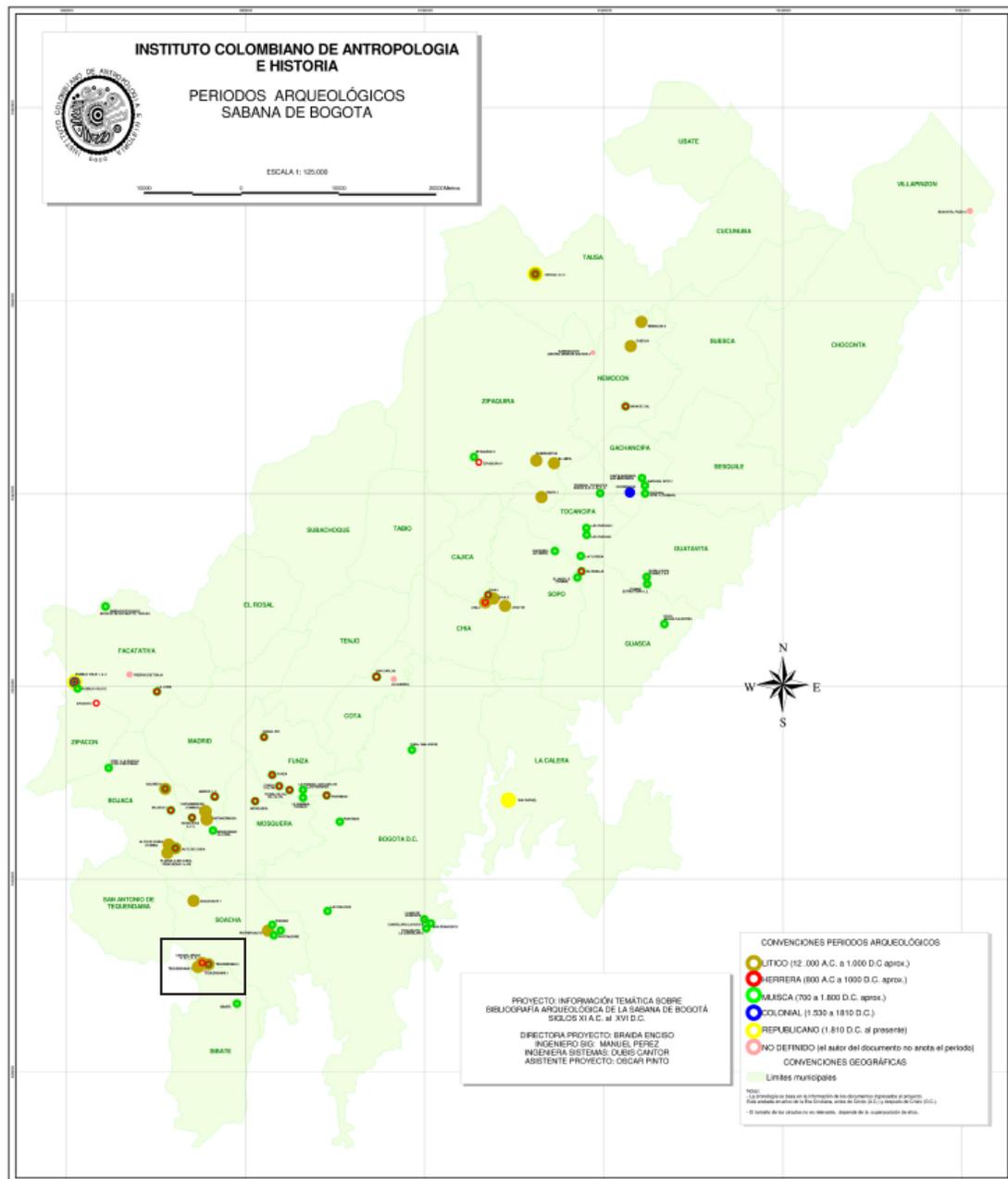


Figura 2.5. Mapa de la Sabana de Bogotá con la ubicación de los sitios arqueológicos de distintos periodos, tanto precolombinos, como colonial y republicano. Proyecto ICANH, 2007.



2.2. Arte Rupestre

El arte rupestre es una manifestación estética y cultural que se presenta en casi todas partes del mundo. A lo largo de la historia, son muchos los grupos de investigación e investigadores que se han dedicado a documentarlo registrarlo e interpretarlo. Sus temas y formas son muy diversas, aunque guardan algunas semejanzas, respecto a las modalidades (pinturas, petroglifos, geoglifos y arte mobiliario con tradición rupestre) como a sus técnicas (pinturas digitales y dactilares, petroglifos grabados, rayados, filiformes), al tipo de sustratos utilizados (bloques erráticos, abrigos rocosos, paredes rocosas, cuevas), e incluso, a la recurrencia de ciertas formas. Pero en general, el sentido y función de estas manifestaciones para los grupos que las realizaron aun es un tema de estudio en la actualidad.

2.2.1. Arte Rupestre en Colombia

Como en el resto del mundo, en Colombia existen todas estas variedades y semejanzas de arte rupestre. Se han encontrado tanto pinturas como petroglifos, y arte mobiliario con tradición rupestre, aunque hasta el momento no se han encontrado geoglifos. Se tiene noticia de la existencia de arte rupestre prácticamente en todos los departamentos del país. En algunos sitios existen apenas las referencias y en otros se han realizado estudios y documentaciones rigurosos.

En la mayoría de los casos las técnicas de pintar y de grabar son muy semejantes en todo el territorio nacional. Para las pinturas se han encontrado de distintos colores: blanco, amarillo, negro, pero en su gran mayoría son de tonalidades rojas. En el caso de los petroglifos, en su gran mayoría son punteados con herramientas de piedra.

Aparecen tanto en zonas bajas como altas, en laderas, valles, junto a corrientes de agua, en lugares desérticos, incluso en rocas que están sumergidas en los ríos durante una gran parte del año. En cuanto a sus estilos, también son diversos, desde los que podrían llamarse naturalistas hasta aquellos que sus formas son bastante sintéticas.

En la actualidad se tiene referencia de una gran cantidad de manifestaciones rupestres en todo el país (**Tabla 2.1**) (Muñoz, 2006c).



TABLA 2.1. Lista aproximada de los sitios rupestres en Colombia. (Muñoz, 2006c).

Departamento	Arte Rupestre		TOTAL
	Petroglifos	Pinturas	5900
Antioquia	59		59
Atlántico	4		4
Bolívar	6		6
Boyacá	33	144	177
Caldas	22		22
Caquetá	1600	54	1654
Casanare	1		1
Cauca	4		4
Cesar	1		1
Cundinamarca	2945	542	3487
Guajira	1		1
Guainia	1		1
Guaviare	1		1
Huila	170	2	172
Magdalena	5		5
Meta	1		1
Nariño	72	10	82
Norte Santander	5		5
Putumayo	17		17
Quindío	1		1
Risaralda	2		2
Santander	21	10	31
Tolima	147	1	148
Valle del cauca	3		3
Vaupés	1		1
Vichada	8		8
Isla Gorgona	6		6

Con respecto a la historia de la investigación del arte rupestre en Colombia existen dos grandes temas. En primer lugar, la historia de los denuncios y de las interpretaciones, y en segundo lugar, la historia de los registros. Muchos autores han dedicado su trabajo a hacer algunos registros, pero en la mayoría de los casos han apresurado sus interpretaciones derivadas no siempre de la visita a los sitios, sino fundamentados en los registros de autores anteriores, generando de esta forma una dinámica compleja en el estudio y en la investigación.



Aproximadamente en 1540 Gonzalo Jiménez de Quesada (Pérez de Barradas, 1951), el Conquistador de la Sabana de Bogotá, en una de sus avanzadas visitó unas zonas cercanas de Soacha (probablemente el municipio de Sibaté, La Tupia) y observó unas rocas pintadas con almagre rojo que estaban adheridas a la roca. Con esta primera referencia se abre la historia de los denuncios, las referencias de José Domingo Duquesne (1795) y los reportes publicados de la Comisión Corográfica (1850-59) inician los temas sobre el sentido y función del arte rupestre en Colombia. El primero en relación a la posible existencia de una escritura y el segundo en relación a que los motivos rupestres muy seguramente referenciaban cataclismos naturales. La Comisión Corográfica también realizó trabajos de registro de algunos yacimientos del territorio nacional. Este proyecto fue adelantado por Agustín Codazzi como el geógrafo, Manuel Ancizar (El Neogranadino) como el cronista, Luís Jerónimo Triana como el botánico, Carmelo Fernández, Henry Price y Manuel María Paz como los dibujantes, actividad conjunta que pretendía reconocer el territorio y hacer una promoción del país para que los extranjeros invirtieran en él. Este esfuerzo fue abandonado durante muchos años y solo hasta 1887 Jorge Isaacs reemprendió el trabajo de la Comisión ahora en una zona nueva como es la Sierra Nevada de Santa Marta. Su equipo no tenía la misma financiación ni personal cualificado y a pesar de que trató de reconstruir algunos de los yacimientos rupestres, sus borradores de transcripciones no pudieron ser convertidos en acuarelas como muy seguramente era la costumbre. Las interpretaciones de Isaacs en relación a sus investigaciones produjeron un intenso debate en las autoridades culturales por lo cual este libro y su autor, fueron olvidados.



Figura 2.6. Fragmentos de murales Municipio de Soacha, Cundinamarca. Un porcentaje muy alto de las pinturas está realizado con pigmentos rojos. La banda de colores va desde el naranja hasta el violeta. La primera fotografía corresponde a Terreros y la segunda a la zona de Canoas.



En 1892, Lázaro María Girón realizó un trabajo extraordinario sobre las Piedras Grabadas de Chinauta y Anacutá (Municipio de Tibacuy), como un informe gubernamental. Hace algunos años fueron descubiertas nuevamente un conjunto de acuarelas que se encontraban en el Álbum de Antigüedades Neogranadinas de 1893, realizado por Liborio Zerda, cuyas referencias fueron utilizadas por José Pérez de Barradas para su libro el Arte Rupestre en Colombia, colección que sintetiza por vez primera todas las referencias existentes.

Siguiendo una cronología, en la zona amazónica también hay referencias derivadas de las investigaciones de Koch-Grünberg, en 1905. En 1910-20 el ingeniero Miguel Triana se vuelve a interesar en las culturas indígenas a quienes llama «Civilización Chibcha» refiriéndose a los habitantes que vivían en el altiplano. Además de hacer una recolección etnológica de textos antiguos y costumbres actuales, el autor se dedica a incluir en su obra distintas referencias de piedras con pinturas y algunas con grabados. Su teoría sobre la interpretación del arte rupestre se dirige a la relación que existe entre los sitios donde se encuentran las pinturas y/o grabados, y el tipo de etnia a la que corresponden. Según esta idea los sitios rupestres no eran otra cosa que límites territoriales y con ello sus variaciones estéticas mostraban las diferencias lingüísticas o la variedad administrativa de los territorios que diferenciaban los Muisca de la zona norte con los del sur. En 1970 se publica el conjunto de planchas que estaban en la bibliote-

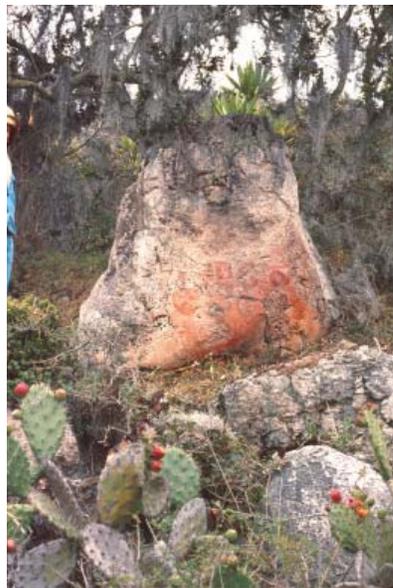


Figura 2.7. Roca con pintura del sector de Canoas. Este es un ejemplo que no todas las rocas son grandes y tienen abrigos que protegen los murales.



ca nacional y en ellas aparecen los registros que él hizo y algunos que le fueron entregados por otras personas, para un total de 59 planchas. Éstas incluyen Soacha, Sibaté, Facatativá, Pandi, Puente de Boyacá, Firavitoba, Corrales, Tunja, Sutatausa, Ramiriquí, Saboya, Madrid, Bojacá, Zipaquirá. La mayor dificultad que tiene este documento es que incluye algunas rocas en la misma plancha y muchas de estas descripciones son fragmentos de los murales originales. Sin embargo, se trata de los más interesantes materiales que inician la descripción e interpretación del arte rupestre del altiplano cundiboyacense. Una buena parte de los investigadores derivan sus interpretaciones de estos documentos, con lo cual durante mucho tiempo se pensó que no existían más zonas de arte rupestre que las descritas en el trabajo del Jeroglífico Chibcha. En realidad, sobre los habitantes del altiplano y su relación con el arte rupestre, los autores anteriormente citados utilizaban las crónicas de indias y las tradiciones orales, que les permitían vincular las representaciones rupestres con las etnias encontradas por los españoles en el siglo XVI.

En la zona de sur de Colombia (Amazonia) también existen algunas referencias sobre la presencia de sitios rupestres y estas corresponden a los informes de Constand Tastevin, Theodor Konrad Preuss, Helmut Schindler, Johann Spix, Carl Martius, exploraciones de Europa de comienzos del siglo XX.

De igual modo, en 1929 Paul Rivet publica en el periódico de la sociedad de Americanistas un trabajo sobre Petroglifos y Antigüedades Colombianas. Sus dos estudiantes y compañeros de trabajo en Arqueología en Colombia, Eliécer Silva Celis y Graciliano Arcila continuaron investigaciones arqueológicas diversas, que permitieron caracterizar las etnias del territorio y con ello incluyeron también algunas referencias sobre la presencia de arte rupestre en sus zonas de estudio, Boyacá y Antioquia respectivamente. Desafortunadamente, los materiales existentes de estas investigaciones fueron publicados no de forma completa por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja y por la Universidad de Antioquia, en este último caso, el libro de trabajo de campo del arqueólogo Graciliano Arcila.

En este mismo período el investigador norteamericano J. Alden Mason publica en 1931, en Chicago, una expedición de 1923 donde encuentra algunas rocas grabadas en Donama, Sierra Nevada de Santa Marta.



Aproximadamente en 1942 el investigador Wenceslao Cabrera Ortiz siendo estudiante conoce el Monolito Panche de Sasaima y con este descubrimiento se interesa en el estudio, tanto del registro, como de la interpretación del arte rupestre. Solo hasta 1970 publica una síntesis general de su trabajo, incluyendo algunos aspectos que ya habían sido referenciados en la Revista Bartolina, órgano de divulgación del colegio Jesuita de San Bartolomé. Es importante resaltar que este investigador incluye dentro de la descripción de los sitios las representaciones rupestres y un esquema general de mapa a mano alzada, donde incluye las curvas de nivel, las rocas ubicadas y algunos elementos de orientación como el puente, la pequeña población, etc. Esto quiere decir, que en relación al material publicado, Cabrera Ortiz amplía el número de rocas y zonas, algunas de las cuales habían sido ya denunciadas en el libro de los Muisca de Louis Ghisletti y estaban también presentes en los libros de Miguel Triana.

Existen además de los anteriores autores algunos que incluyen descripciones de arte rupestre en sus libros, pero no es este el tema central de sus trabajos. En 1952 José de Vinales publica en la revista del Instituto Etnológico nacional nuevas referencias de arte rupestre de la zona Arhuaca.

En 1959 el investigador cubano Antonio Núñez Jiménez publica su trabajo Facatativá Santuario de la Rana como un texto de interpretación fundamentalmente para las rocas del parque de Facatativá en donde amplía algunas de las ideas ya presentadas por Miguel Triana.

También Fray Miguel Santa María Puerto (1977) incluye algunas descripciones de rocas pintadas y grabadas en Boyacá dentro de sus estudios del lenguaje escrito de los aborígenes de Colombia.



Figura 2.8. a) *Antropo-zoomorfo alado con báculo ubicado al oriente del municipio de Soacha, en la vereda Panamá.* b) *Antropomorfo con un báculo junto con figuras sintéticas, roca 33 de Terreros.*



En 1970 el investigador Guillermo Muñoz inicia sus trabajos en el altiplano cundiboyacense con el propósito fundamental de revisar toda la bibliografía existente, recoger los materiales diversos y reemprender la investigación corrigiendo los diversos errores e imprecisiones no advertidos por los investigadores anteriores. Es necesario, según este investigador, hacer una revisión rigurosa de los sitios y buscar si existen en los alrededores otras manifestaciones tal y como ha venido sucediendo desde las primeras exploraciones realizadas en las áreas de Soacha, Bosa, Sibaté (Muñoz, 1985). De igual manera consideró importante la ubicación cartográfica y la organización de diversos criterios para archivar el material copioso que poco a poco iba apareciendo, este desarrollo documental debería estar acompañado por una reflexión entorno a las interpretaciones, principalmente en relación a los fundamentos y las influencias que los autores exponen explícita o implícitamente. En 1980 impulsó el primer plan nacional de investigación de arte rupestre en la Universidad Pedagógica Nacional, en el departamento de Ciencias Sociales, incorporando algunos estudiantes con la primera cátedra del tema. En 1990 inauguró la cátedra de arte rupestre en el Instituto de Investigaciones Estéticas de la Universidad Nacional y, desde esa época hasta hoy, ha venido organizando con un equipo estable, diversas investigaciones teórico metodológicas para el estudio del arte rupestre en Colombia. Este equipo ha sido uno de los mas estables dentro de los procesos de investigación, con lo cual ha generado investigaciones diversas cuyas síntesis se presentan en conferencias, congresos y publicaciones, en diversos medios nacionales e internacionales. En este equipo se encuentran asociados diversos investigadores que trabajan en distintas áreas o que realizan actividades en distintos temas relativos al arte rupestre: historia de la investigación, modelos metodológicos del registro, arqueoastronomía y arte rupestre, tradición oral y arte rupestre, educación y arte rupestre. En este equipo se encuentran trabajando los siguientes investigadores: Harry Marriner, Carlos Rodríguez, Lorena Rodríguez, Yaneth González, Oscar Hernández, Miguel Angel Albadán, Natalia Muñoz, Ricardo Muñoz, Nancy Rozo Melo, Agustín Gutiérrez, Edgar Rozo, Judith Trujillo.

Existen además, de estos trabajos en el área del altiplano, otras referencias de investigadores que dedicaron algún tiempo de sus actividades hacer denuncias



y algunas descripciones e interpretaciones de arte rupestre en diversas zonas del territorio nacional y que se han venido incorporando al mapa general del arte rupestre colombiano. Las investigaciones de Elizabeth Reichel Dolmatoff, Helena Bischler, Polidoro Pinto, Fernando Urbina, Álvaro Botiva, Carlos Castaño, Thomas van der Hammen, Francisco Ortiz, Carlos Muriel en la región de la Amazonía; las investigaciones de Mary Alice Sills O'neil, Inés Elvira Montoya, Guillermo Rendón y Anielka Gelemour de Rendón, Silvia Botero Oostra, CHONTO (Lleras y Vargas), Oswaldo Granda, Helena Pradilla, José Virgilio Becerra, María Lucía Sotomayor Camacho, María Victoria Uribe Alarcón, Arnold Tovar en la región Andina, constituyen una tradición en Colombia, al igual que en Europa, que se inicia a comienzos de siglo XX y que se viene realizando hasta hoy. En la mayoría de los casos se trata de investigaciones puntuales sobre alguna área determinada del país en donde no se tenían referencias de la existencia de arte rupestre. Los autores citados han hecho trabajos de denuncios de sitios de arte rupestre o análisis e interpretaciones diversas sobre algunas zonas. En los últimos 20 años han existido trabajos que son simplemente denuncios de sitios o que intentan relacionar el mundo material y el mundo espiritual, la relación con la arqueología, y que presentan en sus trabajos algunas influencias de las discusiones nacionales e internacionales en arte rupestre. En este sentido pueden citarse a José Roza Gauta, Cesar Velandia, Armando José Quijano, Rosenfeld Perez Rojas, Julian Andrés



Figura 2.9. *Diversos tipos de estructuras sintéticas, simples o complejas son representadas en el arte rupestre del altiplano cundiboyacense. a) Fragmento pintura, zona 3, Poma. b) Fragmento de roca El Vínculo, Piedra de las Manos.*



Baracaldo, Hector Pinto, Alvaro Acevedo, Oscar Pinto, Alvaro Botiva (Muñoz, 2006a,b).

En los últimos años como resultado de las influencias de las investigaciones anteriores se han venido desarrollando, en distintas áreas del país, trabajos tanto de registro, como de interpretación y también se han desarrollado algunas investigaciones en torno a los materiales presentes en las pictografías y debates sobre la conservación del arte rupestre. Bajo la dirección de GIPRI, Juanita Arango (1995) trabajó sobre las Pinturas de Sogamoso y realizó algunos análisis sobre su estado y conservación, al igual que Catalina Bateman y Andrea Martínez (1999) en Farfaca Boyacá, el grupo de Guerrero y Gómez en Sutatausa, Cundinamarca (1997) María Paula Alvarez y su equipo en el parque de las Piedras de Tunja, Facatativá (2003).

2.2.2. Arte rupestre de la zona sur occidental de la Sabana de Bogotá

TABLA 2.2. Planchas de las transcripciones realizadas por Miguel Triana con respecto a los municipios de Soacha y Sibaté.

No.	Plancha	Características	Página
1	III	Figuras sueltas del Alto	270
2	IV	Piedras del Vínculo	270
3	V	Piedra del Rodeo. Segundo Grupo de la Leona: Región de Tequendama.	271
4	VI	Piedra Grande del carraco potrero del alto, hacienda de Tequendama.(aparecen las cuatro Caras de la enorme piedra	271
5	VII	Piedras del Vínculo: Soacha Jeroglífico mitológico Dios Suacha	272
6	VIII	Piedra de los Alambiques, San Benito, Sibaté	273
7	IX	Signos sueltos de la piedra de la Iglesia Hacienda San Benito: Suacha	
8	X	La Leona: Piedra de los Mitos región de Tequendama	273
9	XI	Figuras sueltas: Región de Sibaté y Tequendama	274
10	XII	Piedra de el Rodeo Región de Tequendama	274
11	XL	Figuras sueltas de las piedras de el Alto Hacienda de Tequendama	288
12	LI	Piedra de San Benito Soacha :Jeroglífico de Carácter votivo	294
13	LII	Piedra de los Destierros (piedra de las cruces) Región de Sibaté Soacha	294



En 1970 el equipo de investigación GIPRI inició sus trabajos de arte rupestre en la zona sur occidental de la Sabana de Bogotá. Para esta época contaba exclusivamente con los textos de Miguel Triana que hacían referencia a algunas rocas pintadas en Soacha y Sibaté (**Tabla 2.2**).

Lo primero que pudo constatar el trabajo de campo es que, en primer lugar, existían muchas más rocas que las descritas en este álbum y en segundo lugar, que las transcripciones no estaban ajustadas al original. Tenían problemas de proporción, unificaban el trazo, geometrizaron las figuras, incluían motivos de diversas rocas en una sola plancha, lo cual obligó, desde el primer momento, volver nuevamente a revisar todas y cada una de las rocas referenciadas. Actualmente se tiene una visión mucho más completa del territorio y el número de rocas se ha ampliado significativamente. Estas zonas de arte rupestre se encuentran descritas en la **Tabla 2.3**.

TABLA 2.3. Zonas de arte rupestre de los municipios de Soacha y Sibaté, estudiados y documentados por GIPRI (Muñoz, 2006d). En total son 167 rocas.

No. de Rocas	Zona	Municipio
2	San Benito	Sibaté
5	La Tupia	Sibaté
5	Barrio Pablo Neruda	Sibaté
5	La Unión	Sibaté
44	Abrigos Rocosos del Tequendama Parque Ecologico La Poma	Suacha
5	Cañada hacia el río Bogotá	Suacha
5	Frente al embalse de Muña	Suacha
30	Salto de Tequendama	Suacha, Cubsio
58	Terreros, Fusungá, Vínculo	Suacha
10	Canoas	Suacha

Todo lo anterior permite decir que existe una gran desproporción entre el mínimo número de rocas registradas en la tradición y la alta densidad de arte rupestre, fundamentalmente en pinturas, en diferentes áreas de estos dos muni-



cipios. La presencia de petroglifos en esta región no ha sido explorada suficientemente, pero es posible decir que en el límite con la Inspección de Policía de Santandercito, San Antonio de Tequendama, se encuentran al lado de las pinturas, un número importante de rocas con grabados. También en el sector de La Unión fue ubicado un petroglifo.



Figura 2.10. Líneas escalonadas presentes en uno de los murales de Canoas. Esta yacimiento presente diversas superposiciones de figuras.

La pintura rupestre de toda esta región normalmente está hecha con pigmentos rojos y se encuentra diseminada en distintos tipos de yacimientos. No solamente aparece en abrigos rocosos sino que también se ubica en pequeñas rocas, algunas de ellas, protegidas con un alar. Actualmente no resulta fácil descubrir su estética y hasta la fecha lo único que se ha podido estructurar es la recurrencia de algunos motivos que se encuentran diseminados en un número importante de murales. Así la presencia de rombos, líneas en zig-zag, de manos pintadas con dibujos inscritos, figuras radiadas, y trazos muy sintéticos es lo más recurrente. Otro de los temas más reiterativos es la presencia de triángulos enfrentados por los vértices que parece coincidir con la estética en una amplia región de todo el altiplano y que hasta la fecha guardan relación con cabezas humanas que muy seguramente representaban estructuras jerárquicas, la mayoría de las veces que tienen tocado. En el caso de la pintura rupestre, éstas aparecen en rojo, rellenas y muy simplificadas. También se ha podido observar la relación



entre estas figuras cabeza triangular y algunos de los petroglifos de ciertas áreas contiguas al altiplano, relación que aún se viene estudiando (Muñoz, 2006b). De otro lado, estas figuras también guardan relación con algunos objetos mobiliarios que muy posiblemente tenían tradiciones rupestres, como los volantes de uso y algunos motivos presentes en la cerámica (figuras raniformes, mono encorvado). Los estudios sobre orfebrería del altiplano realizados por Clemencia Plazas (1975) y su relación con el arte rupestre son objeto de investigaciones actuales.

Todos estos elementos anteriormente descritos no encuentran aún una relación con los trabajos arqueológicos realizados en estas zonas y resulta bastante complicado ubicar la presencia de estos eventos culturales dentro de las amplias cronologías que existen y del poblamiento del área. Podría ser factible que un número importante de estas pinturas pudieran haberse realizado en etapas muy tempranas del poblamiento. Sin embargo, sus características y composición, hacen pensar que estas estructuras estéticas fueron realizadas en períodos más recientes hortícolas y cerámicos. Los últimos trabajos producidos por José Vicente Rodríguez (1999) muestran que el poblamiento del área fue continuo y desarrollos regionales distintos se produjeron con grupos que habitaron la región desde los periodos de cazadores recolectores, hasta los tiempos en que llegó la invasión europea. Los análisis de los cráneos parecerían mostrar que no existen cambios especiales entre los primeros pobladores, los llamados periodo Herrera y los grupos que van a constituir el conjunto Pre-clásico y Clásico Muisca.

A pesar de tener una idea de las cronologías y la presencia de grupos humanos en el territorio, en distintos periodos, resulta muy difícil asegurar cuáles de



Figura 2.11. Figuras sintéticas representadas en la zona de El Vínculo, Soacha Cundinamarca. a) El recorrido de puntos parecieran estar delineando una cara. b) Trazos simples sin asociación ninguna.



las pinturas corresponden a cada periodo. Es muy posible que la actividad de pintar se iniciara tempranamente y que continuara en el tiempo hasta la llegada de los españoles sin que las estructuras estéticas cambiaran de manera drástica, lo cual hace muy difícil introducir distinciones entre una roca pintada con respecto a otra, que pueden corresponder a periodos muy distintos de poblamiento. Por esta razón, los estudios sobre pigmentos, el interés por generar dataciones, constituye uno de los aspectos más importantes del futuro de la investigación del arte rupestre en esta zona.

El objetivo principal de este trabajo era realizar ciertos análisis de laboratorio que hasta la actualidad el grupo de investigación colombiano GIPRI no había podido realizar, pues no tenía acceso a estos procedimientos. Estos análisis estaban dirigidos a responder preguntas sobre el tipo de roca escogida como yacimiento rupestre, la composición química de los pigmentos utilizados para las pinturas y la composición química de los diferentes materiales mineralógicos y biológicos sobre los dibujos rupestres. Esto con el fin de responder a preguntas sobre la escogencia y tratamiento de la materia prima de las pinturas y reconocimiento de factores de deterioro y alteraciones de las mismas debido a factores naturales.

Inicialmente se tomaron distintos tipos de muestras tanto de la pintura, sustrato y materiales agregados sobre las pinturas. Luego se realizaron análisis de laboratorio para encontrar la composición química de cada uno de ellos. De esta forma, acercarse a un entendimiento mayor de estos elementos y comparar los resultados con otros estudios realizados sobre estos mismos temas, tanto en Colombia como a nivel mundial, contando por supuesto con la bibliografía revisada hasta la actualidad.

Todos los procesos de la toma de muestras se llevaron a cabo teniendo en cuenta el código de ética de IFRAO (Federación de Organizaciones Internacionales de Arte Rupestre) (Bednarik, 2007, p. 197) y las normas nacionales impartidas por el Instituto Colombiano de Arqueología, ICANH (Ver Anexo 1).

Este yacimiento ya se encontraba dentro del registro de arte rupestre de las zona que ha venido investigando GIPRI desde largos 38 años. Se contaba con un registro gráfico, fotográfico y bibliográfico que ha sido de gran ayuda para el desarrollo de este trabajo. Sin embargo, se decidió visitar de nuevo el sitio en tres ocasiones mas para actualizar dicha información. En la primera salida (registrado en el cuaderno de salida: 01/11/07) se realizaron fotografías digitales de pai-



saje de la zona, y fotografías de las rocas mas cercanas a la Piedra de La Cuadrícula para ser incluidas en la ficha de zona. La segunda salida (Cuaderno de Salida 02/01/08) se dedicó al registro fotográfico en formato digital del estado de conservación de la roca y a tomar la decisión de los posibles sitios donde podrían extraerse las muestras para los analisis de laboratorio. Para la tercera salida (Cuaderno de Salida 03/03/08) ya se contaba con el permiso del ICANH (Anexo 1.) para realizar la toma de las muestras, asi que ésta se dedicó exclusivamente a este proceso y a su registro fotográfico.

Los encargados de realizar esta labor fueron los integrantes de GIPRI que se encuentran en Colombia y que tienen gran experiencia en la labor de trabajo de campo y registro documental del arte rupestre colombiano. Para las tres salidas, se tuvo la oportunidad de realizar un acompañamiento constante, gracias a las facilidades de las comunicaciones via web. Con un computador portátil, una cámara web y comunicación directa por internet, se tuvo la posibilidad de dirigir todos los trabajos desde Portugal y Francia. De esta forma, se dieron las las instrucciones precisas de cómo tomar las muestras y cómo deberían ser almacenadas y enviadas a París para desarrollar los análisis respectivos en el Centro de Espectrometría Infrarroja del Departamento de Prehistoria del Museo de Historia Natural.

Todas las indicaciones dadas fueron siguiendo los protocolos de toma de muestras de sitios rupestres que indican extraer pequeñas muestras para no afectar el panel rupestre. Se tomaron 9 muestras de distintos materiales: Sustrato del yacimiento, pigmentos de las pinturas rupestres, materiales agregados como concreciones blanquecinas (monohidrocalcita), excrementos de pájaro, líquenes. Además se tomaron muestras de minerales ocre arcillosos que se encuentran en la base de la roca, que se catalogaron como posible materia prima para fabricar los pigmentos de las pinturas.

Con todos estos materiales se realizaron los análisis y el trabajo metodológico se dividió en tres partes:

- *Análisis de Espectrometría Infrarroja:* Para identificar los componentes mineralógicos y orgánicos de las nueve muestras recogidas y así caracterizar los pigmentos y concreciones del yacimiento Piedra de La Cuadrícula. Las muestras



extraídas no fueron mas de 2 cm²; se utilizaron guantes de cirugía para evitar el contacto directo con los materiales recogidos y una cureta metálica para la extracción de los mismos. Para su almacenamiento se utilizaron pequeñas hojas de papel aluminio, bolsas plásticas transparentes con cierre y fichas de registro de los datos importantes de las muestras, tales como: Código de la muestra, tipo de muestra y observaciones importantes sobre el momento mismo de realizar la labor de extracción.

Los conocimientos teóricos y prácticos acerca de este tipo de análisis fueron recibidos en el Curso QP18 *Spectroscopie Infrarouge en el Centre de Spectroscopie Infrarouge*, Muséum National d'Histoire Naturelle, en enero de 2008, coordinado por el Profesor Francois Fröhlich, en el marco de la Maestría Cuaternario y Prehistoria, y en el Centro mismo de Espectroscopia, donde se pudieron realizar personalmente los análisis, con la colaboración nuevamente del Profesor Fröhlich y el equipo de investigación que trabaja allí.

-*Análisis Cualitativo Color vs. Temperatura*: Para observar el cambio del color en función a la temperatura de la muestra de ocre recogido en el sitio. Este análisis fue el último en realizarse, surgió luego de analizar los resultados por espectrometría IR de las muestras de pigmentos y encontrar que muy posiblemente la materia prima utilizada para obtenerlos debió ser previamente calentada, con procesos semejantes a los que se utilizan para la cocción de la cerámica, y de esta forma obtener tonalidades distintas de color rojo. Desafortunadamente, este procedimiento solo pudo registrarse de manera cualitativa, pues no se contaba con un pirómetro para medir los cambios de la temperatura aplicada a la muestra en función del tiempo.

- *Documentación detallada del Arte Rupestre*: Para registrar el yacimiento completo. Esta documentación sigue los parámetros del Modelo Metodológico de Registro utilizado en el grupo de investigación GIPRI, Colombia. Este modelo se ha ido refinando en distintas etapas de la investigación (1970, 1985, 1993, 1996, 1998, 2002, 2004). En el proceso de realización de este trabajo de maestría, se realizaron los últimos ajustes, teniendo en cuenta los nuevos aportes recibidos en el desarrollo mismo de los estudios realizados en Arqueología en este tiempo. Ahora se tienen en cuenta, con mayor detalle, aspectos geológicos y paleo-



ecológicos que pueden brindar información sobre procesos relacionados con los grupos que habitaron la zona de estudio y que posiblemente fueron los autores del arte rupestre existente. También se cree conveniente detallar algunos aspectos en la ficha de conservación sobre clima y geografía derivados de las últimas conversaciones personales con el investigador Francois Soleilhavoup, quién siempre ha sido una referencia importante para este aspecto en la investigación del equipo en Colombia. Finalmente, se abre un nuevo espacio de registro y documentación de las muestras recogidas para ser analizadas científicamente y los resultados obtenidos en este proceso.

3.1. Análisis de Espectrometría Infraroja

En el momento de realizar análisis físicos y/o químicos de un material es necesario pensar en el deterioro que se les puede ocasionar. En el caso de materiales arqueológicos, el extraer una muestra para ser analizada puede estar afectando la conservación misma del objeto. Esta situación es aun más severa para el caso de los análisis del material rupestre. Entonces es importante pensar que extraer una muestra de pintura, o sustrato puede estar ocasionando un deterioro al mural irreparable. Por lo tanto es necesario escoger métodos de análisis donde la cantidad de material necesario se mínima en el caso de que este sea destructivo.

3.1.1. Determinación estructural de la materia

Para determinar la estructura molecular de una sustancia es necesario realizar un aislamiento, separación o purificación de sus compuestos. Para ello normalmente se deben utilizar los métodos de Cristalización, Destilación, Sublimación, Extracción, Cromatografía, etc. Una vez aislada, se deben caracterizar tanto sus propiedades físicas (Propiedades organolépticas, Punto de fusión, Punto de congelación, Punto de ebullición, Densidad, Peso Molecular, etc.), como químicas (análisis elemental cualitativo y cuantitativo, determinación de acidez o basicidad, identificación de grupos funcionales, preparación de derivados, etc.). Luego de realizada dicha caracterización químico-física se deben comparar los resultados con tablas de datos o bibliografía especializada. Esta rutina de deter-



minación requiere de una gran cantidad de tiempo para llevarla a cabo, por esto, es que desde hace algunos años, se realiza la determinación estructural mediante técnicas espectroscópicas, que evitan incluso los pasos de la purificación y aislamiento del producto.

Considerando el desarrollo cronológico de las distintas técnicas espectroscópicas su primera función consiste en tratar de acortar el tiempo de la determinación estructural, posteriormente se han convertido en base de datos para la caracterización de los productos orgánicos e inorgánicos y finalmente se han convertido en el instrumento más rápido y preciso para la determinación estructural de cualquier sustancia.

3.1.2. Espectro Electromagnético.

A la distribución electromagnética del conjunto de ondas electromagnéticas se le denomina espectro electromagnético. Allí se diferencian tanto la energía, la

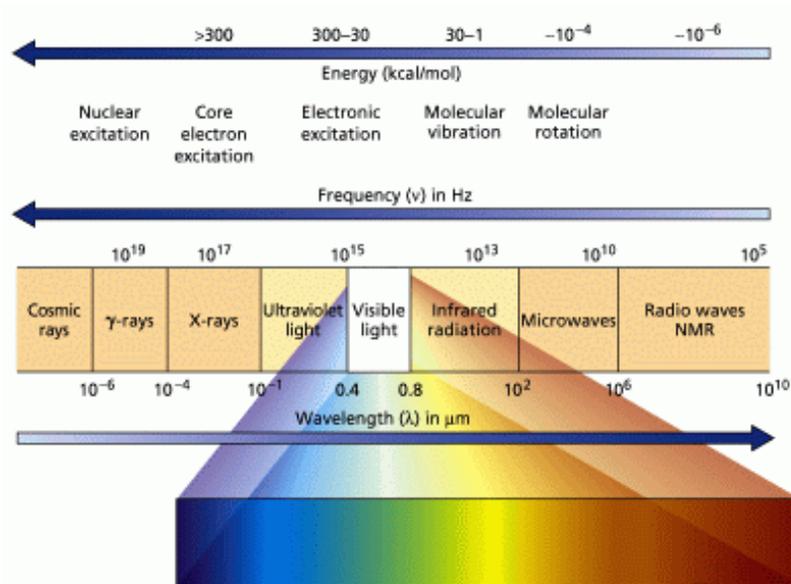


Figura 3.1. Diagrama del espectro electromagnético. Extraído de <http://www.ugr.es/~quiorred/espec/espec.htm>

longitud de onda, como la frecuencia de cada una de estas radiaciones. Cuando una sustancia interactúa con una radiación electromagnética, emite una radiación, o la absorbe, dependiendo de si emite o absorbe la energía transmitida por dicha radiación, que sirve para identificar la sustancia como si fuera una huella dactilar o firma espectral, como se le denomina científicamente.

Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios, que además



permiten realizar medidas de la longitud de onda o de la frecuencia de la radiación. Sus longitudes de onda van desde las más bajas, como son los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio (Fig. 3.1).

Toda radiación viene caracterizada por una longitud de onda (λ), una frecuencia (ν) y una energía (E), siendo la relación existente entre ellas:

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Como se puede observar, en el diagrama y en la ecuación la relación existen-

TABLA 3.1. Efectos en la materia producidos por distintos tipos de radiación

Tipo de Radiación	Efectos producidos en la Materia
<i>Rayos X y Cósmicos</i>	Ionizaciones de las moléculas
<i>Luz UV y Visible</i>	Transiciones electrónicas entre los orbitales atómicos y moleculares
<i>Infrarrojo</i>	Deformación de los enlaces químicos
<i>Microondas</i>	Rotaciones de los enlaces químicos
<i>Radiofrecuencias</i>	Transiciones de espín electrónico o nuclear en los átomos de la molécula.

te entre la longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν) es inversa, es decir, a mayor (λ), menor (ν). La materia cuando es sometida a una determinada radiación, se ve afectada por la energía de dicha radiación. En la siguiente tabla, por ejemplo, se pueden observar los efectos inmediatos de cada una de las radiaciones que componen el espectro electromagnético sobre la materia (Andrews, 1999 p. 399).

Cuando la radiación incide sobre una sustancia no toda ella se ve afectada por la misma radiación, y para cada radiación espectroscópica el átomo o conjunto de átomos que absorben dicha radiación será distinto dentro de una misma molécula. De igual forma, en las moléculas existen átomos o grupos de átomos que no absorben radiación, pero hacen que se modifique alguna de las características de la absorción (Tabla 3.1).



TABLA 3.2. Información obtenida por diferentes técnicas de espectroscopia

TÉCNICA ESPECTROSCÓPICA	INFORMACIÓN OBTENIDA
Rayos X	Estructura total de la molécula.
Ultravioleta-Visible	Existencia de conjunto de átomos afectados por la radiación.
Infrarrojo	Grupos funcionales a partir de las absorciones observadas.

Dichos efectos se pueden utilizar sobre las sustancias para obtener información sobre la estructura de la materia y se han desarrollado técnicas espectroscópicas para algunos de ellos. En la **Tabla 3.2** se indican, de forma esquemática, las características más importantes de algunos de los métodos espectroscópicos.

La cuestión de qué técnica utilizar o en qué orden, si se requieren de varias, para lograr la completa determinación estructural de una sustancia dependerá en gran medida de los objetivos perseguidos, y obviamente de los laboratorios con que se cuente para desarrollar los análisis.

En general, una determinación estructural de la materia significa reconocer la disposición espacial de los átomos que la forman, y en general, se caracterizan de la siguiente forma:

- **Composición:** átomos presentes y su proporción en la molécula, lo que se traduce en la obtención de una fórmula molecular.
- **Constitución:** Uniones existentes entre los átomos, lo que se traduce en la determinación de los grupos funcionales y subestructuras presentes en la misma.
- **Configuración:** disposición espacial de los átomos en la molécula.
- **Conformación:** disposición espacial de la molécula que surge debido a la posibilidad de rotación o giro de los enlaces simples en la misma.

Para el análisis de las muestras de roca, pigmentos y materiales agregados sobre las pinturas del yacimiento en estudio se utilizó la Espectroscopia Infrarroja. Es un método que proporciona información sobre un compuesto, ya sea para



identificarlo, o para investigar su composición. Así que se convirtió en el paso inicial y fundamental para responder a la pregunta si es posible realizar una datación de los materiales presentes o asociados a las pinturas rupestres de la roca de La Cuadrícula, pues sin reconocer la composición de las muestras no era posible determinar si existían componentes aptos para ser datados.

En el departamento de Prehistoria del Instituto de Paleontología Humana cuentan con este laboratorio, dirigido por el Profesor François Frohlich. Allí se contó con su colaboración, junto con la de todo su equipo humano y tecnológico, para desarrollar el análisis de las muestras.

3.1.3. Descripción del Método de Espectroscopía Infrarroja (IR)

La información sobre las bases y principios de la espectroscopia IR, los métodos de análisis y la preparación de las muestras se han elaborado con la colaboración e información obtenida en el curso *Marqueurs minéralogiques: Matières premières et paléoenvironnements*, dirigido por el Profesor François Fröhlich, en el Centre de Spectroscopie Infrarouge del Département de Préhistoire du Musée National d'Histoire Naturelle (París), y de los textos de Farmer (1974) y Fröhlich & Gendron-Badou (2002), principalmente. Los análisis y curso se han llevado a cabo durante el periodo de movilidad de la Maestría (enero-abril, 2008). Las actividades realizadas en este centro fueron dirigidas y supervisadas por François Fröhlich, junto con la colaboración de su equipo de investigación.

3.1.3.1 Historia

En 1800, William Herschel descubre la existencia de los rayos infrarrojos (IR); utilizó algunos termómetros y un prisma para producir un espectro al exponerlo a los rayos del Sol. Encontró que los rayos rojos no sólo producían un efecto de calentamiento, sino que además este fenómeno persistía en esa región y su intensidad aumentaba. Esta radiación de calor, cumplía con las mismas leyes de reflexión y refracción de la luz visible (Marel van der H. y Beutelspacher, 1976, p. 20). Esta región espectral se caracteriza por bandas anchas, de baja intensidad y que se solapan entre ellas; esto hizo que su utilización no pudiera realizarse inmediatamente. (Alcalá, 2006, p. 14). Sólo hasta 1881 que Abney y Festing documentaron y publicaron los primeros espectros IR de 52 componentes. Lue-



go en 1892 se encontró que el tipo de átomos y la forma de sus agrupamientos en la molécula determinaban su carácter de absorción de energía. A principios del siglo XX (1905-1910) se presentó la primera colección de espectros IR, principalmente de moléculas orgánicas, realizado por Coblenz y publicado por el Instituto Carnegie de Washington. En 1944 se publicó la colección de Barnes que contenía 363 espectros de Cloruro de Sodio (NaCl) y 2701 espectros de referencia. Pero solo hasta 1950, el Instituto American Petroleum, Pittsburg publica la primera colección mas grande constituida por miles de espectros, donde se asignaban, por primera vez, las bandas de distintos grupos funcionales. A partir de ese momento surgen numerosas publicaciones que describen diversas determinaciones cuantitativas en la región IR. Su utilización empezó a normalizarse con la aparición de los primeros equipos capaces de registrar espectros en dicha región (Marel van der H. y Beutelspacher, 1976, p. 21).

Para esta época la utilidad que existía de la espectrometría IR estaba dedicada al análisis de composiciones orgánicas y muy poco a las inorgánicas, tales como: la bioquímica, la cosmética, productos de uso diario, comidas, industrias de petróleo, farmacéutica, textiles, etc. La necesidad de espectros IR de componentes minerales era pequeña, solo existía una demanda industrial. Esto se debe a que, las bandas de absorción características son más bien limitadas y estrechas porque las moléculas no pueden vibrar libremente en un cristal. Solo hasta 1952, cuando Stimson y Schiedt desarrollaron una técnica para los análisis, en donde la muestra inorgánica es comprimida a pastillas transparentes (discos de Bromuro de Potasio KBr), la investigación aumentó. Luego en los años 70 se dio un incremento del uso de arcillas y minerales con fines prácticos relacionados a: cerámicas, ingeniería civil, catálisis, decolorizadores, aislantes, geología, agricultura, etc. lo que llevó al uso de este método al análisis de estos materiales, con mayor vigor.

3.1.3.2. *Conceptos Básicos*

Como se dijo anteriormente, la espectroscopía en general, está basada en la interacción entre la materia, en cualquiera de sus estados (líquido, sólido o gaseoso) y una onda electromagnética. Para el caso de la espectroscopía IR, también llamada espectroscopía molecular o espectroscopía vibracional, son los rayos infrarrojos los que interactúan con la materia. Se sitúan a unas longitudes de



onda más elevadas que las de la luz visible, y por tanto su frecuencia es más débil (Ver **Figura 3.1**).

La radiación IR tiene una longitud de onda (λ) que está comprendida entre los 800 y los 400000 nm (equivalente a 0.8 y 400 μm , $1 \mu = 10^{-6} \text{ m}$), debido a su gran amplitud se suele dividir en tres zonas:

Próximo	10000 - 4000 cm^{-1}
Medio	4000 - 625 cm^{-1}
Lejano	400 - 250 cm^{-1}

El IR medio es el que normalmente se utiliza experimentalmente en la determinación estructural, correspondiendo a la zona comprendida entre 4000 y 625 cm^{-1} . Por otro lado, por consideraciones de tipo histórico, la unidad más usada en la espectroscopia IR, no es la longitud de onda (λ), sino el número de onda ($\nu = 1/\lambda \text{ cm}^{-1}$).

Los átomos de las moléculas están sujetos a un movimiento vibratorio permanente, incluso a temperaturas muy bajas (-273°C). Los enlaces que existen entre los átomos son los responsables de estos movimientos a los que se les denomina modos de vibración. Cada uno de estos modos de vibración tiene una frecuencia propia, que caracteriza la composición molecular del material a la que se encuentran asociados. Los rayos IR actúan con frecuencias del mismo orden que los modos de vibración de la materia, por lo que pueden interactuar entre sí. Así que al interactuar un rayo infrarrojo con la materia, se produce una absorción de energía y se da un estado de excitación del grupo molecular con el que interactúa y por ende, una deformación de los enlaces de la sustancia. Dicha energía tiene un carácter cuántico, es decir, un fotón IR incidente emite la energía que absorbe la materia, cuando dicha energía, y su correspondiente frecuencia, sean iguales a uno de los modos de vibración del sistema atómico que se estudia. (Ver **Ecu-**



Figura 2. Modos de vibración. a) Modos de vibración de valencia (ν). b) Modos de vibración de deformación (δ) dentro del plano. c) Modos de vibración de deformación (δ) fuera del plano. Extraído de <http://www.ugr.es/~quiorred/espec/ir.htm>



ción 1).

Existen dos modos de vibración: las vibraciones de elongación o de valencia (ν), y las vibraciones de deformación (δ). Las vibraciones de elongación se producen dentro del eje de enlace de dos átomos y son simétricas o asimétricas. Las vibraciones de deformación se producen dentro o fuera del plano de los enlaces atómicos y afectan los ángulos de vibración natural, y se conocen como balanceo, tijera, cabeceo y torsión. Cada uno de estos tipos de vibración tienen asociada una frecuencia característica (**Fig. 3.2.**).

En una molécula con n átomos deben aparecer $3n-6$ bandas de elongación y deformación ($3n-5$ cuando la molécula es lineal); de todas ellas, solo darán una banda observable en el IR aquellas vibraciones que produzcan un cambio en el momento bipolar (las vibraciones simétricas no aparecen en el IR, pero se podrían observar con otro tipo de espectroscopia como la Espectroscopía Raman) (Steele, 1999 p. 1066).

3.1.3.3. Preparación de Muestras

Si se quiere medir una muestra, es decir, reconocer su composición estructural, es necesario que un rayo de luz IR atraviese la muestra. Luego se registra la cantidad de energía absorbida en cada longitud de onda. Esto se logra al escanear el espectro, ya sea con un rayo monocromático, el cual cambia de longitud de onda a través del tiempo, o usando una transformada de Fourier para medir todas las longitudes de onda a la vez. Este último es el método más utilizado, pues una transformada de Fourier es el procesamiento de una señal al descomponerla en sus diferentes frecuencias. A partir de esto, se traza el espectro de transmitancia o absorción, que muestra a cuales longitudes de onda el material absorbe el IR, permitiendo la interpretación de cuales enlaces están presentes en la sustancia.

La espectroscopia IR permite analizar sustancias gaseosas, líquidas y sólidas, solo que para cada una de ellas se necesita una preparación diferente de la muestra. Para el caso de las gaseosas, es poca la preparación, solo la purificación de la muestra y debe usarse una celda de muestra con una longitud de 5-10 cm. Las líquidas se deben poner entre dos placas de una sal de alta pureza, Cloruro



de Sodio ($2\text{Na} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl}$), aunque también se utilizan otras sales como: Bromuro de Potasio (KBr) o Fluoruro de Calcio (). Las placas son transparentes a la luz infrarroja y no introducirán líneas en el espectro, debido a que los rayos IR no interactúan con moléculas mono-elementales como H_2 , O_2 , Cl_2 , o con halogenuros (sales): NaCl , KBr , KCl . Siendo el bromuro de potasio (KBr) el más utilizado para la preparación de muestras. El caso de muestras sólidas será explicado con mayor detalle.

3.1.3.4. Método de la Pastilla de Bromuro de Potasio (KBr)

Como su nombre lo indica, en este método la muestra se prepara en una solución sólida de KBr en forma de pastilla prensada y se pueden realizar tanto análisis cualitativos, como cuantitativos. El KBr sirve de medio transparente para que la muestra esté en disolución sólida, y como es un halogenuro, el espectroscopio no lo detecta. El uso del KBr se ha estandarizado porque su índice de refracción es muy estable a cada frecuencia, pues este parámetro es determinante a la hora de encontrar el coeficiente de transmitancia o absorción de la muestra.

La preparación de dicha pastilla se realiza bajo un protocolo riguroso que se describirá a continuación (Spragg, 1999, p. 1060). $\text{HF} + \text{Anión} \text{F}^- \rightarrow \text{Ión Carga} -$



Figura 3.3. Pasos iniciales en la preparación de las muestras. a) Extracción, b) Codificación y Almacenamiento

a. Extracción, Codificación y Almacenamiento de la muestra

Para preparar una pastilla se necesita un mínimo de 2,5 mg de muestra (**Fig 3.3a**). En el caso de los pigmentos extraídos en las muestras 3 y 7 la cantidad fue menor, así que no fue posible realizar análisis cuantitativos, solo los cualitativos. Para el resto de muestras si se realizaron análisis cuantitativos. Cada una de las muestras es registrada en el laboratorio con un código consecutivo y colocada en recipientes de vidrio debidamente cerrados y marcados (**Fig. 3.3b**).



b. Triturado y Molido de la Muestra



Figura 3.4. a) Triturado manual de la muestra. b) Proceso para homogenizar y disminuir el tamaño de los granos de la muestra. c) Cilindro y vibrador de imán.

Para realizar análisis cuantitativos es necesario que las muestras estén pulverizadas y los granos homogéneos, con un tamaño inferior a $2,0 \mu\text{m}$. Por lo tanto, la muestra se debe triturar manualmente con un mortero de ágata (**Fig. 3.4a.**). En la mayoría de los casos, es necesario un segundo proceso para homogenizar y disminuir el tamaño de los granos de la muestra (**Fig. 3.4b.**). Para ello, se introduce, con la ayuda de una espátula metálica, una pequeña cantidad de la muestra, anteriormente triturada, en un cilindro de ágata. Junto con 3 perlas de ágata del mismo tamaño y $\frac{1}{3}$ de volumen de acetona pura. Se cierra la tapa del cilindro y se sujeta a un agitador o vibrador de imán (**Fig. 3.4c.**).

El vibrador junto con la muestra se lleva a un refrigerador a 4°C de temperatura por 30 minutos aproximadamente. Este tiempo puede variar dependiendo de la dureza del material. Las vibraciones, junto con el movimiento de las perlas, pulverizan la muestra. La suspensión de acetona sirve como medio de agitación, que al irse evaporando, ayuda a secar rápidamente la

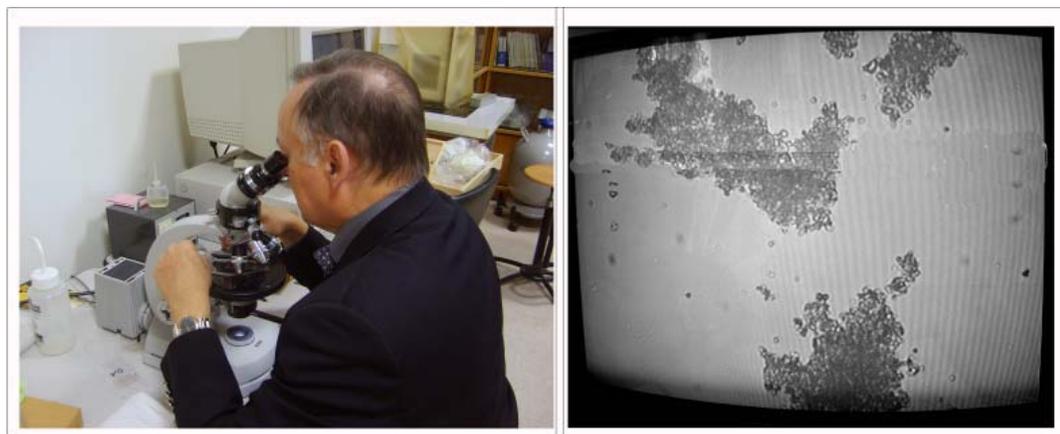


Figura 3.5. Comprobación del tamaño de los granos de la muestra, inferior a $2,0 \mu\text{m}$. a) Microscopio óptico de luz transmitida. b) Vista de los granos en una pantalla de computador.



muestra. Los 4°C de temperatura evitan que la energía térmica aumente internamente y se puedan provocar modificaciones mineralógicas.

Pasados los 30 minutos, se extrae el vibrador del refrigerador y se comprueba que los granos de la muestra sean inferiores al tamaño establecido de 2,0 μm . Para ello, se toma una cantidad pequeña de muestra con una espátula, que se deposita sobre un porta-muestras. Después de la evaporación total de la acetona se observan los granos bajo un microscopio óptico de luz transmitida (**Fig. 3.5a. y b.**).

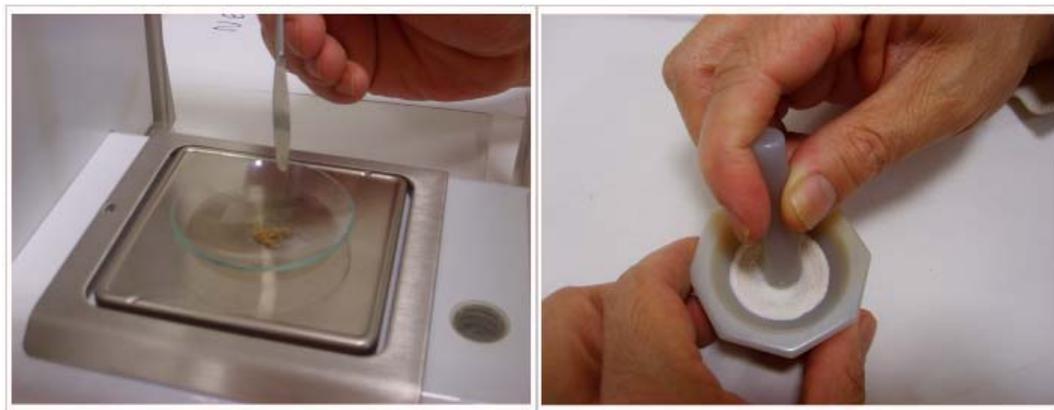


Figura 3.6. Preparación de la pastilla. a) Balanza de precisión para pesar los 2,5 mg de la muestra pulverizada. b) Homogenización de la muestra con el KBr.

Si los granos de la muestra continúan superando los 2,0 μm de diámetro y los granos no son homogéneos, se introduce nuevamente el cilindro de ágata durante un tiempo más, con el vibrador, en el frigorífico. Si están bien triturados, se ponen, junto con la acetona y las perlas, en un platillo de vidrio y se espera a que la acetona se evapore. Para acelerar el proceso, se puede utilizar una estufa a menos de 100° C de temperatura. Luego se extrae la muestra raspándola con una espátula.

c. Preparación de la pastilla

Se pesan 2,5 mg de la muestra pulverizada con una balanza de precisión $\pm 0,01\text{mg}$ y se añade Bromuro de potasio (KBr) hasta obtener una mezcla de 1000 mg, de esta forma, se obtiene una concentración de muestra al 0,25% (**Fig. 3.6a**). Como el KBr es altamente soluble en agua, los agentes de lavado y limpieza deben ser completamente anhídridos (sin agua). Por ello, es necesario contar con papel secante (Papel Joseph) a la mano todo el tiempo.



Luego, se homogeniza la mezcla manualmente en un mortero de ágata durante 5 minutos, así, se evitan efectos de dispersión de los cristales grandes (**Fig. 3.6b**). Paso seguido, se pesan 300 mg de la mezcla para preparar una pastilla. El resto se guarda para la preparación de dos pastillas más si fuera necesario.

d. Prensado de la pastilla

Esta mezcla de 300 mg se comprime en una prensa de troquel mecánica para formar una pastilla traslúcida a través de la cual pueda pasar el rayo



Figura 3.7. Prensado de la Pastilla. a) Elementos que componen el molde para pastillas. b) Introducción de la mezcla en el molde. c) Ajuste y sellado de la mezcla dentro del molde d) Prensa mecánica con el molde conectado al compresor. e) Manómetro que muestra la presión de 11 ton/cm².

del espectrómetro. Para realizar este procedimiento la mezcla se introduce dentro de un molde para pastillas (**Fig. 3.7 a, b, c**). Este molde consta de un cilindro metálico, que dentro de su interior queda comprimida y sellada la mezcla por el peso de un pistón altamente pulido que a su vez pule la mezcla. El molde tiene una salida de aire que va conectada a un compresor que hace vacío para evitar la formación de burbujas en la pastilla (**Fig. 3.7 d**). Luego, el molde se encaja en la prensa de troquel, y se bombea manualmente para obtener una presión de 11 toneladas/cm² que se deja constante por 90 segundos (**Fig. 3.7 e**).



Figura 3.8. Proceso de desmonte de la pastilla.

Posteriormente, se abre la válvula lentamente para que la presión disminuya, se extrae el conducto de la salida del aire, se da vuelta al molde y se coloca nuevamente en el centro de la prensa. Entonces se pone un cilindro transparente en el centro del molde, se ajusta a la prensa y se bombea para que la pastilla salga (**Fig. 3.8**).

La pastilla que se obtiene es de 0,75 mg de masa, en un diámetro de 13 mm. y espesor de 0,80 mm. que cumplen con el estándar para realizar los análisis cuantitativos. Como las pastillas y muestras preparadas con KBr deben mantenerse completamente secas se ponen dentro de una estufa a una temperatura estable de 50°C.



Figura 3.9. Proceso de secado de las pastillas para su posterior análisis en el espectrómetro IR a una temperatura de 110°C.

e. Análisis de las pastillas de KBr con el espectrómetro IR

El análisis de las pastillas se realizó con el espectrómetro IR Bruker 22 MIR-DTGS. XPM. La gama espectral del aparato es de 4000 cm^{-1} a 370 cm^{-1} con una resolución de 2 cm^{-1} . Deben efectuarse dos análisis para cada pastilla. La primera, cuando sale de la prensa, la segunda, luego de permanecer por 48 horas en una estufa a 110°C aproximadamente. Este proceso se realiza para asegurar la eliminación de la humedad en la pastilla, pues las moléculas de agua ocultan algunas bandas de energía (**Fig. 3.9**).



Figura 3.10. a) Espectrómetro IR. b) Pastilla y Rayo IR. c) Software de análisis.

Para cualquiera de los dos análisis, se debe calibrar inicialmente el espectrómetro, realizando una medición sin muestra, con el fin de eliminar cualquier interacción entre los rayos IR y las moléculas del aire (H_2O , CO_2 , etc.). Al mismo tiempo, se establecen los parámetros de análisis, tales como los rangos de frecuencias que se van a visualizar. Luego se introduce la pastilla en el porta-muestras del espectrómetro y el haz de rayos IR pasa por el centro durante 15 segundos aproximadamente. La información se obtiene computarizada utilizando el software O.P.U.S. que visualiza los resultados de los análisis y brinda la información necesaria para caracterizar las muestras (Fig. 3.10).

3.1.3.5. Análisis cuantitativos

La preparación de las pastillas tiene como objetivo poder realizar algunos cálculos acerca de la concentración de las muestras, que se rigen por la ley denominada de *Absorción o de Lambert-Beer*. Así, tener estandarizados algunos valores para poder encontrar la información necesaria. Es por esto que el proceso de la preparación de las pastillas de KBr debe cumplir con la totalidad del protocolo, para tener un control de algunas de las variables que están en juego, en especial con el diámetro, longitud y masa de la pastilla.

La ley de Lambert-Beer establece una relación entre la concentración c de un constituyente y la cantidad de energía absorbida, después de atravesar la muestra. Inicialmente, esta ley se formuló y demostró con fluidos que contenían mezclas de diferentes compuestos, pero también es aplicable en soluciones sólidas (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002).

Si se considera el bloque de la figura 3.11 como si fuera un material absorbente (sólido, líquido o gaseoso) y un haz paralelo de potencia P_0 que choca

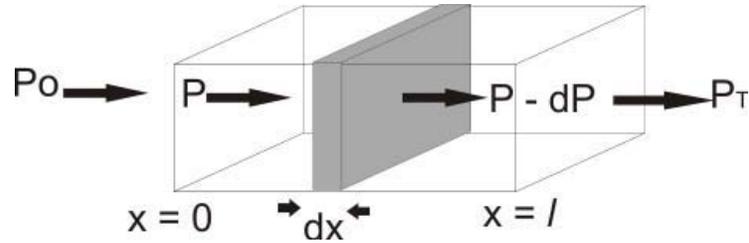


Figura 3.11. Variables involucradas en la ley de Lambert-Beer

contra el bloque de manera perpendicular a la superficie, y después atraviesa una longitud l del material, su potencia disminuirá hasta un valor P_T como resultado de la absorción. Si se considera que es un espesor infinitesimal dx , entonces existirá un descenso en la potencia dP . Entonces este descenso será proporcional al espesor l y a la concentración c de la muestra:

(2)

Integrando al lado izquierdo de la ecuación un intervalo comprendido entre $P = P_0$ y $P = P_T$, e integrando al lado derecho un intervalo comprendido entre $X=0$ y $X=l$, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 - \int_{P=P_0}^{P=P_T} \frac{dP}{P} &= \alpha c \int_{x=0}^{x=l} dx = \alpha c l \\
 - \ln \left(\frac{P_0}{P_T} \right) &= \alpha c l \\
 - \ln \left(\frac{P_T}{P_0} \right) &= \alpha c l
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 \ln \frac{1}{T} &= \alpha c l \\
 T &= e^{-\alpha c l} \\
 T &= 10^{-\alpha c l}
 \end{aligned}$$

$$\boxed{A = -\log T = \frac{P_0}{P} = \alpha c l}
 \tag{4}$$

Donde:

A es la absorción ($A = \alpha c l$)

T es la transmitancia o transmisión de energía transmitida $\left(T = \frac{P_0}{P} \% \right)$



P_0 es la potencia radiante o intensidad de radiación inicial

P_T es la potencia final

l es el camino óptico de la radiación

c es la concentración

α es el coeficiente de extinción (constante propia de cada banda de absorción)

Los resultados de los análisis de la espectroscopía IR se presentan en forma gráfica (Fig. 3.12.). Allí se observa la medida de la transmitancia T_0 de la Absorción A , que es la variación de la potencia radiante P_0 intensidad de los rayos IR (expresada en %) en función de la frecuencia ν o número de onda (expresada en cm^{-1}).

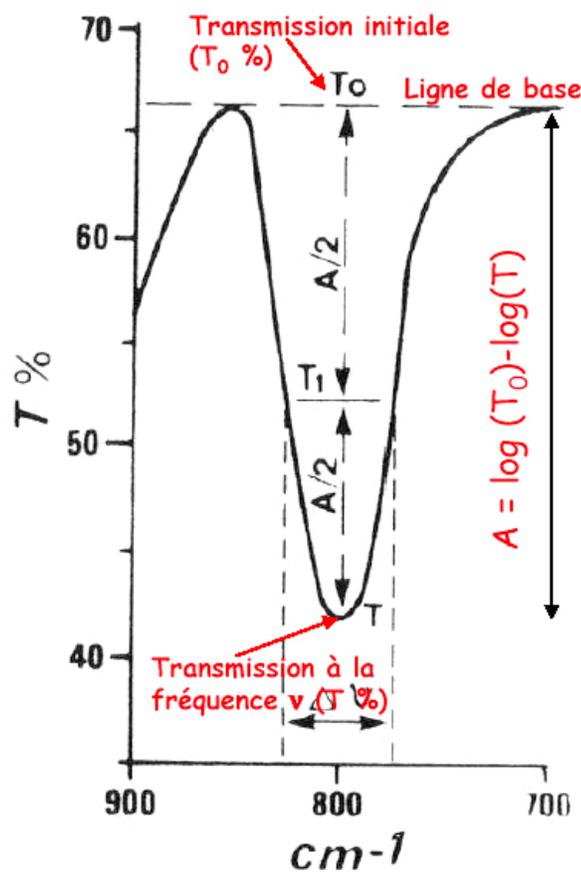


Figura 3.12. Gráfica que representa las relaciones de transmitancia o absorción de rayos IR. (Obtenida de Frhöllich, 2008)

Como se puede observar en la Figura 3.12, el espectro de una sustancia muestra depresiones que representan la mínima transmitancia T , que a su vez corresponden a las bandas de absorción más altas; la profundidad de la banda representa la intensidad de la absorción. Por esto se puede encontrar la relación:

$$A = (\log T_0) - (\log T) \quad (5)$$



Por otra parte, la absorción A está en función del espesor l de la pastilla y del número de grupos funcionales de la misma naturaleza que interactúan, y por lo tanto de la masa m (constante) del cuerpo analizado.

Retomando la ley de Lambert-Beer se obtiene:

$$A = -\log T = \frac{P_0}{P} = \alpha cl$$

$$A = \alpha cl = (\log T_0) - (\log T) \Rightarrow \text{Absorción}$$

(6)

$$c = \frac{A}{\alpha l} \Rightarrow \text{Concentración}$$

$$\alpha l = \text{constante} \quad \begin{array}{l} m = 0,75 \text{ mg} = \text{constante} \\ l = 0,80 \text{ mm} = \text{constante} \end{array}$$

De esta forma, se obtendrían datos cuantitativos de Absorción y Concentración de la muestra. Cuando se usan valores de transmitancia en forma de porcentaje, es fácil relacionar e interpretar los números. Por ejemplo, 50% de transmitancia significa que la mitad de la luz IR es transmitida y la otra mitad absorbida, mientras que un 75% de transmitancia significa que tres cuartos de la luz se transmitieron y un cuarto fue absorbido (Stuart, 2004 p.57).

Para el valor de la absorbancia de una solución que tiene un porcentaje determinado de transmitancia, se utiliza la ley de Lambert-Beer y se obtendrá:

$$\text{Si } T = 100\% \quad A = -\log\left(\frac{100}{100}\right) = 0$$

$$\text{Si } T = 50\% \Rightarrow \quad A = -\log\left(\frac{50}{100}\right) = 0,303$$

$$\text{Si } T = 10\%; \Rightarrow \quad A = -\log\left(\frac{10}{100}\right) = 1,0$$

$$\text{Si } T = 0\%; \Rightarrow \quad A = -\log\left(\frac{0}{100}\right) = \infty$$

Entonces, si la Absorción es de 1,0 el 90% de luz está siendo absorbida, y por lo tanto, no tendrá mucha radiación con la cual trabajar.



3.1.3.6. Análisis cualitativos

Una vez que se ha realizado y registrado el espectro IR, el siguiente paso de esta técnica experimental es la interpretación de los resultados. Un espectro infrarrojo permite establecer una correspondencia entre las frecuencias de las bandas de absorción y los parámetros moleculares (masa de átomos implicada en la vibración, el tipo y ángulos de los enlaces y los modos de vibración). La gran facilidad de caracterización de la espectroscopia infrarroja reside, en primer lugar, en que se ponen en evidencia agrupaciones moleculares que presentan una secuencia de bandas de absorción características en un ámbito de frecuencias preciso. La espectroscopia infrarroja da así acceso a un inventario de los constituyentes del cuerpo analizado (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002 p. 665).

Para un análisis preliminar de un espectro, las dos regiones más importantes son las que corresponden a las bandas 4000-1300 y 900-650 cm^{-1} . El segmento de altas frecuencias del espectro se denomina la región de los *grupos funcionales*. La ausencia de absorción en estos rangos para algunos grupos funcionales se puede utilizar generalmente como una evidencia de la ausencia de tales grupos en la molécula estudiada. Aunque se debe ser cuidadoso en las interpretaciones puesto que ciertas características estructurales pueden encubrir otras y llegar incluso a ser inadvertidas.

La porción intermedia del espectro, 1300-900 cm^{-1} , se conoce como la región de la "huella digital" (fingerprint). El patrón de absorción en esta región es con frecuencia complejo, pues son bandas originadas por modos de vibración que actúan recíprocamente. Esta porción del espectro es extremadamente valiosa cuando se analiza en referencia a las otras regiones. La absorción en esta región intermedia es probablemente única para cada especie molecular.

El análisis de cualquier banda en particular se debe confirmar, en lo posible, por la observación de las otras bandas del espectro. Los compuestos similares pueden dar espectros virtualmente idénticos bajo condiciones normales, pero las diferencias de la huella digital se pueden detectar con una escala vertical ampliada. Por ejemplo, todos los cuerpos químicos que contendrán agua bajo todas sus formas darán una banda de valencia O-H intensa hacia 3400 cm^{-1} y una banda de deformación H-O-H, menos intensa, hacia 1 650 cm^{-1} (Stuart, 2004. p. 49)

Para el caso específico de las muestras analizadas, como en su gran mayoría



se realizaron para saber su composición mineralógica, se presentarán algunos grupos funcionales que se hace preciso reconocer para el estudio de las mismas.

En primer lugar, es necesario decir que, para determinar minerales en espectroscopia IR se hace a partir de la familia química. Las bandas de grupo indican, como se dijo anteriormente, el grupo funcional al que pertenecen y las bandas específicas ayudan a definir la especie mineral.

Para el caso de los espectros de mezclas de minerales es necesario saber que están compuestos por la suma de los espectros de todos los constituyentes. Pero en la práctica solo los constituyentes que tienen mayor importancia son los que se detectan. La caracterización de una especie mineral solo es posible si aparecen

TABLA 3.3. Bandas de absorción de algunos Grupos Funcionales. (Adaptada de Gómez, 2007 p. 104)

Familia Química	Grupo funcional	Compuesto	Bandas del grupo Cm^{-1}	Bandas específicas (cm^{-1})
Silicatos	$[\text{SiO}_4]^{4-}$	Cuarzo	1095-1085(MF), 1170 (F), 798 (MF), 779 (F), 696 (F), 512, 478, 460 (MF), 436	696
		Sílice amorfa	1084 (MF), 800 (F)	800
Aluminosilicatos	$[\text{Al}_2\text{SiO}_5]$ $[\text{SiO}_2]$	Caolinita	3694, 3621, 1100, 1030, 1008, 913, 800, 694, 539, 471, 431	3694
		Montmorillonita (Esmectites)	3642*, 3624, 3420 (H ₂ O), 1115-1090, 1038-1026, 915, 878, 845-835, 796-790, 623, 522, 467	3624
		Feldespatos	594-650 (Albitas), 578-625 (anortitas)	
Carbonatos	$[\text{CO}_3]^{2-}$	Calcita	1780-1790, 1160, 1432-1438 (MF), 878 (F), 845, 713-712 (M) 315 (F)	712 (M)
		Dolomita	1810, 1620 (H ₂ O), 1437 (MF), 879 (F), 797-778, 693, 552, 509, 460 350 (F)	729 (M)
		Aragonita	1476 (MF), 851 (F)	712 (M), 700 (F)
Óxidos	Fe_2O_3	Hematites	551 (MF), 540 (F), 470 (F), 463, 425, 390 (F), 345 (F)	551
Hidróxidos	$\text{FeO} \cdot [\text{OH}]$	Goethita-Limonita	3140-3100 (M), 900-800 (F), 798 (Q M), 630 (M),	3125, 405
Sulfatos	$[\text{SO}_4]^{2-}$	Yeso	1150 (MF), 1120 (MF), 673 (M), 461, 428, 605 (M)	3560 (MF), 3420 (MF), 1685 (D), 1620 (F)
		Anhidrita	1160 (F), 1130 (M), 676 (F) y 616 (M)	579 (F)
Fosfatos	$[\text{PO}_4]^{3-}$	Apatito	1050 (MF), 1085 (M), 605 (M) y 580 (M)	
Nitratos	$[\text{NO}_3]^{1-}$		384 (v3), 728 (v4)*	
Intensidad de las bandas de absorción: Muy Fuerte (MF), Fuerte (F), Media (M), Débil (D)				



una o más bandas específicas. Es muy común que distintos constituyentes compartan una misma banda o que se solapen. Por ejemplo, la banda de grupo 460-470 cm^{-1} corresponde a varios minerales: cuarzo, caolinita, montmorillonita, dolomita y hematita.

Para determinar las especies minerales se utilizan las bandas de grupo y siempre es necesario que estén marcadas las bandas específicas. La frecuencia de las bandas varía dentro de un rango y muchas veces hacen que las determinaciones se compliquen. A continuación se describen algunas familias químicas importantes y se muestran en la **Tabla 3.3** algunos grupos funcionales asociados a las bandas de número de onda que se presentan en el análisis de espectroscopia IR.

a. Silicatos El Tetraedro $[\text{SiO}_4]$

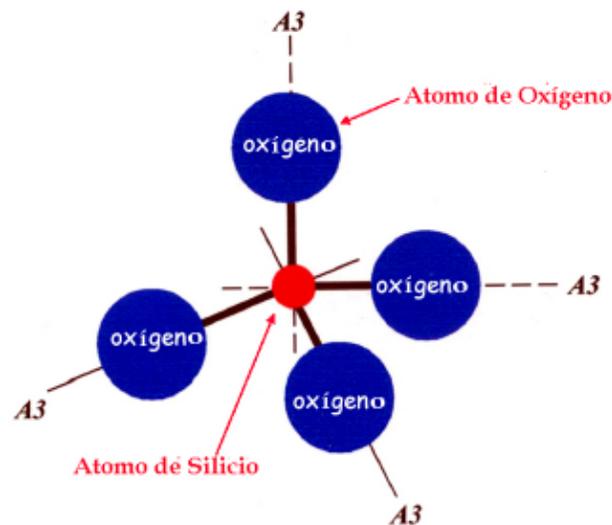


Figura 3.13. El Tetraedro $[\text{SiO}_4]$. Grupo molecular elemental del Silice y los Silicatos. (Obtenida de Frhöllich, 2008)

Está constituido en torno a un grupo molecular de 5 átomos. Para otros enlaces, se establecen por la segunda valencia libre del oxígeno (**Fig. 3.13**). Los silicatos en general son un grupo muy extenso y con espectros muy complejos, por lo que en algunos casos la descripción es muy difícil. Ante la interacción con una onda IR, en todos los compuestos de silicatos, el tetraedro $[\text{SiO}_4]$ se comporta como un vibrador aislado que posee dos modos de vibración específicos: Una vibración de valencia (ν) que implica una oscilación del átomo de oxígeno en la dirección Si-O, (dentro del eje de enlace), que se encuentra asociada a una banda de absorción muy fuerte entre 1000 -



1100 cm^{-1} . Una vibración de deformación (δ), con una oscilación del átomo de oxígeno que implica una deformación en el ángulo Si-O-Si, asociada a una banda de absorción menos intensa que la primera, entre 430 – 480 cm^{-1} .

1. Cuarzo: Tectosilicato del grupo SiO_2 . Formado por moléculas de tetraedros $[\text{SiO}_4]$, aunque también presenta una estructura cristalina. Tiene una banda de absorción muy fuerte entre 1082-1084 cm^{-1} atribuida a una vibración de valencia (ν) (Fig. 3.14). Tiene en común la banda 798-800 cm^{-1} con el sílice amorfo, aunque también presenta bandas de absorción suplementarias. La más característica es su banda específica en torno a 696 cm^{-1} junto con otras características a 1170, 778, 693, 512, 460 y 436 cm^{-1} .

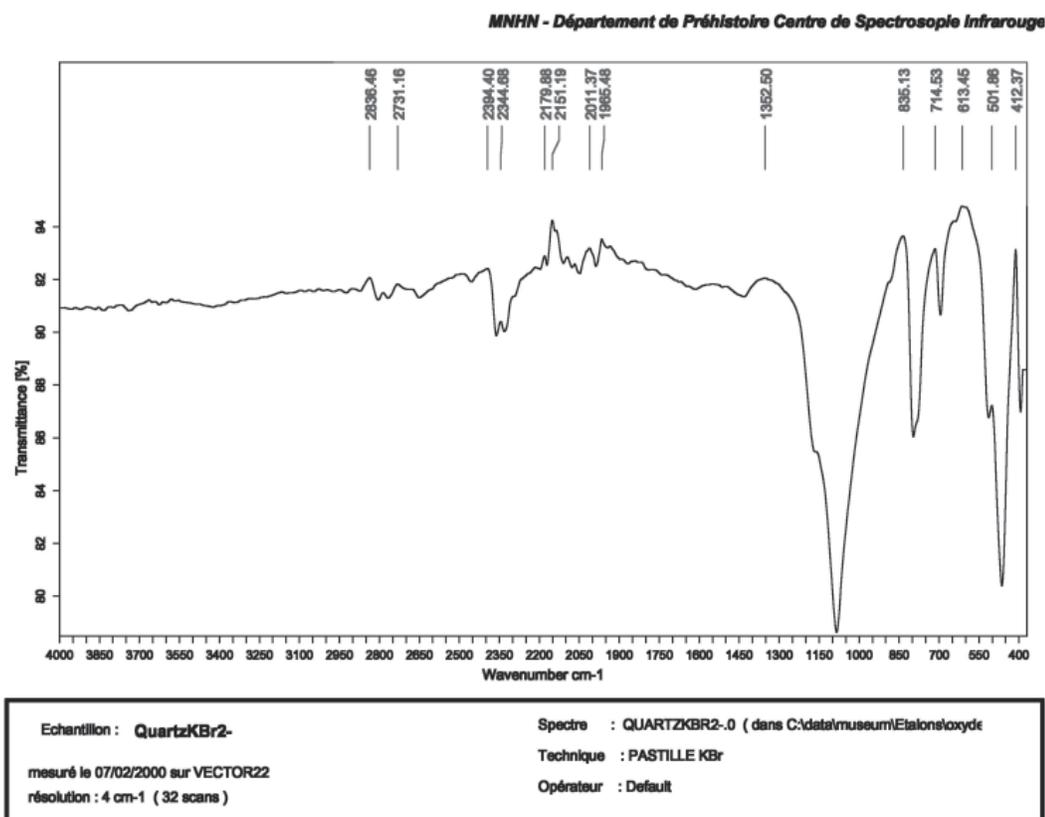


Figura 3.14. Espectro Infrarojo del Cuarzo que pertenece a la familia química de los Silicatos y grupo funcional $[\text{SiO}_4]$

2. Sílice amorfo: Es un cuerpo químico multifase. Su banda de grupo se sitúa entre 1100-1110 cm^{-1} . (ν). La combinación de diferentes moléculas de tetraedros $[\text{SiO}_4]$ dan lugar a enlaces entre ellas de tipo Si-O-Si (ν) pudién-



dose observar una intensidad de banda moderada situada entre las frecuencias 785-800 cm^{-1} (Fig. 3.15).

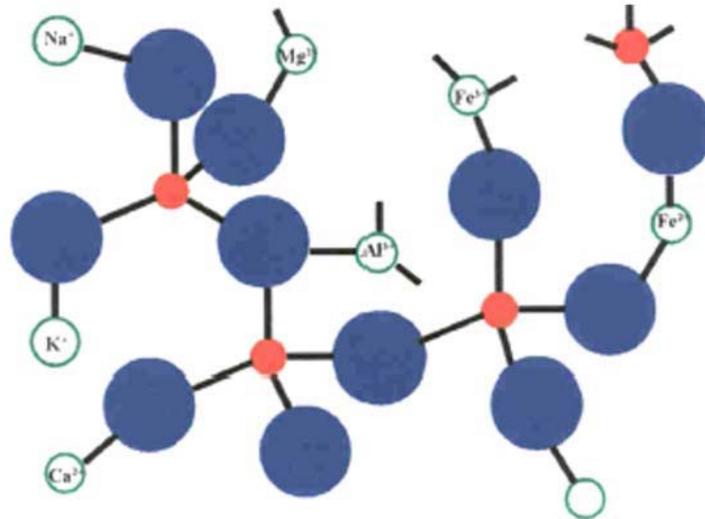


Figura 3.15. El tetraedro $[\text{SiO}_4]$ y la arquitectura de los Silicatos. (Obtenida de Fröhlich, 2008)

b. Aluminosilicatos (arcillas)

Son del grupo de los filosilicatos $[\text{Al}_2\text{SiO}_3][\text{SiO}_2]$. Presentan sistemáticamente un par de bandas de absorción bien definidas correspondientes a vibraciones de valencia ν de los enlaces catión-OH en la región 3500 - 3700 cm^{-1} (X-OH) y a vibraciones de deformación δ en 800- 920 cm^{-1} (X-OH).

Estas bandas son muy útiles para la identificación de la especie mineral, debido a que la frecuencia de absorción está muy influenciada por los cationes enlazados con los grupos hidroxilos (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002).

1. Caolinita $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$. Está formada por delgadas y pequeñas láminas de forma rómbica o de forma hexagonal, con una distancia entre ellas de 0,7 nm. Cada una de estas láminas se compone de más capas, una tetraédrica a su vez conformada por asociaciones de tetraedros $[\text{SiO}_4]$, y una capa octaédrica, formada por una asociación de octaedros; en su centro se encuentra un átomo de aluminio. Su banda específica de valencia está localizada en 3698 cm^{-1} y la banda específica de deformación en 912 cm^{-1} (Fröhlich & Gendron- Badou, 2002) (Fig.3.16).



MNHN - Département de Préhistoire Centre de Spectroscopie Infrarouge

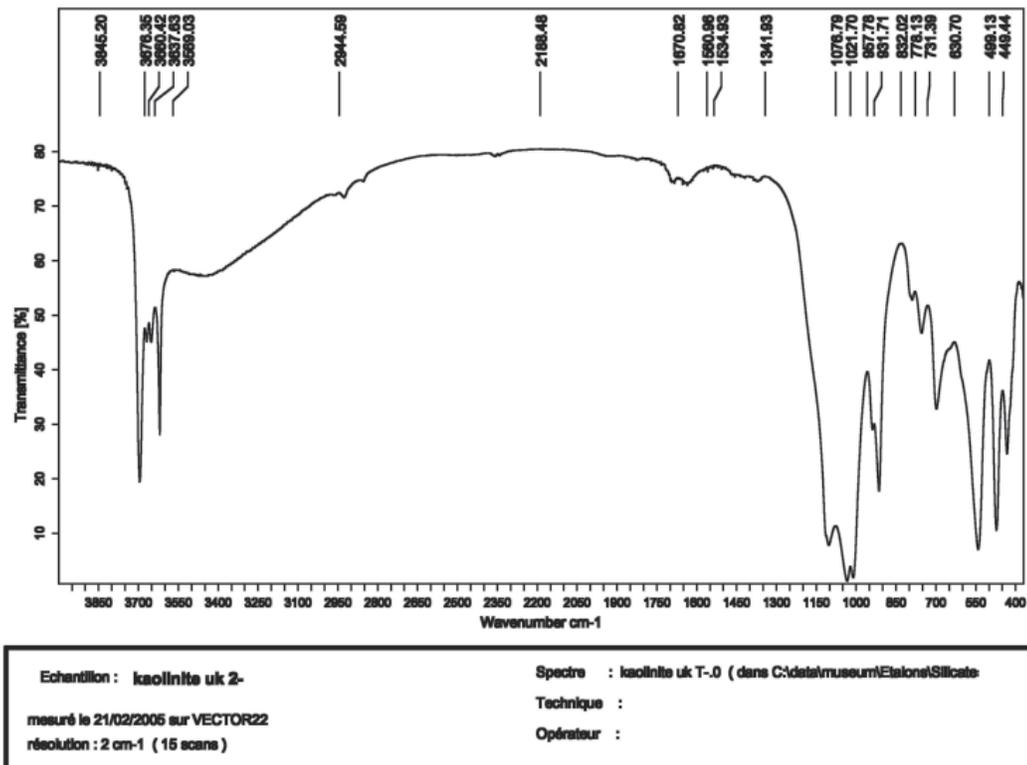


Figura 3.16. Espectro Infrarojo de la Caolinita que pertenece a la familia química de los Aluminosilicatos y grupo funcional $[Al_2SiO_3][SiO_2]$

2. Montmorillonita $[(Al, Mg)_2(OH)_2Si_4O_{10}(Ca^{2+}, Na^+)]nH_2O$. Pertenece al grupo de las esmectitas o arcillas hidratadas que se caracterizan por tener sus láminas dispuestas en tres capas. Una capa tetraédrica, una octaédrica y otra capa tetraédrica. La distancia entre las capas es de 1,5 nm pero puede variar en función de la cantidad de agua presente entre las láminas. La montmorillonita presenta bandas específicas asociadas al agua interfoliar a 3440 cm^{-1} para la vibración de valencia y a 1635 cm^{-1} para la vibración de deformación. Este es un de los materiales que ejemplifica la necesidad de poner la muestra, por un periodo de 48 horas, en una estufa a 110°C , de esta forma, se logra evaporar el agua interfoliar, y es posible observar en el espectro, la banda de absorción específica a 3620 cm^{-1} para la vibración de valencia. La banda específica de deformación es a 1034 cm^{-1} (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002).



3. Feldespatos: Su estructura consiste en una base de silicio (Si^{4+}) en la que una parte ha sido sustituida, isomórficamente, por aluminio. Al desequilibrarse las cargas se compensan con cationes metálicos (K^+ , Na^+ , Ca^{+2}).

Se dividen en la serie de los feldespatos potásicos (microclima, ortosa y sanidina) y las plagioclasas. Los minerales de las plagioclasas forman series de isomorfos desde la albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) a la anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) mediante sustituciones de Na y Si por Ca y Al; se identifican en los espectros a partir de bandas de absorción secundarias y poco marcadas. Alrededor de 594 y 650 cm^{-1} están las plagioclasas más cercanas a las albitas y las próximas a las anortitas están entre 578 y 625 cm^{-1} . No se pueden cuantificar, pues es muy difícil especificar el mineral exacto, aunque se puede identificar su presencia en el espectro a 580 cm^{-1} (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002).

c. Carbonatos

Son un grupo que están formados por cationes dobles o simples de Ca, Mg y Sr, entre los más abundantes. Los carbonatos son las sales del ácido carbónico o ésteres con el grupo R-O-C(=O)-O-R' . Las sales tienen en común el anión CO_3^{2-} y se derivan del hipotético ácido carbónico H_2CO_3 . Según el pH (la acidez de la disolución) están en equilibrio con el bicarbonato y el dióxido de carbono.

La mayoría de los carbonatos, aparte de los carbonatos de los metales alcalinos, son poco solubles en agua. Debido a esta característica son importantes en geoquímica y forman parte de muchos minerales y rocas. Se encuentran además en esqueletos de foraminíferos, algas, precipitados, etc.

El carbonato más abundante es el carbonato cálcico (CaCO_3) que se halla en diferentes formas como calcita, aragonita (una modificación formada a altas temperaturas) que se distinguen por su estructura cristalina. Sustituyendo una parte del calcio por magnesio se obtiene la dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Presentan 6 modos de vibración debidos al número de átomos ($3N$) y a los radicales libres del radical carbonato CO_3^{2-} . Estructuralmente se pueden dividir en tres grupos:



1. Grupo de la Calcita (CaCO_3): calcita (Ca), magnesita (Mg), smithsonita (Zn), siderita (Fe), rhodocrosita (Mn), octavita (Cd) y cobaltita (Co). Se identifica por sus bandas de grupo entre $1420\text{-}1438\text{ cm}^{-1}$ (ν_3) y a 876 cm^{-1} (ν_2), otra banda marcada a 846 cm^{-1} (ν_2), y su banda específica a 712 cm^{-1} (ν_4) (**Fig.3.17**).

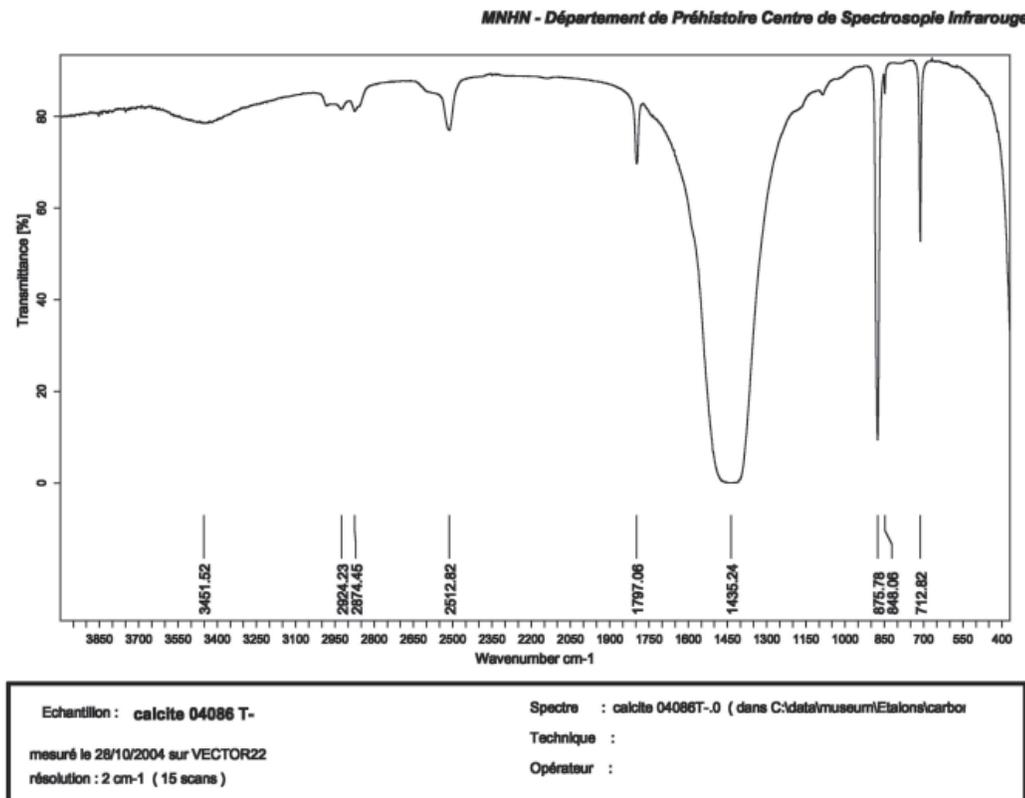


Figura 3.17. Espectro Infrarojo de la Calcita que pertenece a la familia química de los Carbonatos y grupo funcional $[\text{CO}_3]^{2-}$

2. Grupo de la Aragonita (CaCO_3): aragonita (Ca), strontianita (Sr), whiterita (Ba), cerusita (Pb). Tiene bandas de grupo a $1470\text{-}1476\text{ cm}^{-1}$ (ν_3) y $851\text{-}858\text{ cm}^{-1}$ (ν_2). Tiene una banda marcada a $842\text{-}844\text{ cm}^{-1}$ (ν_2) y sus bandas específicas están a 700 cm^{-1} (ν_4) y 712 cm^{-1} (ν_4).

3. Grupo de la Dolomita (MgCaCO_3): dolomita (Ca, Mg), ankerita (Ca, Fe), huntita (Sr). La dolomita (MgCaCO_3) tiene sus bandas de grupo entre $1430\text{-}1438\text{ cm}^{-1}$ (ν_3) y a $850\text{-}852\text{ cm}^{-1}$ (ν_2). Otra banda marcada es a $880\text{-}882\text{ cm}^{-1}$ (ν_2) y su banda específica es a 728 cm^{-1} (ν_4) (Fröhlich & Gendron-Badou, 2002).



d. Óxidos (Minerales de hierro)

Son un extenso grupo de compuestos binarios que resultan de la unión de un metal o no metal con el oxígeno. Se clasifican en óxidos básicos u óxidos metálicos y óxidos ácidos o no metálicos.

Hematita (Fe_2O_3): Es un mineral muy abundante en la naturaleza. La mayoría tienen un origen aluvial aunque también se puede hallar en magmas básicos. Está formada por deshidrataciones rápidas de ferrihidróxidos como la ferrihidrita y por *deshidratación de goethita*, limonita y lepidocrocita. También por la oxidación de la maghemita y calentamiento de la magnetita. Las principales variedades de este mineral son los *ocres rojos*, que son una mezcla de hematita y arcilla. En los espectros IR tiene muchas bandas en común con la goethita y la limonita. Sin embargo, a excepción de las bandas 463 cm^{-1} y 425 cm^{-1} las otras a veces no salen en la gráfica. La banda 463 cm^{-1} es común también al cuarzo y la 425 cm^{-1} . Las bandas de grupo son $463\text{--}470\text{ cm}^{-1}$, 390 cm^{-1} y 345 cm^{-1} . La banda específica está entre $540\text{--}551\text{ cm}^{-1}$ y es la que se utiliza para la cuantificación.

e. Hidróxidos (Minerales de Hierro)

Los hidróxidos son un grupo de compuestos químicos formados por un metal y uno o varios aniones hidroxilos, en lugar de oxígeno como sucede con los óxidos (**Fig. 3.18**). Resultan de la combinación de un óxido con el agua. Los hidróxidos también se conocen con el nombre de bases. Estos compuestos son sustancias que en solución producen iones hidroxilo.

Goethita (FeOOH) y Limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$): son hidróxidos de hierro. Ambas tienen un origen sedimentario y son el resultado de la meteorización de minerales de hierro y a la acción de agentes biológicos como las bacterias. Los espectros IR de la goethita y de la limonita son muy similares. Las bandas de grupo están entre $3100\text{--}3150\text{ cm}^{-1}$, $880\text{--}900\text{ cm}^{-1}$, y 428 cm^{-1} . Sus bandas específicas son 405 cm^{-1} y 3125 cm^{-1} , esta última es definitoria y es utilizada para cuantificar. Muchas muestras contienen cuarzo y corresponde a la banda 798 cm^{-1} .

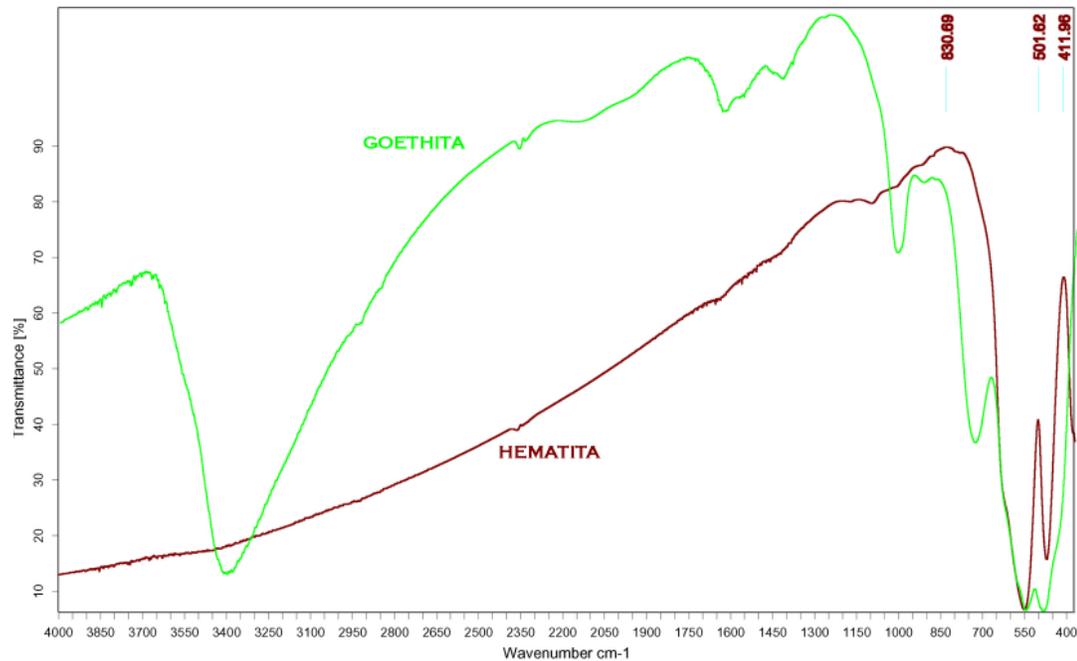


Figura 3.18. Gráfica de los espectros IR de la Goethita y Hematita donde se pueden observar las semejanzas y diferencias de sus bandas de absorción. (Obtenida de Frhöllich, 2008)

3.2. Análisis Cualitativo: Color vs. Temperatura

Dentro de la literatura sobre pigmentos utilizados para las pinturas rupestres, es común observar la referencia del uso del color rojo y de sus tonalidades en muchas regiones del mundo. A decir verdad, es el color más utilizado para realizar las pinturas, aunque también aparece el color negro, el amarillo, blanco, azul. Una respuesta inmediata al uso de este color puede ser la fácil consecución de la materia prima en los minerales arcillosos, que se encuentran en los sedimentos de los suelos.

Pero una pregunta importante es si esta materia prima es sometida a tratamientos para que pueda ser fijada a las paredes del yacimiento, si es mezclada con otro tipo de materiales, o expuesta a cambios de temperatura. Se sabe que en general eran mezcladas con agua o algunas grasas vegetales o animales para fijar y que eran calentadas para obtener distintas tonalidades del rojo. Como los resultados obtenidos de los análisis IR señalan que existe una pequeña cantidad de material orgánico dentro de los pigmentos, pero que es muy difícil de identificar y por consiguiente cuantificar, no es posible saber que tipo de mezclas podrían realizar. Pero los resultados sí mostraron un dato muy interesante que tiene



que ver con el cambio de características de la materia prima al ser sometida a calentamiento. El aumento de la temperatura hace que el color vire hacia otras tonalidades más intensas que el naranja-rojizo que tienen usualmente los minerales arcillosos en su estado natural. Este cambio de color también puede ser observado en la confección de la cerámica, pues la materia prima es la misma y es necesario un aumento de temperatura para obtener el objeto final. Esta última situación colaboró en el análisis de los resultados de la espectrometría IR pues el centro de investigación donde se realizaron, tiene gran experiencia en el análisis de componentes mineralógicos y sus cambios en la cerámica. Así que se pudo detectar que la materia prima analizada había sido calentada aproximadamente a unos 600°C para obtener el color del pigmento utilizado en las pinturas del yacimiento estudiado (Conversación con el Profesor F. Fröhlich).

Por esta razón, se realizó una pequeña experiencia para constatar los cambios producidos en el aspecto y color de los materiales de ocre recogidos en el sitio de estudio y que se han identificado como posible materia prima para realizar los pigmentos de las pinturas rupestres de la Piedra de La Cuadrícula. El propósito fundamental de esta experiencia era comparar el color obtenido después del calentamiento con el color de las muestras de pigmentos recogidos del panel rupestre, simplemente un análisis cualitativo de la muestra.

La prueba consistió en exponer la muestra a una fuente de calor que pudiera recrear un horno bastante sencillo, pero eficiente para el objetivo planeado. Aunque la temperatura no fue controlada se calcula que, por las condiciones mismas de la práctica, podría llegar a alcanzar unos 300 a 400°C. La única variable realmente controlada fue el tiempo de cocción. Dicha fuente ha sido un hogar de leña, una estructura de combustión tipo horno, a partir de una alineación circular de piedras de pizarra previamente calentadas sobre una brasa de leña de árboles de eucalipto. Sobre éstas se dispusieron dos tipos de muestras, una consistía en un trozo del material y la otra, el material triturado. Luego se cubrieron con paja, hojarasca y troncos de eucalipto.

Esta actividad se llevó a cabo en la sección educativa del Instituto Terra e Memoria de Macão, Portugal con la colaboración del estudiante de Maestría Jedson Cerezer quien tiene experiencia en los procesos de elaboración de cerámica precolombina en Santa Catarina, Brasil.



El tiempo de exposición térmica fue de 2 horas y 45 minutos. (Fig. 3.19). Pasado este tiempo se sacaron las muestras del horno y se registró el color obtenido en el material ocre debido a la cocción. Se utilizó el código de colores de suelos de Cailleux. Finalmente, se compararon los colores de esta muestra con los colores de los pigmentos extraídos del panel pintado.



Figura 3.19. Secuencia del desarrollo de la prueba de calentamiento (Macão, 28/05/08). **a)** Estructura del hogar con lajas de pizarra sobre una brasa previamente caliente. **b)** Postura de la primera muestra del material sin triturar. **c)** Segunda muestra del mismo material, pero ahora triturada y macerada. **d)** Primera capa superpuesta de madera de eucalipto, hojarasca y paja. **e)** Segunda capa de lajas de piedra formando una pequeña cúpula de combustión. **f)** Estructura del horno completa. Inicio del fuego 17:4500h, final de experimento 20:30h.

3.3. Documentación Detallada del Arte Rupestre

Cada uno de los formatos utilizados corresponden al proyecto de documentación de arte rupestre, al sistema de archivo y registro de datos que GIPRI ha venido desarrollando continuamente (1970-2006).

La descripción se realiza con el *formato de yacimiento*, que incluye fichas de localización, levantamiento general del yacimiento, levantamiento fotográfico y gráfico de las caras con arte rupestre, levantamiento fotográfico y gráfico de los motivos rupestres, características del yacimiento, bibliografía y registros y por último contextos y archivos.

Un segundo formato que corresponde a la *conservación del yacimiento*, que incluye las fichas de convenciones de los factores de alteración y deterioros y la



Figura 3.20. Fotografías mostrando los recorridos de los escurrimientos de agua sobre las pinturas rupestres del yacimiento Piedra de La Cuadrícula.

ficha de descripción gráfica de conservación del levantamiento general de la cara con motivos rupestres.

Un tercer formato que corresponde a la *ficha de prospección de zona*, donde se localizan algunos de los yacimientos encontrados en los alrededores de la roca estudiada.

Un cuarto formato que corresponde al *registro histórico del yacimiento*, donde se pretende reconstruir la historia de la documentación y de las interpretaciones de la Piedra de La Cuadrícula.

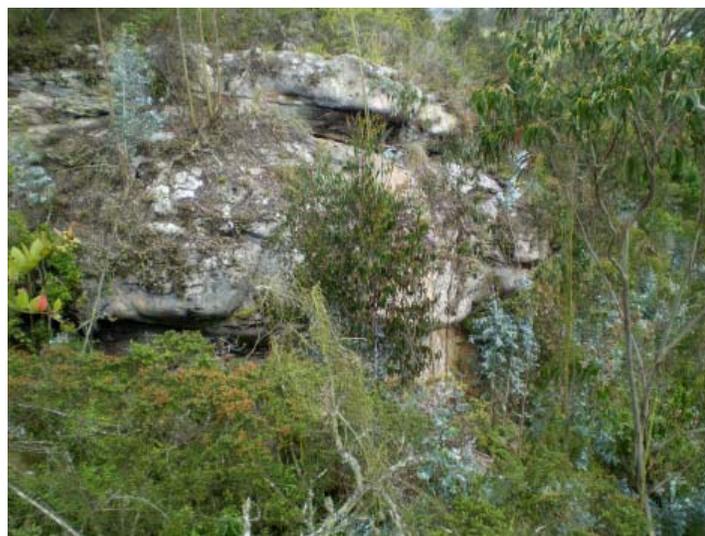


Figura 3.21. Vista de la Piedra de La Cuadrícula donde se observa su forma general y gran parte de su techo. Sobre ella existen árboles y gran cantidad de microflora. Al igual depresiones que son sitios propicios para que el agua lluvia se deposite.



Por último la ficha de *laboratorio digital fotográfico*, donde se pueden discriminar con algún detalle la dimensión de los elementos, la composición exacta, las cercanías a accidentes del sustrato, algunos elementos de alteración, entre otros.

A partir del proceso que se inicia con la propuesta de esta tesis de maestría, también se inician nuevas preocupaciones para organizar y sistematizar la toma de muestras que deberán hacerse en algunos de los yacimientos rupestres que se vienen estudiando. Para este propósito se ha diseñado una ficha provisional de *muestras de estudio* que podrá ampliarse y subdividirse dentro de los procesos de laboratorio de materiales, siempre en relación a los análisis que se realicen. Para esta etapa, la ficha registrará el tipo de muestra, tipo de análisis, objetivo de la muestra, sus características, y algunas observaciones que se consideren puedan ayudar a entender el sentido del proceso de estudio sobre la roca. Esta ficha contendrá además un espacio para incluir una fotografía del lugar exacto, con sus coordenadas, aspecto que constituye información importante para los posteriores trabajos y referencia para los investigadores futuros. Es necesario aclarar que para esta ocasión el propósito fundamental era extraer pequeños fragmentos del sustrato, de distintos pigmentos y concreciones del yacimiento y determinar su composición química. Es la primera vez que en GIPRI se desarrollan este tipo de análisis encaminados a estudios arqueométricos. El objetivo fundamental es implementar otras líneas de investigación frente a la conservación de los sitios, fabricación de pigmentos, y en un futuro buscar la posibilidad de realizar dataciones de las pinturas, si su composición química ofrece esta oportunidad.

4

RESULTADOS

4.1. Resultados de la Espectrometría IR

El Centro de Espectroscopía IR del departamento de Prehistoria del Museo Nacional de Historia Natural de París cuenta con un banco de gráficas patrón para realizar los análisis (**Tabla 4.1**). En relación a los materiales orgánicos, estos no fueron determinados pues no se contaban con los estándares para hacer su identificación precisa. Todos los análisis realizados, tanto cualitativos como cuantitativos, fueron asesorados por el Profesor Francois Frönlich, coordinador del Centro de Espectrometría Infrarroja.

TABLA 4.1. Patrones de la colección del Centre de Spectroscopie Infrarouge du Muséum National d’Histoire Naturelle de París (CSIRMNHN) y de publicaciones.

Colección/ Publicación	Patrón	Banda Absorción (cm ⁻¹)	Absorción Media
CSIR-MNHN	Hematite ref: 02319	551,593	1,0307
CSIR-MNHN	Goethita ref: 02320	3125,37	0,5057
CSIR-MNHN	Calcita ref: 01080T	712,568 875,524	0,2415 0,9869
CSIR-MNHN	Dolomita ref: 04091T	728,06	0,2371
CSIR-MNHN	Cuarzo KBR2	798,46 696,211	0,0389 0,0165
CSIR-MNHN	Caolinita UK T	3691,91	0,6018
CSIR-MNHN	Montmorillonite	3627,45	0,1904
Mina St. Pierre, Alsace, France	Monohidrocalcita ref: IR2753	3319 3232	

Los resultados de los Análisis se muestran en la **Tabla 4.2**. El análisis que se hace de los materiales permite encontrar los componentes (composicional), que se registra en porcentajes y estos son calculados con la Ley de Lambert-Beer.



TABLA 4.2. Resultados cualitativos y cuantitativos de las muestras analizadas por espectroscopia IR (método pastilla KBr).

No.	Material	Código	Carbonatos	Silicatos	Aluminosilicatos (Arcillas)	Hematites	Goetita	Fosfatos
			Calcita	Cuarzo	Caolinita			
1	Sustrato	5-08307		76%	6,5%		10%	
2	Ocre	1.2-08301		27%	35%		10%	
3	Pigmento + Pátina*	1-08303		✓	✓	✓		
4	Pigmento*	7-08309		✓	✓	✓		
5	Pigmento	2-08302		14%	20%		10%	
6	Líquén + Pigmento	3-08304		73%	✓	✓		
7	Concreción 1+ Pigmento	4-08305		✓	✓			
8	Concreción 1	4.1-08306	✓					
9	Concreción 2	6-08308						✓

* No existía suficiente material de la muestra para poder cuantificar los resultados

Aproximadamente deben sumar 100%, porcentaje que se interpreta como la cantidad de componentes que tiene la muestra de ciertos materiales, ya sean orgánicos o inorgánicos. A partir de los espectros, se ha identificado la presencia o ausencia de carbonatos (calcita y dolomita), silicatos (cuarzo), aluminosilicatos (caolinita y montmorillonita), óxidos e hidróxidos de hierro (hematites y goethita) y materiales orgánicos. En los resultados de los espectros normalmente, la suma del total de los porcentajes de las muestras nunca llega al 100% y se debe a que parte del total hace parte de bandas de sustancias como el CO₂ atmosférico, el H₂O del agua ambiental, materia orgánica, otros compuestos minerales presentes minoritarios o que no presentan absorción en IR y que no alcanzan a ser registrados dentro de las bandas de absorción que maneja la espectrometría.



Figura 4.1. Toma de la muestra del sustrato del yacimiento y un acercamiento para observar sus características físicas.

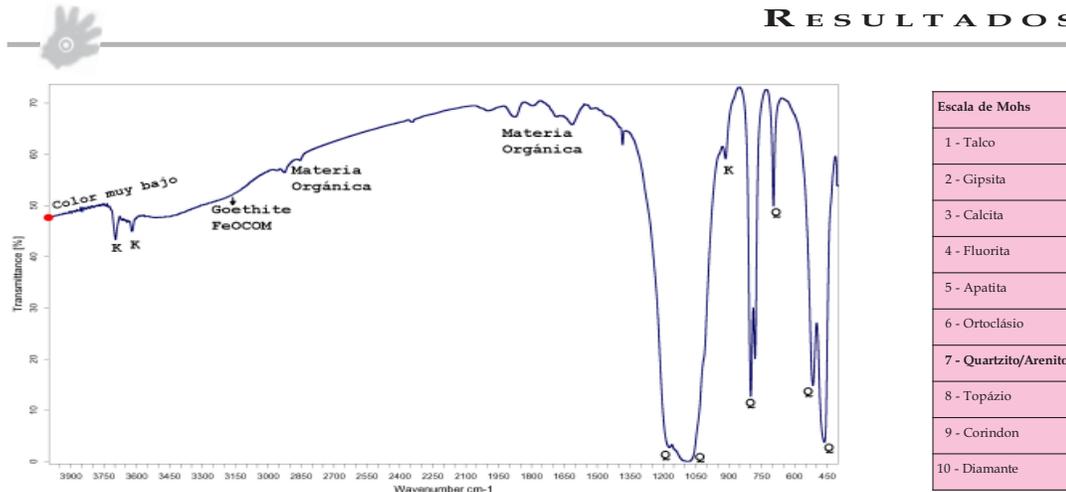


Figura 4.2. a. Diagrama del espectro IR para la muestra 1. Se observan las bandas de absorción correspondientes a los componentes más importantes del sustrato. b. Escala de Mohs para clasificación de dureza de los minerales y rocas.

4.1.1. Muestra 1: Sustrato del Yacimiento

Se tomó una pequeña muestra de la roca (Fig. 4.1), para poder caracterizarla. Con los análisis de espectrometría, se encontró que era una roca dura arenisca, rica en hierro, pues presenta un 10% de Goethita (FeOCOM), esto muestra su color amarillento, con un 76% de Cuarzo, y 6.5% de Kaolinita. Se observan además materiales orgánicos y H₂O (Fig. 4.2. a).

Con estos resultados se pudo clasificar el material como Arenisca, que corresponde aquellas rocas compuestas esencialmente por cuarzo, 76% para este caso. Generalmente las areniscas son rocas sedimentarias originadas del cúmulo y consolidación de sedimentos de gránulos de arena entre 0,02 a 2 mm. La composición cuarcítica les confiere una alta resistencia al desgaste abrasivo. Su dureza, según la escala de Mohs (fig 4.2. b) sería 7. Su color es *marrón claro* en el código de colores de Suelos de A. Cailleux, que corresponde al N67 o al 7,5 YR 6/4 del código de Munsell.

Estos resultados coinciden con la clasificación de rocas de la zona de estudio. Generalmente, son bloques areníticos de gran tamaño, que en ocasiones se denominan abrigos rocosos, por tener un techo con alar, todo el conjunto de rocas del sector fueron favorables para los grupos de cazadores recolectores que frecuentaron y vivieron en esta región. Desafortunadamente, los materiales arqueológicos que podían existir junto a este yacimiento han sido destruidos por efectos del vandalismo. Hace algunos años, fueron realizadas «búsquedas de tesoros», que comúnmente se conocen como «guaquería», abriendo grandes hue-



cos en la base de la roca y todo el piso se encuentra removido. No se conocen reportes si se encontraron evidencias de presencia humana. Esto también impide realizar alguna asociación directa de las pinturas rupestres con posibles materiales que debían allí existir.

4.1.2. Muestra 2: Materia Prima

Esta muestra consiste de material arcilloso rojizo encontrado al lado del yacimiento. En general, los minerales arcillosos son los componentes de la arcilla, es por esto que ella no es un mineral, sino un agregado de minerales. Se encuentra fácilmente en cualquier parte del mundo y es un constituyente de los sedimentos arcillosos debido a la meteorización de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se sabe que está compuesta principalmente por sílice, alúmina y agua; conteniendo también otras sustancias como fragmentos de rocas, *óxidos hidratados de hierro*, álcalis y materiales coloidales. Los constituyentes químicos esenciales de los minerales de la arcilla varían no sólo en su presencia, sino también en la cantidad y en el modo en que se combinan. Los minerales arcillosos más importantes se encuentran en el grupo de las *caolinitas* y de las *montmorillonitas*. Tiene propiedades físicas muy importantes pues la hacen útil en muchas situaciones. Por ejemplo, tiene una gran plasticidad, que le permite ser moldeada; es resistente a la compresión, tensión o cizallamiento; es retráctil, tanto en el secado, como mientras está en el horno; sus temperaturas de cocción y vitrificación son relativamente bajas; y presenta un color rojizo de calcinación, que se debe principalmente a los óxidos de hierro presentes. Si tiene una composición alta de cuarzo su plasticidad y retracción disminuyen, pero hace que se convierta en refractaria. Si por el contrario, presenta gran cantidad de sílice en forma coloidal (que posibilita la agregación de más material, como coágulos) aumenta su plasticidad. Para el caso de la alúmina (óxido de aluminio (Al_2O_3)) la hace refractaria. El óxido de hierro, al igual que el feldespato, disminuye la temperatura de fusión, y actúa como fundente y como un poderoso agente colorante. Un poco de óxido de hierro colorea intensamente la arcilla tostada. En esencia estos minerales hacen que la arcilla sea plástica cuando está húmeda y pétreo por la acción del fuego. Así puede ser moldeada en casi todas las formas, las cuales se



conservan después de ser sometidas a la acción del fuego (Foucault, 1985, p. 316).

Estos minerales arcillosos posiblemente fueron utilizados como materia prima para realizar las pinturas de la Piedra de La Cuadrícula. Se encuentran sobre toda la superficie del piso, enfrente de la cara con pinturas (Fig. 4.3). Es un ocre de arcillas ricas en óxidos de hierro, común de esta zona y aunque el suelo ha sido removido por “guaqueros”, como se explicó anteriormente, no es muy probable que este material, que se encuentra sobre la superficie del terreno, fuera traído de otro lugar, pues se encuentra con regularidad en la región. Su color fue identificado como rojo P40 del código de Cailleux con su equivalencia en el código de Munsell de 2,5 YR 5/8 (rojo).



Figura 4.3. Fotografía del ocre encontrado al lado del yacimiento de La Piedra de La Cuadrícula.

go de Munsell de 2,5 YR 5/8 (rojo).

Los resultados obtenidos en el análisis de espectrometría IR (Fig 4.4) muestran que su línea base de transmisión se encuentra cercana al 70% lo que confirma su color rojo, es decir, se encuentra cercano a la línea base del IR (60%), y por lo

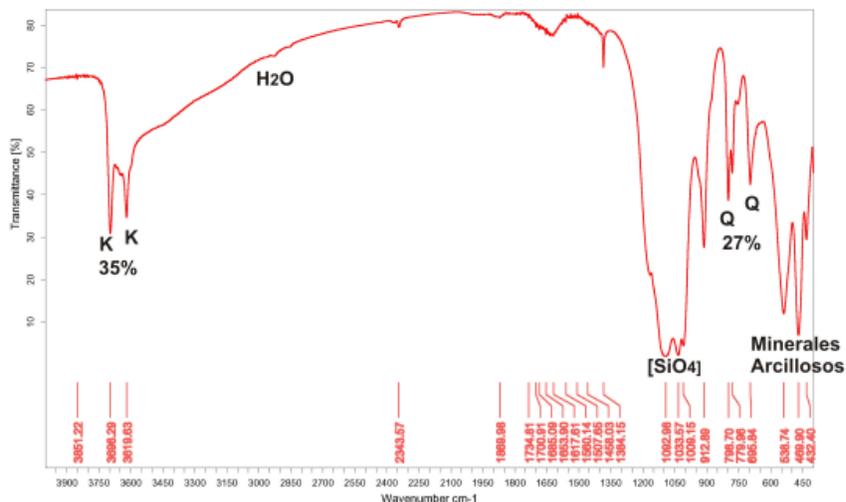


Figura 4.4. Diagrama del espectro IR de la supuesta materia prima utilizada para realizar los pigmentos de la pintura rupestre.



tanto con una baja energía de transmisión inicial. Contiene además un 35% de Caolinita, y un 27% de Cuarzita. Lo que puede llevar a concluir que es una mezcla de Caolinita y Cuarzo. Según el Profesor Fröhlich, es un típico mineral caolinítico. El resto de componentes no fueron cuantificados, pero se identificó H_2O interfoliar alrededor de la banda de 2950 cm^{-1} , que muestra la alta humedad de la muestra. También se identificó Sílice Amorfa [SiO_4], y en las últimas bandas de la gráfica, entre 600 y 430 cm^{-1} , se observa la presencia de óxidos ferrosos (hematites), que pueden ser interpretados como los causantes del color rojizo de la muestra. De igual forma, se identificaron bandas de absorción asociadas a materiales orgánicos, pero con una presencia muy baja. Estos pueden encontrarse en la muestra como parte de la contaminación por encontrarse al aire libre y en contacto con agua y microorganismos. Los materiales no cuantificados, junto con aquellos que no son posibles de identificar, pues no son observables dentro del rango de frecuencias que maneja el IR, completarían el 100% de los componentes.

Resumiendo estos resultados, reconociendo las características típicas de los minerales arcillosos y comparando con los estándares de análisis IR de los minerales que componen la muestra, se puede decir que posiblemente pudo ser utilizado como materia prima para los pigmentos de las pinturas rupestres de la Piedra de La Cuadrícula. Sus componentes mineralógicos, le dan las características generales que usualmente se encuentran en la materia prima reconocida como la utilizada para realizar pinturas de color rojo en muchas regiones del mundo (Tosello, 2005; Pepe, 1991; Santos, 2007; Lage, 1996; Letourneux, 1996; Lorblanchet, 1995; Menu, 1996; d'Enrrico, 2005; Gómez, 2007), la cantidad de cuarzo hace que sea refractaria, la presencia de sílice coloidal y agua le da características de plasticidad, y las hematites su color.

Un aspecto contundente para imaginar que pudo ser la materia prima de los pigmentos es que a temperaturas cercanas a los 550°C los minerales arcillosos ricos en Caolinita, como es el caso de esta muestra, pierden este componente, es destruido a esta temperatura, y solo quedan las trazas de la presencia de minerales arcillosos en las bandas de absorción típicas para este mineral (entre 3690 y 3620) en los análisis IR. Esto puede observarse en los resultados obtenidos para las muestras de pigmentos. Todo esto hace pensar que pudieron efectivamente



ser calentadas para obtener distintas tonalidades de rojo, frecuentemente encontradas en las pinturas rupestres de otras regiones del mundo.

4.1.3. Muestras 3, 4, 5 y 6: Pigmentos

Estas muestras fueron obtenidas de tres partes diferentes del yacimiento. Las dos primeras, las muestras 3 y 4, corresponden a un mismo sitio, codificado como Q6 en la ficha 3 de registro, ficha de *levantamiento por cara (fotografía)*. Es un fragmento de pintura muy pequeño, no mas de 2 cm de ancho por 0,5 cm de largo (fig. 4.5).

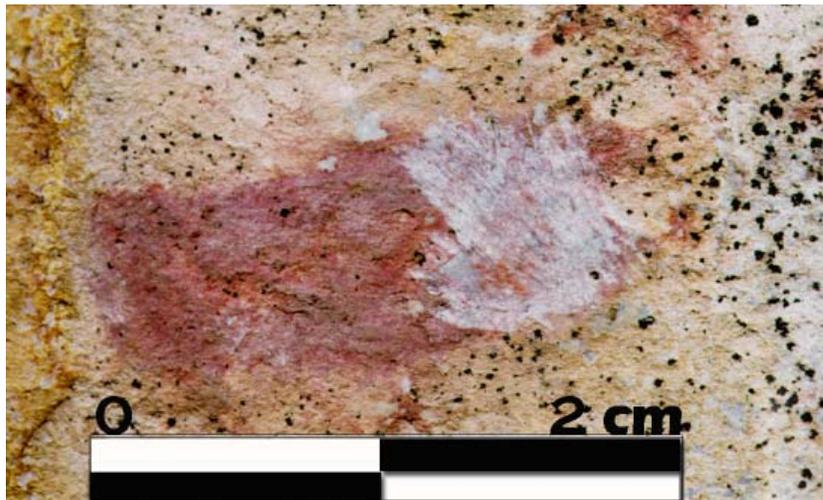


Figura 4.5. Fotografía del sitio Q6, donde se extrajeron las dos primeras muestras de pintura. Aquí se puede observar, que después de raspar y obtener los pigmentos, continúan existiendo pigmentos en la roca.

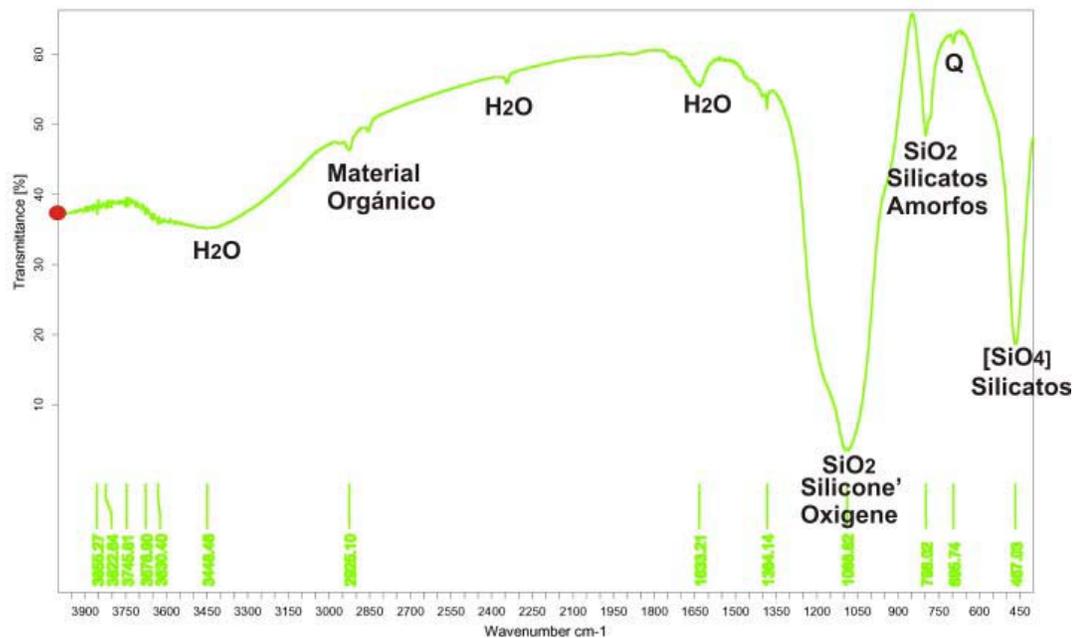


Figura 4.6. Gráfica de la espectrometría IR de la muestra 3, que corresponde a la primera capa de pigmentos. Como estaba cubierta por una especie de cemento transparente, fue muy difícil su remoción.



En el momento de recoger la muestra, se pudieron constatar ciertos detalles importantes con respecto a la constitución de la roca y de la pintura misma. Por ejemplo, esta pintura se encuentra justo en una zona donde existe un escurrimiento de agua, cada vez que llueve en el sitio. Esto ha hecho que se cree un cubrimiento transparente de gran dureza sobre la pintura que suele denominarse como pátina. Este material presenta gran cantidad de cuarzos que impidieron extraer la muestra de pintura con facilidad. De alguna manera se puede pensar que este «esmalte» evita el contacto de la pintura con los agentes externos del sitio. Podría imaginarse que se convierte como en un protector de la pintura, pues hace que ella se encuentre cada vez más dentro de la roca y que los continuos escurrimientos de agua no continúen afectándola. Por otro lado, esa alta humedad podría crear, con el paso del tiempo, concreciones como las que se presentan en otras partes del yacimiento que se han convertido en gravísimos deterioros del mismo.

En el momento de la toma de esta muestra, un fuerte viento ocasionó la pérdida de gran parte de ella, así que solo se obtuvieron 2,1 mg. Esta circunstancia afectó los parámetros exactos del protocolo para construir la pastilla de KBr, pues se necesitan mínimo 2,50 mg de muestra bruta. Así que el análisis realizado fue únicamente cualitativo, pues para el cuantitativo la cantidad no fue suficiente.

Al realizar este primer proceso, se pudo observar que la **muestra 3** no era únicamente de pigmentos de la pintura rupestre sino que iba a estar contaminada con los elementos mineralógicos de la pátina. Por esa razón, se tomó la muestra 4 del mismo lugar Q6, obteniendo ahora, con mayor factibilidad, únicamente el pigmento. Para esta muestra, solo se obtuvieron 1,0 mg, por lo cual, tampoco pudieron hacerse análisis cuantitativos.

Observando la gráfica de la **figura 4.6** se puede encontrar información muy valiosa para entender la composición de la primera muestra de pintura. Su línea base de transmitancia es bastante baja, aproximadamente 38%, esto muestra una energía baja lo que quiere decir que es un color rojo poco intenso con tendencia al amarillo. Según el código de munsell sería un rojo 5 YR 3/4 Cafe rojizo oscuro, equivalente al S49 del Código de Cailleux. En las primeras bandas de absorción se puede observar gran cantidad de agua que se asocia a los minerales arcillosos y no al hecho de que la pastilla de KBr no hubiera sido lo suficientemente seca,



pues esta gráfica corresponde precisamente a la pastilla después de estar en la estufa por más de 48 horas. Así que esta cantidad de agua solo puede estar asociada al material mismo, minerales arcillosos, lo mismo al agua que se puede registrar por las bandas de 2200 y 1633 cm^{-1} . Alrededor de la frecuencia de 2925 aparecen materiales orgánicos, que no fueron identificados. La banda en 1088 muestra la presencia de Silicona Oxigenada, asociada a la molécula de Sílica; esta banda aparece en todos los minerales de sílica. Luego una de las bandas asociadas a la presencia de Cuarzo en 798, aunque su transmitancia es baja, lo que quiere decir que no está del todo caracterizado el cuarzo y que se asocia más bien a Aluminosilicatos [SiO_2]. Esta característica queda enfatizada con la banda de 695 que muestra la presencia de Cuarzo, pero es también muy débil y debería aparecer en 780 (como fue el caso de la primera muestra que contiene un 27% de este mineral) para que solo la composición fuera de este mineral, como no es así, se puede concluir que existen Aluminosilicatos, ricos en sílice, justificado además, por la presencia de H_2O en otras bandas, que generalmente se asocia a estos componentes.

Con esta información se puede concluir que, en primer lugar, la muestra no es un producto primario o materia prima, que más bien es un producto que ha sufrido algunos cambios en sus componentes iniciales de Cuarzo y que ahora sean convertidos en Aluminosilicatos. Una forma muy usual de crear estos cambios en los minerales arcillosos es sometiendo a un aumento de temperatura moderada, alrededor de 500 a 600°C, como generalmente se hace con la cerámica. De esta forma, la presencia del Cuarzo se hace muy débil y cambia de frecuencia. En segundo lugar, la materia prima pudo ser una arcilla óxido ferroso, es decir, con presencia de goethita que al calentarse se convirtió en hematitas. Se sabe que con una pequeña cantidad de goethita calentada puede conseguirse fácilmente el cambio de color inicial a un rojo en el final. (Conversación personal con el Profesor Fröhlich). En tercer lugar, pueden existir otros componentes, como sulfatos, que no pueden ser observados dentro del rango de frecuencias que se pueden visualizar en estos análisis IR.

Por último, la posibilidad de datar estos pigmentos es casi nula. La cantidad de material orgánico en la muestra es muy poca y conseguir en ella una cantidad sufi-



ciente de carbón sería muy difícil. Este es siempre uno de los problemas mas frecuentes a la hora de realizar dataciones en pigmentos ocre, no existe el carbón necesario para utilizar la datación por Radiocarbono, que son aproximadamente 100 mg puros de este material.

Para la **figura 4.7**, que corresponde a la capa inferior de pigmento, **muestra 4**, del punto Q6, se encontró una tonalidad de rojo un poco mas intensa, pues su transmitancia base está por 58%. Como se dijo anteriormente, esta muestra tampoco pudo ser cuantificada pues se contaba unicamente con 1,0 mg. Los resultados obtenidos de los análisis cualitativos muestran que la composición de ésta es muy semejante a la anterior (**fig. 4.8**).

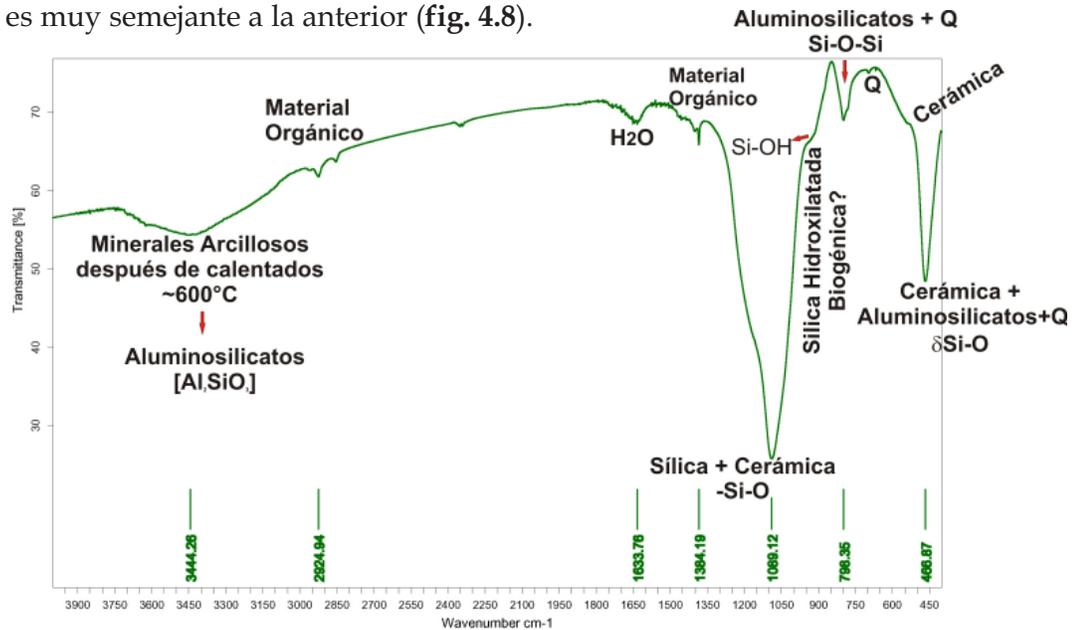


Figura 4.7. En esta gráfica se han detallado cada uno de los elementos asociados a las bandas de absorción de la muestra 4, que corresponde a los pigmentos encontrados en la posición Q6 en la capa interna.

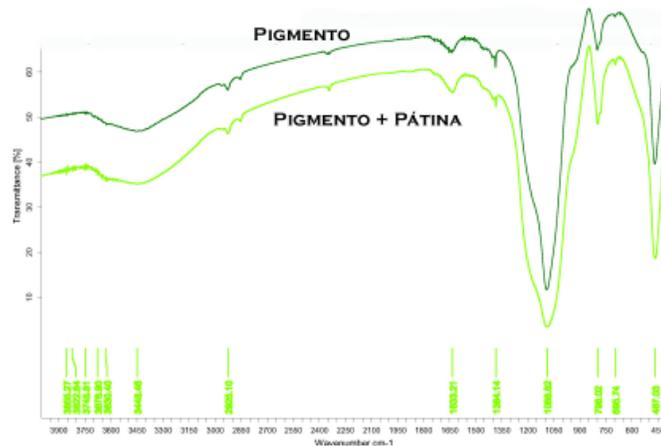


Figura 4.8. Gráficas correspondientes a las muestras 3 y 4. Se puede observar que tienen las mismas bandas de absorción, aunque con porcentajes de transmitancia distintos, lo que significa que existe de alguna manera una diferencia entre ellas.



Las diferencias más notorias entre las dos muestras están en el porcentaje de las transmitancias. Para el caso de la muestra 4, son mucho más débiles en la presencia del Cuarzo, de los Aluminosilicatos y Silicatos, mostrando así que el recubrimiento transparente sobre la pintura, de alguna manera introduce mayor cantidad de estos elementos. Pero en general, las características del pigmento reflejan ser el tratamiento de la materia prima al aumentar la temperatura.

Continuando con las muestras de pigmentos, correspondería analizar la **muestra 5**. Esta muestra se obtuvo de un fragmento del mural ubicado en la posición O8 de la ficha de *levantamiento por cara (fotografía)*, con un color en la tabla de Munsell de 5 R 4/4, café rojizo, equivalente al R49 del código de Cailleux. La figura a la que corresponden estos pigmentos parecería ser la representación de una mano, aunque no tan bien formada como la que se encuentra a su derecha.

Al tomar esta muestra las condiciones cambiaron notablemente con respecto a las dos primeras muestras de pigmentos. En este sitio no se observan caídas de agua, y por lo tanto la pintura estaba superficial. Así que fue muy fácil extraerla del sustrato, pues no se encontraba cubierta por el cemento transparente que se presentó en las anteriores. Es importante anotar además, que la posición de esta figura dentro del mural es bastante baja, se encuentra como a unos 50 cm del suelo. Esta zona de la roca presenta colores más oscuros que en las partes medias, como si existiera una humedad mayor, pero esto debido a la capilaridad del sustrato con respecto al suelo. Esta situación podría ser la causante de la poca



Figura 4.9. Extracción del pigmento de la muestra 5. Se encuentra bastante superficial y no existe un recubrimiento transparente sobre el. Se puede observar que el pigmento se encuentra disgregado como en pequeñas hojuelas.



adherencia de la pintura y de los deterioros visibles que ha sufrido, pues existe pérdida de pigmento y pequeñas exfoliaciones del mismo. Además de no contar con el recubrimiento transparente que pareciera dejar la pintura dentro del sustrato y protegida del contacto externo (fig. 4.9).

Con respecto a los análisis IR, se observa en la gráfica de la figura 4.10 que la transmitancia base está alrededor del 70%, es decir, existe una más alta transmisión de energía. Para esta muestra fue posible realizar análisis cuantitativos, pues se construyó la pastilla de KBr bajo todos los parámetros del protocolo. Se encontró un 20% de Metakaolinita, es decir, es una deshidratación o deshidroxilación de la Caolinita, pues las bandas de absorción son más débiles. Por otra parte, existe un 14% de Cuarzo en su banda de absorción más característica, que es alrededor de los 696 cm^{-1} . Las últimas bandas corresponden a las componentes de óxidos ferrosos, caolinitas y cuarzo típicos de los minerales arcillosos. De igual forma se pueden observar las bandas de absorción típica de los Aluminosilicatos.

Todas estas características llevan a la conclusión que este pigmento tuvo un tratamiento muy distinto a los anteriores, pues no se observa una evidencia clara

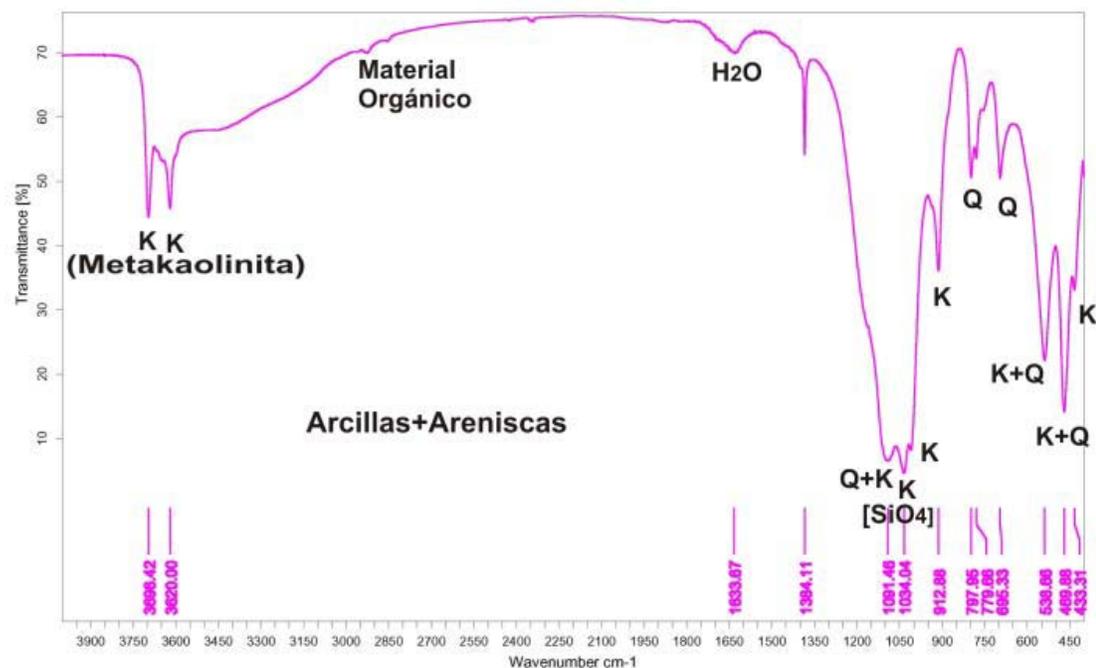


Figura 4.10. Las características de esta muestra son distintas a las muestras 3 y 4 de los pigmentos. Aunque existe una deshidratación de la Caolinita, no se encuentra evidencia de que el producto natural hubiera sido calentado. Pareciera que este pigmento proviniera directamente de los suelos arcillosos sin ser sometido a un aumento de temperatura alto.



de calentamiento. Continua existiendo Caolinita en la muestra, como se puede observar en las bandas 3696 y 3620. Aunque la transmitancia es un poco más débil, muestra que la deshidratación no fue total, pues es necesaria una temperatura mínima de 550°C para ser destruida la caolinita. El resto de características acaban de confirmar que este pigmento tiene más semejanzas con el producto natural, es decir con la muestra que designamos como materia prima (**fig. 4.11**). Dicho de otra forma, pareciera que se utilizó directamente este material para conseguir los pigmentos sin llevarlo a la calcinación, es decir, el color del pigmento correspondería al color de los minerales arcillosos contenidos en la materia prima. Según el Profesor Fröhlich esta muestra tiene el típico comportamiento de los suelos tropicales que contienen óxidos ferrosos.

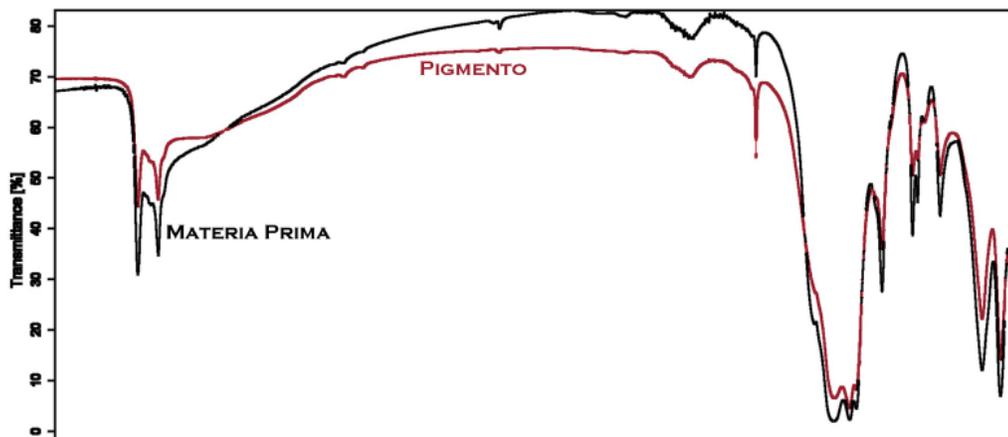


Figura 4.11. Comparación de las gráficas correspondientes a la muestra 2 y muestra 5, es decir, materia prima y pigmento respectivamente. Sus características son bastante similares. Lo que lleva a concluir que muy posiblemente la materia prima fue utilizada sin ningún tipo de calcinación anterior para obtener otra tonalidad del rojo.

La **muestra 6** debía corresponder únicamente a pigmento, pero en el momento de tomar la muestra, se desprendió un trozo de roca junto con el pigmento. Al observar la parte de atrás de dicho trozo de roca, se pudo observar que existía una gran capa de microflora adherida a este.

De igual forma, en el sustrato total, justo de donde se obtuvo la muestra, también se observó una gran humedad y una capa verde que comprobaba la presencia de estas algas dentro de la roca (**Fig. 4.12**). Al parecer, la gran humedad del yacimiento ha hecho que se cree una capa delgada entre el interior de la roca y lo que corresponde a la superficie de la misma. Esto pone en evidencia que existe un grave peligro frente a la conservación de este sitio pues se está creando



una disgregación del sustrato y a su vez están apareciendo materiales agregados sobre la roca, todo esto causado por la alta humedad y la presencia de microorganismos dentro y fuera de ella.



Figura 4.12. Sitio de donde fue obtenida la muestra 6 (15). Se intentaba recoger únicamente pigmento, pero por la alta humedad en esta zona del mural se desprendió también el sustrato. Lo interesante fue observar la presencia de algas detrás de la capa superficial de la roca. Esto indica una alta humedad dentro de ella.

Como se obtuvo un trozo de sustrato, pigmento y líquenes, la muestra estudiada estuvo compuesta por estos tres. Los análisis IR se pueden observar en la **figura 4.13**. Allí aparecen algunos aspectos importantes. Por ejemplo, la muestra estaba compuesta por gran cantidad de Cuarzo, 73%, que correspondería al sustrato rocoso, concordando con los resultados de los análisis de la muestra 1, que caracterizan a la roca, como una roca arenisca y por ende con una constitución alta de este mineral. Lo interesante es que no se observa la presencia de Caolinita, no existen siquiera trasmittancias débiles en la banda de absorción 914,

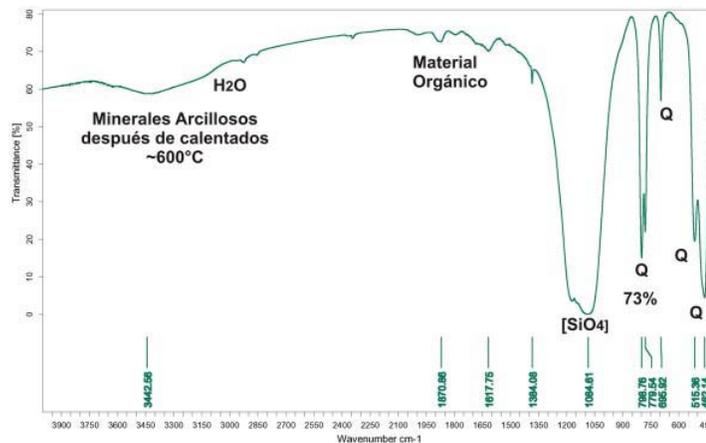


Figura 4.13. Análisis IR de la muestra 6, compuesta por pigmento, sustrato rocoso y algas. Se observa una gran cantidad de Cuarzo, que correspondería a la roca, presencia de minerales arcillosos calcinados, posiblemente como en las muestras 3 y 4, y una gran cantidad de material orgánico, asociado a la presencia de las algas.



que es la característica de este mineral. Lo que hace pensar que fue destruída como en las muestras 3 y 4.

En cambio si se observa la presencia de minerales arcillosos calcinados en la banda de absorción 3442 cm^{-1} . Aquí también se puede caracterizar los hidróxidos representados en la presencia de Goetita. También agua asociada a estos minerales y como ha sido una constatación de todas las muestras, material orgánico. Pero el comportamiento de la gráfica de la muestra 6 y el de la muestra 1 dejan ver una mayor cantidad de este material entre las bandas 1870 y 1615 cm^{-1} , que no es tan visible en las otras muestras. Pareciera entonces que el sustrato rocoso se ve afectado por microflora, tanto externa, como internamente. Esto es totalmente evi-

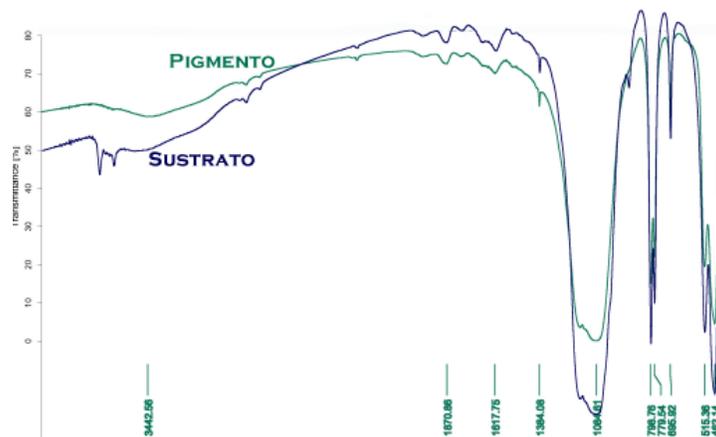


Figura 4.14. Comparación de las gráficas correspondientes a la muestra 6 y muestra 1, es decir, la primera corresponde a la muestra compuesta por sustrato rocoso, material orgánico y pigmento, la segunda corresponde al sustrato rocoso. Es importante resaltar la presencia de material orgánico en las dos muestras y la alta cantidad de Cuarzo.

dente en la última muestra, pues a simple vista se pueden observar los líquenes adheridos a ella, pero en la muestra 1 no era fácil percibir su presencia.

Las anteriores características de la muestra 6 dejan observar la gran semejanza entre su gráfica y la gráfica de la muestra del sustrato rocoso (fig. 4.14). En lo que no concuerdan es que en la muestra 1 se observa la presencia de Caolinita, mientras que en la otra se observan hidróxidos. Esta situación puede explicarse si se piensa que la muestra 6 estaba compuesta también por pigmentos, que como en el caso de la muestra 3 y 4 serían el producto de la calcinación de materiales arcillosos para obtener distintas tonalidades de rojo. En esete caso el color corresponde a un Rojo Tenue 10R 4/4 del Código de Munsell y S20 del Código de



Cailleux, ubicado en la posición I5 del yacimiento, según ficha 3 de levantamiento fotográfico por cara.

4.1.4. Muestras 7 y 8: Concreciones

Estas muestras corresponden a ciertos afloramientos blanquesinos que existen sobre un gran porcentaje del mural pictórico. Son deterioros que han ido destruyendo gran parte de las pinturas, que por su dureza y concentración parecieran estar allí hace mucho tiempo.

Específicamente las muestras obtenidas corresponden a la posición H1-9 del levantamiento fotográfico de la cara con dibujos. En algunas partes del mural se observa que estas concreciones fueron creciendo y llevando consigo los pigmentos de la pintura. Así que estos aparecen sobre la concreción, como si su nacimiento hubiera sido por debajo de los motivos rupestres, y con el paso de los años, se fuera levantando el conjunto completo de concreciones y pigmentos.

Por esta razón se tomaron dos muestras del mismo sitio, una para retirar la capa superior, que debía contener pigmentos, y la otra para retirar una segunda capa que contenía únicamente las concreciones y que no se encontraba sobre la superficie del yacimiento (**fig. 4.15**).

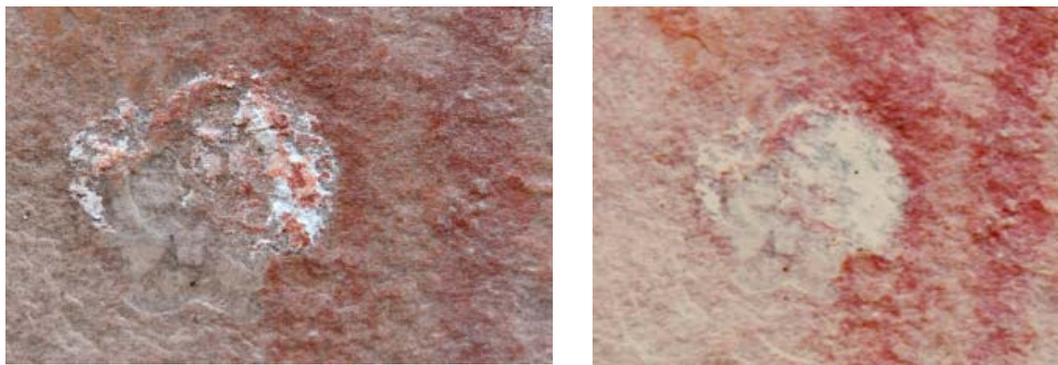


Figura 4.15. Fotografías de los sitios donde fueron extraídas las muestras 7 y 8. Se puede observar que la concreción se formó en una zona donde existen pinturas rupestres, y con el paso de los años, su crecimiento se fue llevando parte del pigmento.

Para la **muestra 7** se obtuvo la gráfica de espectrometría IR que se muestra en la figura 4.16. Allí se puede observar que los componentes son muy distintos de las anteriores. Las bandas de absorción de este material corresponden a un sólido amorfo, es decir, que no tienen orden de largo alcance o estructura cristalina, no tienen un ordenamiento periódico, como por ejemplo, el vidrio y deter-

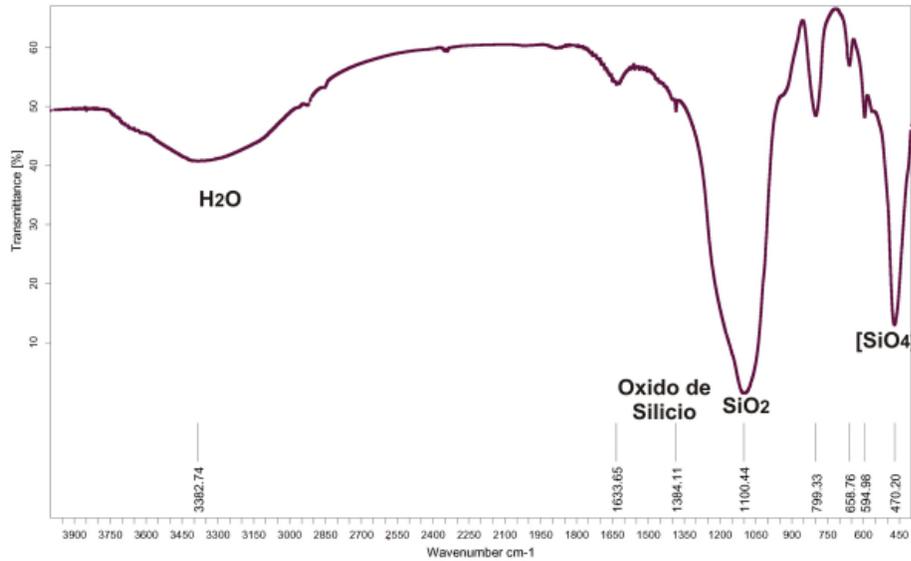


Figura 4.16. Gráfica del análisis de espectrometría IR para la muestra 7. La composición mineralógica de este material corresponde al Óxido de Silicio, relacionado a la existencia de hidrotermas, o presencia de microorganismos unicelulares como los fitolitos o diatomeas.

minados materiales plásticos (Foucault, 1985). Este material amorfo es el óxido de silicio (SiO_2), o dióxido de silicio hidratado, la alta presencia de agua se identifica a través de la banda de absorción 3381cm^{-1} . No se presentan bandas correspondientes al Cuarzo, pero si se presentan Aluminosilicatos alrededor de la banda de absorción 470cm^{-1} .

Este tipo de material puede aparecer por distintas razones, una de ellas por la presencia de aguas termales que suelen formarse en regiones cercanas a volcanes, pero que para esta situación no justificaría su presencia, pues no existe referencia alguna de estas hidrotermas en los alrededores de la zona de estudio. Las otras razones serían biogénicas, asociadas a la presencia de microorganismos, que al estar en contacto permanente con el agua, se van mineralizando, que pueden ser una mejor explicación a lo que sucede en el yacimiento estudiado. Según el profesor Fröhlich, podrían ser fitolitos o diatomeas que están asociadas al óxido de sílice.

La precipitación de un mineral resultante del metabolismo o actividad celular de un organismo vivo se denomina biomineralización. A estos organismos vivos se les denomina biolitos, que pueden ser de origen animal (zoolitos) o de origen vegetal (fitolitos) (Bertoldi, 1975).

Los fitolitos son microorganismos que se forman en la epidermis de las plan-



tas, y son las células que se van mineralizando. Se forman por la precipitación del sílice disuelto en el agua, que las plantas absorben, y que se deposita en los espacios intercelulares de la piel de las hojas, los tallos y las raíces. Cuando la materia orgánica de la planta desaparece, estas partículas de sílica se conservan. Cabe decir que estos últimos son usados en las técnicas arqueobotánicas para identificar restos vegetales en los contextos arqueológicos mostrando el tipo de plantas que habían en el pasado. Estos biolitos podrían ser los causantes de estos materiales adheridos al sustrato rocoso. Pero al tratarse de un mural en una pared vertical es poco probable imaginar que hojas, tallos o raíces quedaran suspendidos, pues por efectos de gravedad irían fácilmente al piso. Sin embargo, si los fitolitos son provenientes de la macroflora que ha vivido sobre el techo de la roca podría justificar su aparición.

La otra razón puede ser la presencia de diaotemeas que son algas unicelulares que se encuentran en cualquier ambiente acuoso, ya sea marino o dulce. Son células encargadas de hacer la fotosíntesis, por lo que las hace tan importantes en el fitoplancton. Estos organismos unicelulares presentan una característica muy especial y es que tienen una cubierta de sílica que se le denomina frústulo (Bertoldi, 1975). Las formas de estos frústulos son muy variadas con divisiones asimétricas entre ellas, aunque algunas especies forman encadenamientos o agregados ordenados. En la actualidad, existen alrededor de 200 géneros, pero se calculan 100 000 especies extintas, pues se ha encontrado evidencia fósil desde el Jurásico. Muchas especies aparecen formando encadenamientos u otros agregados ordenados. Conociendo las características del yacimiento, podría decirse que es muy probable que sean estas algas unicelulares las causantes de las concreciones. Para estudios posteriores, se planea hacer análisis de estas muestras para determinar con exactitud cuáles podrían ser exactamente los biolitos presentes en esta roca.

La **muestra 8** corresponde a los materiales agregados a la roca en la capa inferior a la muestra 7. Los resultados de sus análisis también son muy interesantes, como se observa en la **figura 4.17**. En primer lugar, entender la gráfica de la espectrometría IR de esta muestra resultó un poco difícil en principio. Pues en el Centro de Espectroscopia IR, donde se realizaron estos estudios, no contaban con un estándar de este tipo de mineral. Así que hubo la necesidad de recurrir a

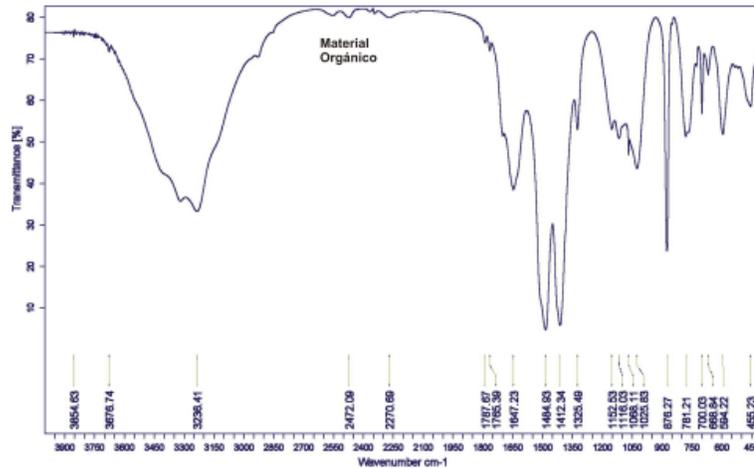


Figura 4.17. Gráfica de espectrometría IR de la muestra 8. Este material está compuesto básicamente por monohidrocalcita y materiales orgánicos.

referencias bibliográficas para reconocerlo. Fue gratificante de alguna forma poder contribuir con esta nueva muestra al Centro, pues quedó archivada en el banco de estándares que allí se utilizan.

Casi todas las bandas de absorción corresponden a un mineral que es poco frecuente y que se denomina Monohidrocalcita ($\text{CaCO}_3\text{H}_2\text{O}$) (fig. 4.18). Además, en un porcentaje no tan bajo, se observan bandas correspondientes a materiales orgánicos, que por la cantidad presente, es posible identificar. Estas gráficas fueron enviadas al equipo de investigación del [C2RMF] Centre de recherche et de restauration des musées de France, pero desafortunadamente tampoco tenía dentro de sus archivos de espectrometría IR estándares, que pudieran ser comparados con los de esta gráfica y así poder identificar los componentes orgánicos allí

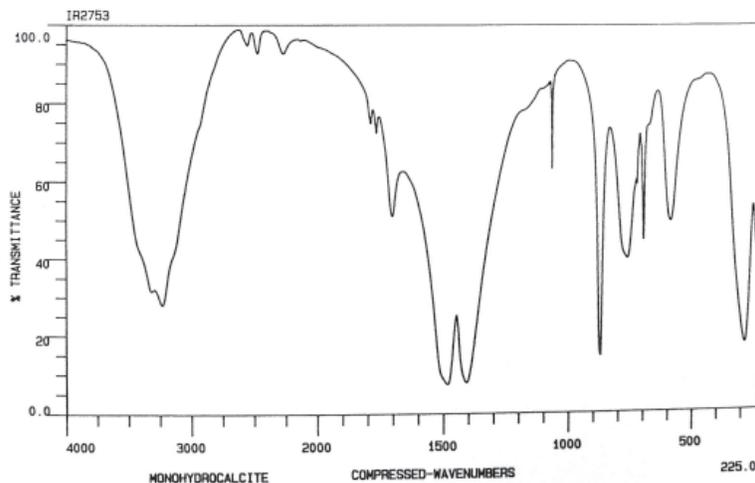


Figura 4.18. Gráfica de espectrometría IR del mineral monohidrocalcita que fue utilizada para caracterizar la muestra 8.



presentes. Como la muestra presenta, tanto material orgánico, como carbon inorgánico y monohidrocalcita, tiene una alta concentración de carbon en general, lo que le da a la muestra posibilidades de ser datada en el futuro.

También la monohidrocalcita es un mineral biogénico, se forma debido a un efecto orgánico producido por algas y a una alta humedad. Este mineral puede llegar a convertirse en Calcita (Jones, 1999). Como este proceso se realiza con cambios de temperatura, existe la posibilidad de medir el tiempo en que realiza este cambio. Lo que daría también la posibilidad en un futuro investigar este tipo de análisis para poder datar este tipo de concreciones.

Por otra parte, en los estudios sobre conservación preventiva de la piedra (Domaslowski, 1982) se hace referencia a este tipo de concreciones como frecuentes en las construcciones realizadas con estos materiales, se dice que son formados por efectos del agua y bacterias y producen deterioros muy graves sobre el sustrato.

Es importante recordar que las muestras 7 y 8 fueron obtenidas de un mismo lugar, solo que una se encontraba en una capa superior de la otra. Los análisis de cada una de ellas muestran minerales muy distintos, pero que tienen en común su origen biogénico. A la pregunta si estas formaciones de biominerales tendrían que ver con excrementos de pájaros, la respuesta tendría que ser negativa, pues en ninguna de las dos aparecen minerales asociados a los fosfatos.

4.1.5. Muestras 9: Excremento de Pájaros

Esta muestra se obtuvo de residuos de excremento de pájaro que quedan depositados en la pared de la roca (**fig 4.19**). El yacimiento presenta algunas concavidades muy aptas para que los pájaros pueden guarecerse de la lluvia y muy posiblemente para hacer sus nidos. No se sabe con precisión que tipo de pájaros son los que frecuentan el sitio, pero por el tamaño de estos agujeros, no pueden ser muy grandes.

La gráfica de espectrometría IR (**fig 4.20**) muestra que no existen componentes minerales fácilmente visibles, que en su mayoría son componentes orgánicas. Lo que deja sugerir que estos materiales son bastante recientes. Sin embargo, se ven bandas de absorción que podrían asociarse a fosfatos, óxido de carbono (CO),



pero no es fácil asegurarlo. Se alcanza a distinguir en las bandas de absorción 2962 y 2926cm^{-1} la presencia de un carbón y dos hidrógenos respectivamente.

Desafortunadamente, la muestra recogida era muy reciente y no se pudieron analizar los componentes mineralógicos que dejan los excrementos sobre el mural al pasar de los años. Ya que estos materiales también están produciendo manchas blanquesinas que están cubriendo los motivos rupestres y ocasionando un deterioro irreparable sobre ellas.



Figura 4.19. Fotografías de una concavidad de la roca que ha sido utilizada por los pájaros para guarecerse y han dejado allí sus excrementos. Esta muestra corresponde a la número 9.

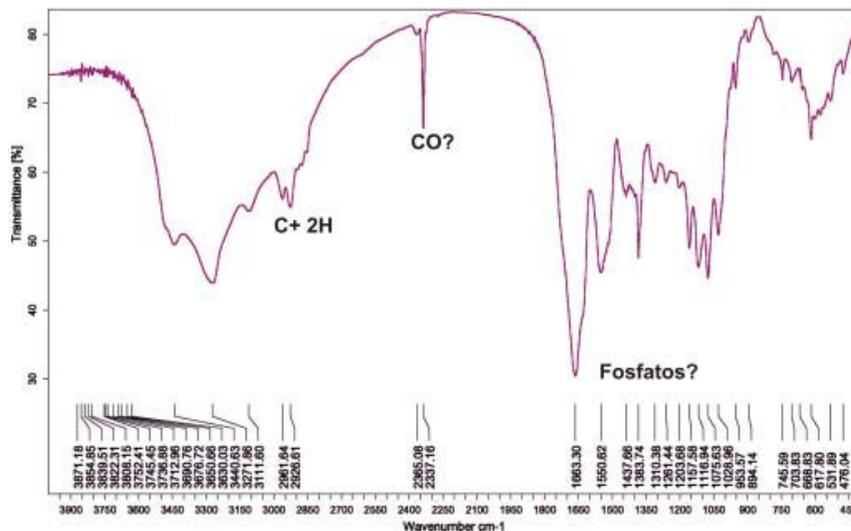


Figura 4.20. Gráfica de espectrometría IR de los componentes de la muestra 9, la cual está constituida en su mayoría por material orgánico.



Por ultimo, es importante anotar que este tipo de deterioros sobre el yacimiento sería muy distinto a los que realizan las concreciones de las muestras 7 y 8. Pues en ninguna de estas dos se registró la presencia de fosfato que es el mineral característico de los excrementos de pájaro.

4.2. Resultados del Análisis Cualitativo: Color vs. Temperatura

Los resultados obtenidos en esta pequeña prueba, del calentamiento de material arcilloso recogido del lugar, justo en la base del yacimiento, muestran que efectivamente hubo un cambio de color después de pasadas 2:45 horas, con una temperatura promedio de 300-400°C, tanto en la muestra triturada como en el trozo de material bruto. Las tonalidades amarillentas del material sin calentar, se tornan luego del aumento de temperatura en tonalidades rojas (**fig. 4.21**).

El objetivo de esta prueba era solo comprobar el cambio de color en función de la temperatura, efectivamente se logró corroborar en las dos muestras. Después de este proceso surgen algunas preguntas y propuestas de análisis para el futuro. En primer lugar, sería necesario efectuar pruebas de calentamiento controlando las dos variables medibles que serían Temperatura y Tiempo para observar los distintos cambios de color. Luego de esto sería importante realizar, para cada uno de estos resultados, análisis de espectrometría IR y mirar la composición mineralógica de los materiales. Este análisis sería muy importante para observar cómo la materia bruta pierde la Caolinita y como la Goethita se va tornando en Hematite. En segundo lugar, sería importante realizar otro tipo de prue-

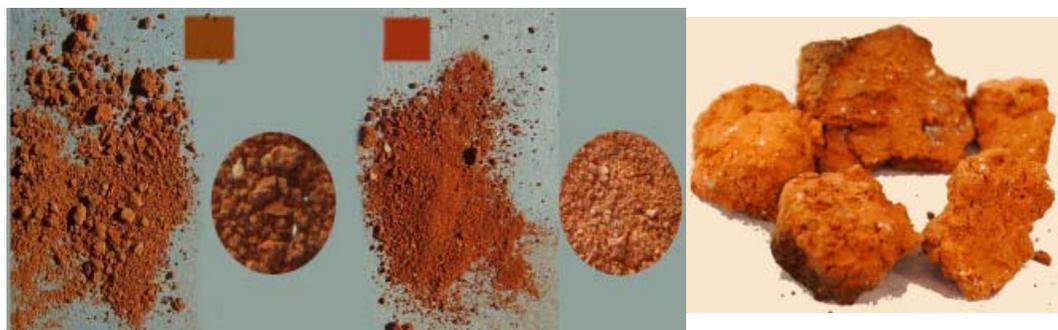


Figura 4.21. *Minerales Arcillosos antes y después de ser calentados. La primera parte de la fotografía muestra la materia bruta y un acercamiento para observar el tamaño de sus granos. La segunda fotografía muestra los resultados del material luego de ser triturado y calentado, también un acercamiento para observar el tamaño del grano. En la tercera se observa el resultado del material calentado y sin ser triturado. También se puede ver la diferencia de colores de las muestras.*



bas para pensar un poco sobre toda la técnica de consecución de los pigmentos. Es decir, trituration del material, si existían mezclas entre distintos tipos de pigmentos para obtener diferentes colores, y qué tipos de aglutinantes eran utilizados.

Todos estos cuestionamientos surgen, no sólo por lo que se pudo observar en el momento de realizar la prueba, sino también por los resultados obtenidos en otras investigaciones tanto en Colombia, como en otras partes del Mundo.

4.3 Discusiones, Preguntas y Propuestas hacia el futuro.

A la pregunta si la materia prima debería ser triturada o no para ser calentada, los resultados muestran que si se calienta sin triturar adquiere todas las características de la cerámica cocida, se vuelve mucho más compacta y mas difícil de triturar, si el objetivo siguiente es preparar los pigmentos. Así que la trituración debería ser previa a la cocción.

Con respecto al tamaño de grano que debe tener el material triturado parecería que tiene que ser muy fino, pues la plasticidad de los materiales arcillosos se pierde entre más concentración de cuarzo tenga. Así que muy posiblemente debían decantar estos gránulos para quedar con solo el polvillo colorante. Bateman y Martínez (1999) encuentran factible realizar dicha maceración con las manos de moler que se encuentran convencionalmente en los registros arqueológicos realizados en su región de estudio, Farfacá, Boyacá. Pero luego de la experiencia de la preparación de las muestras para realizar las pastillas de KBr en espectrometría IR, se puede decir que piedras areniscas no darían una moldura tan fina, sería necesario de piedras mucho mas compactas donde no se quedara el material incrustado como por ejemplo, el ágata o el mármol. Aunque si son grandes cantidades de materia prima, como en la experiencia que ellas realizaron, tal vez se pueden obtener buenos resultados después de algunas horas de maceración.

Con respecto a la cantidad necesaria de materia prima para obtener cierta cantidad de pigmento, con la experiencia realizada, se pudo observar que es prácticamente una relación uno a uno. Pero si se piensa que es necesario realizar una decantación del material para extraer los gránulos mas grandes de cuarzo,



esta relación variaría, mayor cantidad de materia prima para obtener los pigmentos finales. Para este caso Bateman y Martínez dicen que de un trozo de piedra con un volumen 30 cm x 40 cm x 30 cm se puede obtener un puñado de pigmento, lo que daría una proporción de casi 7 a 1.

En el caso del color de los pigmentos y de si hay mezclas o “recetas”, como se encontraron para algunas cuevas paleolíticas de Francia, con los resultados obtenidos se podría decir que los procesos de cocción ayudarían a obtener distintas tonalidades de rojo y otras variaciones de este color, se podrían alcanzar con minerales arcillosos que contengan mayor cantidad de materiales ferrosos, situación no complicada pues de un trozo de arcilla a otro pueden existir estas diferencias de color, solo por variaciones geológicas y no antrópicas (Smith, 2005).

En Colombia se han realizado algunos otros estudios sobre la composición química de las pinturas rupestres. Uno de los primeros análisis fue el realizado en las Pinturas del Río Guayabero (Botiva, 1986) obteniendo que su composición eran óxidos ferrosos y que no existe la presencia de materiales orgánicos. Iguales resultados se obtuvieron para unas pinturas en Sutatausa, Cundinamarca (Gómez y Guerrero, 1997) y para las pinturas de Chiribiquete (Castaño, 1998). En el trabajo de Becerra (1990), aunque no aparecen referencias explícitas a análisis de los pigmentos, existe la misma conclusión. En los estudios realizados para Sogamoso (Arango, 1995) y para Farfacá (Bateman, 1999), juntas zonas ubicadas en el departamento de Boyacá, curiosamente aparecen altos porcentajes de Cinabrio (mineral proveniente del Mercurio, de color rojo muy intenso). Esta zona del país no corresponde a la producción de este mineral, se sabe unicamente de yacimientos en los departamentos de Caldas, Nariño y Putumayo. Las autoras de estos trabajos piensan entonces que existiría algún tipo de comercio o viajes a estas zonas para encontrar dicho material. Con respecto a los resultados de esta tesis no se pudo observar la presencia de este mineral dentro de las muestras de los pigmentos, pues las frecuencias registradas en la Espectrometría IR no detectan por debajo de los 400 cm^{-1} , que son las bandas de absorción para el Cinabrio. En cuanto a las referencias de composición de los pigmentos rojos en otras regiones del mundo, por lo general hacen referencia a la goetita y hematite como minerales principales de estos pigmentos: Argentina (Wainwright, 2000), Brasil (Lage,



1996, 2006; Smith, 2005, Tosello, 2005), Australia (Bednarik, 2007), España (Gómez, 2007), Francia (Menú, 1996, Lorblanchet, 1995; Pepe, 1991; Brunet, 1988).

Con respecto a combinaciones de distintos minerales para obtener distintos colores también existen algunas referencias a nivel internacional, tal es el caso de los trabajos desarrollados por algunos investigadores franceses: Pepe, Clottes, Menu, y Walter, 1991, Letourneux, 1996. Para Colombia Bateman y Martínez (1999) encontraron en sus investigaciones que pudieron mezclarse hematite, caolinita y goetita. Estas recetas muestran un desarrollo refinado en la preparación y conocimiento de estos materiales. En contraste, los trabajos de Tosello en Brasil (2005) muestran, que para muchos casos, las preparaciones bien podían ser hechas in situ con procedimientos muy rápidos, simplemente obtener la materia prima de los pigmentos por abrasión y puestas en una especie de paleta, y como cualquier pintor, iban mezclando con agua los pigmentos en polvo y aplicados directamente con el dedo sobre las paredes rocosas. Por otro lado, también es importante tener en cuenta que la composición química de la materia prima puede contener tanto caolinitas, como hematitas o goetitas al mismo tiempo, como se pudo observar en los resultados obtenidos para esta tesis, lo que mostraría que la composición del pigmento no necesariamente tendría que ser el resultado de una receta precisa de mezclas para obtener los colores.

Por último se podría hacer referencia a los aglutinantes utilizados para dar consistencia y fluidez a los pigmentos en polvo. Se han encontrado evidencias de uso de sangre (Australia, referencia en: Pepe et al. 1991), de aceites o grasas, tanto animales como vegetales, (Pepe et al. 1991) y también el uso de agua únicamente. Para los resultados aquí presentados parecería que este último fue el más probable, pues no existe evidencia de materiales orgánicos en los pigmentos, ni de minerales asociados a la destrucción de estos elementos.

En este capítulo se hará una descripción detallada del yacimiento estudiado: La Piedra de La Cuadrícula, utilizando los formatos de documentación y registro diseñados por GIPRI. Ficha de zona donde se ubican algunas de las rocas, y sus rasgos principales, que se encuentran en las cercanías de estudio. Cuaderno de Yacimiento, con sus respectivos formatos de localización, levantamiento general del yacimiento, levantamiento gráfico y fotográfico de las caras pintadas y de los grupos pictóricos presentes, de características del yacimiento, materiales de apoyo. De igual forma se ha incluido la ficha de conservación para detallar el estado en que se encuentra, la ficha histórica para comparar los distintos registros realizados, la de manipulación digital para registrar algunas características importantes, tanto del yacimiento, como de las pinturas y por último la ficha que corresponde al registro de las muestras estudiadas en este trabajo.

Inicialmente, se realiza una pequeña descripción de algunos de los detalles más importantes que se contemplan en cada uno de los formatos y luego se muestran cada una de las fichas utilizadas para describir el yacimiento y sus contextos. El material fotográfico que acompaña este capítulo no hace referencia directa a los textos, pero si brinda información importante sobre el entorno, paisaje, vegetación, factores de alteración y deterioros de la roca, y algunos motivos rupestres de la misma.

5.1. Localización

La Piedra de La Cuadrícula (COCUSOA03BPI015) se encuentra ubicada en el Parque Ecológico La Poma bajo el programa hojas verdes cuyas coordenadas geográficas son $4^{\circ}31'56.74''$ N y $74^{\circ}16'49.08''$ W respecto a Bogotá a una altura de 2600 metros. La fotografía aérea para la descripción del sitio es la 0019 del recorrido C-2802. Se encuentra a 12 kilómetros del casco urbano de Bogotá, por la



Figura 5.1. La primera fotografía muestra algunas características del vandalismo producido en el yacimiento. Hace ya algunos años fueron realizados huecos profundos en el frente de la roca, en la búsqueda de tesoros, impidiendo ahora encontrar materiales arqueológicos en su contexto original. Por sus costados, se observa la presencia de musgo, un indicativo de la alta humedad en ella y de otro factor de alteración importante del sitio.

autopista sur que conduce hacia la ciudad de Fusagasugá, a kilómetro y medio del Peaje de Chusacá. De la entrada del Parque se encuentra a unos 500 metros hacia el oriente, y está en los límites de la propiedad del parque.

5.2. Forma del Yacimiento

Este abrigo rocoso es un afloramiento de arenisca, es decir, una roca sedimentaria consolidada que afloró por el desplazamiento de los estratos. Sus medidas son 14m de alto, 21m de largo y 14m de ancho y se encuentra en una ladera.

Las pinturas están ubicadas, dentro del levantamiento general del yacimiento en lo que se ha denominado cara 1 ocupando una superficie aproximada de 60m², en la cual se distribuyen 5 secciones o grupos pictóricos con áreas distintas, donde aparecen diversos motivos rupestres.

La parte superior de la roca, cara 0, está invadida copiosamente por macroflora y presenta algunas concavidades que conservan la humedad durante



todo el año. La estructura total de la roca está incrustada dentro de la ladera y sólo el sector de la cara pintada sobre sale en la superficie.

5.3. Levantamiento por cara y por grupos pictóricos

La ficha 3 se ocupa del levantamiento por cara, se subdivide en la sección de fotografía y la sección de reconstrucción de los motivos. Para la reconstrucción del mural en su totalidad se realizó un ensamble digital de diversas fotos. Esta reconstrucción permite visualizar las características de los sitios exactos donde fueron pintados los dibujos rupestres, que en su mayoría fueron realizados con pigmentos rojos. Los diversos grupos pueden ser considerados como unidades temáticas, es decir que pueden ser tratados aisladamente. No se sabe aun qué tipo de información se encuentra en cada uno de ellos y si guardan o no relación los motivos entre si, de cada una de las secciones, o con los otros grupos pictóricos. Tampoco se sabe cuál pueda ser la dinámica de lectura, únicamente por su aspecto formal, cada grupo es considerado, provisionalmente, como un tema, y de está forma, se describen y dividen las secciones que componen toda la ficha 4.

Por otra parte, si la expresión cabe, se podría decir que la roca posee una estructura hidrográfica de caídas de agua permanentes en todas las secciones, siendo algunas especialmente severas, sobre todo aquellas que corresponden a los lugares donde fueron realizados los murales. Estos canales de agua, no sólo han desplazado los pigmentos, sino que han agregado distintos materiales que se han acumulado en los poros de la roca produciendo alteraciones distintas. Los



Figura 5.2. En la primera fotografía se observa el paisaje de las montañas de enfrente, es decir al oriente de la cara donde se encuentra el mural de arte rupestre. La otra fotografía muestra el paisaje que se puede observar hacia el occidente desde el mismo lugar.



recorridos de agua y las alteraciones que ésta produce son descritos con mayor detalle en la ficha de conservación, donde se tiene en cuenta la situación general del yacimiento y la situación de los dibujos rupestres. En general se podría decir que esta roca constituye un excelente laboratorio para un análisis puntual de situaciones extremas.

La cara 1, es decir la que posee motivos rupestres, está protegida por un halar o techo en forma de abrigo, generando una protección relativa con respecto a la radiación solar, pero muy desprotegida internamente por el flujo de agua que proviene de la parte superior y que constantemente hace que una buena parte de las superficies estén húmedas casi todo el año. Cuando se observa el techo de la roca, desde esta cara es posible ver que diversos recorridos de agua bajan desde allí y se unifican en algunos sectores desplazando materiales y generando alteraciones en esta cara y produciendo en su paso cambios diversos en los murales mismos.

La mayor dificultad para describir el arte rupestre del altiplano cundiboyacense es que está constituido normalmente por trazos simples, por motivos sintéticos, por estructuras que normalmente se asocian a líneas y figuras geométricas, es decir, que en el arte rupestre de esta zona, no son comunes las representaciones de animales u objetos. En este caso, muchos de ellos han venido desapareciendo y no son fácilmente identificables. Los motivos presentes en el primer grupo están muy desvanecidos y muchos de sus trazos se han perdido



Figura 5.3. Fotografías de detalle de algunos de los motivos rupestres pertenecientes a la Piedra de La Cuadrícula. En la primera, aparecen las dos manos con dos líneas casi verticales entre ellas que corresponden al grupo pictórico 1. En la segunda, aparece el motivo de los rombos radiados que se repite en distintas partes del mural.



definitivamente. La reconstrucción derivada de las fotos ha permitido hacer un levantamiento acentuando los pigmentos rojos en donde es posible observar algunas figuras redondeadas y un rombo con líneas internas. Las otras figuras son difícilmente identificables, aunque la presencia de pigmentos rojos en la superficie mostraría que había otras.

Luego de un espacio de 1 metro aparece el segundo grupo pictórico que está deteriorado por la presencia de excremento de pájaro. Es en esta sección del mural (grupo 2) donde se pueden observar escurrimientos de agua que también han venido alterando los pigmentos por gravedad. Las figuras presentes en este grupo se encuentran en mejor estado. En primer lugar, hay un conjunto de figuras que provisionalmente se han denominado rombos y figuras cuadradas para un total de 6. En la parte superior de este grupo, son representadas, en una estética tradicional, dos plantas de manos, que no son improntas, sino que son dibujadas. Una de ellas es fácilmente visible mientras que la otra perdió los trazos relativos a los dedos. Lo interesante de esta composición es que las manos se encuentran a los lados de las figuras denominadas rombos y cuadrados y en la mitad de estas manos dos líneas que las separa. Aunque el laboratorio fotográfico ha podido determinar algunos trazos, no fácilmente visibles, con la saturación de los colores, algunas figuras no han podido ser completadas. Se necesitaría realizar un estudio fotográfico adicional aun más detallado de solo esta sección e intentar nuevamente la reconstrucción de solo este grupo.

Inmediatamente después se puede observar el tercer grupo pictórico que presenta, aparentemente, 5 distintas tonalidades de color. Resulta muy complicado saber en la actualidad, por las condiciones de alteración, si los pigmentos son o no diferentes y si fueron realizados en épocas distintas o no, pues su grado de alteración no hace fácil distinguir esta diferencia. Además, dentro de este grupo pictórico se encuentran unos trazos de color negro y en la parte inferior de este grupo aparecen unas pequeñas maños, aparentemente improntas. Existe una figura central, de mayor tamaño que el resto de figuras, constituida por una especie de rombos concéntricos y otros radiados unidos por una línea. Además de esta figura, se puede observar una figura cuadrada radiada con un cuadro inscrito. Los demás trazos son difícilmente distinguibles por estar realmente deterio-



rados por los recorridos de agua.

Entre el grupo 3 y 4 se encuentran un pequeño conjunto de trazos tapados con material orgánico cuya identificación no fue posible.

El grupo 4 tiene una estructura muy peculiar, se trata de un espacio de no menos de 3,50 metros lleno de diversos trazos en pigmento rojo. Su peculiaridad consiste en que los autores efectuaron líneas que dividían los campos de las figuras, en una estética no común dentro de las tradiciones del altiplano. En la parte superior izquierda, el mural se inicia con dos líneas verticales de un metro como si enmarcaran el resto de figuras que continúan a su derecha y que incluyen rombos y líneas en zigzag. Al terminar esta primera parte, aparece otra línea vertical y se inicia otro campo donde aparecen rombos, círculos concéntricos y nuevamente líneas en zigzag estructuradas a modo de escaleras. La “lectura” se continúa hacia el extremo derecho de la sección, allí aparecen nuevamente líneas verticales que parecen ir estructurando nuevos escenarios de motivos rupestres. En conclusión, los dibujos de esta primera parte, parecerían estar enmarcados en una especie de campos separados por líneas. Esta es una de las razones por las cuales se le suele denominar como la Piedra de La Cuadrícula. En la parte superior derecha existen unas figuras de rombos (5) inscritos y radiales, muy semejantes a aquellas que se encuentran en el grupo 3 pues también están conectadas por una línea. En la parte inferior de este gran mural, se encuentran figuras muy



Figura 5.4. Fotografías de otros motivos rupestres del yacimiento en estudio. La primera corresponde al antro-zoomorfo del grupo pictórico 5. Se observa la pérdida del pigmento de la extremidad inferior izquierda. La segunda corresponde a las representaciones de triángulos enfrentados por el vértice y que se han podido asociar a representaciones humanas dentro de la tradición estética del arte rupestre en el altiplano cundiboyacense.



diversas enmarcadas en una retícula más grande. Allí se pueden observar distintos tipos de estructuras formales, en primer lugar tres rombos, una figura antro-po-zoomorfa y una gran variedad de líneas quebradas y de estructuras laberínticas diseñadas con la reiteración de trazos paralelos. Este es el sector más deteriorado, porque además de la caída de agua, el sustrato de la roca ha empezado a desagregarse produciendo cambios de color y pérdida de pigmento. Unas costuras blanquecinas están en casi la totalidad de este grupo pictórico.

El grupo 5 se inicia con la transición de un sector cuyas características requerirían, desde el punto de vista de las alteraciones, de un tratamiento adicional. Este sector también se ve altamente afectado por la caída de agua y permanece húmedo todo el tiempo. Este grupo, la igual que los anteriores, se describe de izquierda a derecha y ya no está inscrito dentro de la retícula descrita para el grupo 4, por lo cual fue considerado provisionalmente como otro tema. Su composición general puede describirse como un conjunto de trazos de color rojo, en un área de 4m². Su característica más importante es la presencia de unas figuras constituidas por triángulos enfrentados por los vértices, que son típicas dentro de la estética del altiplano y que parecieran representar personas. Tanto en la parte superior como inferior, acompañan a otras figuras que son semejantes a las descritas en los grupos anteriores, por ejemplo, rombos, líneas en zigzag y líneas laberínticas sucesivas. En la parte inferior se vuelven a observar rombos inscritos, unidos por una línea y radiados. Finalmente, en el sector inferior derecho, se encuentra una figura antro-po-zoomorfa que ha perdido su extremidad izquierda por efectos del deterioro natural. Sus manos y pie son tridígitos y muestra un ensanchamiento en la parte del vientre. En la parte superior de esta figura se encuentra una mancha de pigmento rojo.

Finalmente, el grupo 6 (en el extremo inferior derecho) pareciera tener una relación con el grupo 5 desde el punto de vista de la estructura temática. En este grupo se pueden observar 4 figuras antro-po-zoomorfos, o por lo menos que parecen expresar extremidades superiores e inferiores. Una de las 4 figuras tiene representada una cola, 3 de ellas tienen cabeza y una de ellas no la tiene. Además de estas formas, es posible observar diversos manchones rojos y líneas verticales.



5.4 Características generales

Como se expuso anteriormente, este yacimiento es un abrigo rocoso. Los autores del arte rupestre en el altiplano cundiboyacense, por lo general, escogían este tipo de yacimientos para realizar los dibujos que corresponden a la modalidad de pintura. La técnica utilizada en este mural es la dactilar, los trazos son gruesos y poco uniformes y se puede observar fácilmente la huella que deja el dedo al realizar el dibujo. Igualmente, se pueden observar tanto los sitios donde hay mayor concentración de pintura, que es en los contornos de las figuras, donde se ejecutaba una menor presión al realizar el trazo, como los sitios donde se hacía un descanso para continuar con el diseño.

Los pigmentos utilizados son en su mayoría de tonalidades rojas, existe un menor porcentaje en color negro. Con ayuda de la ficha de reconstrucción gráfica, se pudo observar que en muchas partes del mural hubo una leve pérdida de pigmento por efecto de la lluvia y de la gravedad, lo que puede indicar que la preparación del pigmento se realizaba en estado líquido, aunque su densidad debía ser alta, casi como una pasta pues no se observan escurrimientos del mismo a la hora de realizar el mural.



Figura 5.5. Fotografías de la distinta vegetación nativa de la zona. Todas estas plantas ayudan a recuperar el ecosistema del sector; pues son características de esta región, pero no favorecen a la conservación de los sitios rupestres. Ellas cumplen un papel biológico fundamental que es el de recuperar la humedad, que en contraste colabora en el deterioro de los sustratos y los motivos pictóricos.



Figura 5.6. Se observan en las fotografías los distintos tipos de líquenes que aparecen sobre la superficie del mural rupestre. El papel biológico que cumple este tipo de microflora es el de generar humus. Esto quiere decir, que va disgregando lentamente el sustrato, en este caso la roca, para la generación de nuevo suelo.

5.5. Estado de conservación

En 1897 se instaló la primera Central Hidroeléctrica, en el Charquito y con ello se inicia la transformación acelerada del lugar, que comienza a tener nuevas condiciones para las diferentes haciendas coloniales antes aisladas. La explotación de minas de carbón, la construcción de la carretera a Mesitas de El Colegio, constituyen eventos adicionales que cambian las características de las antiguas haciendas de El Vínculo, Canoas y Tequendama. En los últimos años la construcción de tuberías subterráneas para la colección de las aguas que vienen de la represa del Muña, han cambiado drásticamente la humedad de esta área, y con ello han producido alteraciones en la vegetación y como consecuencia en la situación de las rocas y de los murales rupestres.



La roca estudiada (roca 15) junto con las otras 43 rocas de la zona, se encuentran en los predios de la antigua hacienda Tequendama, y parte de ésta se encontraba en el sector de Poma. Esta zona está copiosamente acompañada de árboles no nativos (eucaliptos) y plantas diversas de la flora nativa, situación que aumenta la humedad del entorno de la roca, aumentado por las plantas que se encuentran diseminadas en su parte superior.

Estas condiciones climáticas y alteraciones antrópicas de la zona han ido afectando la conservación de los yacimientos rupestres. De igual forma ha contribuido en este proceso la abundante y usual microflora de esta zona. Esto se ha podido corroborar con los análisis de composición mineralógica del sustrato, pigmentos y concreciones del mural en estudio, y con los resultados del laboratorio de manipulación digital de las fotografías del mural. Los estudios sobre líquenes, hongos y algas son temas que se han venido estudiando con algún rigor, pero que se espera continuar en el proyecto de investigación de GIPRI, ahora con el apoyo y experiencia de François Soleilhavoup, quien es experto en el diagnóstico de los estados de conservación en el arte rupestre a cielo abierto.

5.6. Registro de la zona rupestre

La roca que es objeto de este trabajo se encuentra ubicada en la tradicional zona de Tequendama, término que hace referencia a un nombre indígena, que reúne actualmente como región a diferentes municipios (La Mesa, Tena, Anapoima, Anolaima, Apulo, Cachipay, El Colegio, Quipile, San Antonio del Tequendama y Viotá). Todos estos municipios están en las cercanías del cauce del río Bogotá y constituyen la sección baja de este. El sector medio se encuentra en la Sabana de Bogotá y el sector alto en el recorrido corto desde su nacimiento en el municipio de Villapinzón, en el norte del departamento de Cundinamarca. Su curso va de norte a sur, y cuando llega a la Sabana de Bogotá, cambia hacia la parte occidental de la misma. En todo su recorrido, diversas quebradas y pequeñas acequias le alimentan y es relativamente caudaloso en la parte sur-occidental donde termina la sabana y donde inicia su descenso. Muy posiblemente, en las zonas altas de la región, se anegaba en algunas épocas del año, siendo imposible vivir en ellas. Así que los campesinos indígenas muy probablemente utilizaban

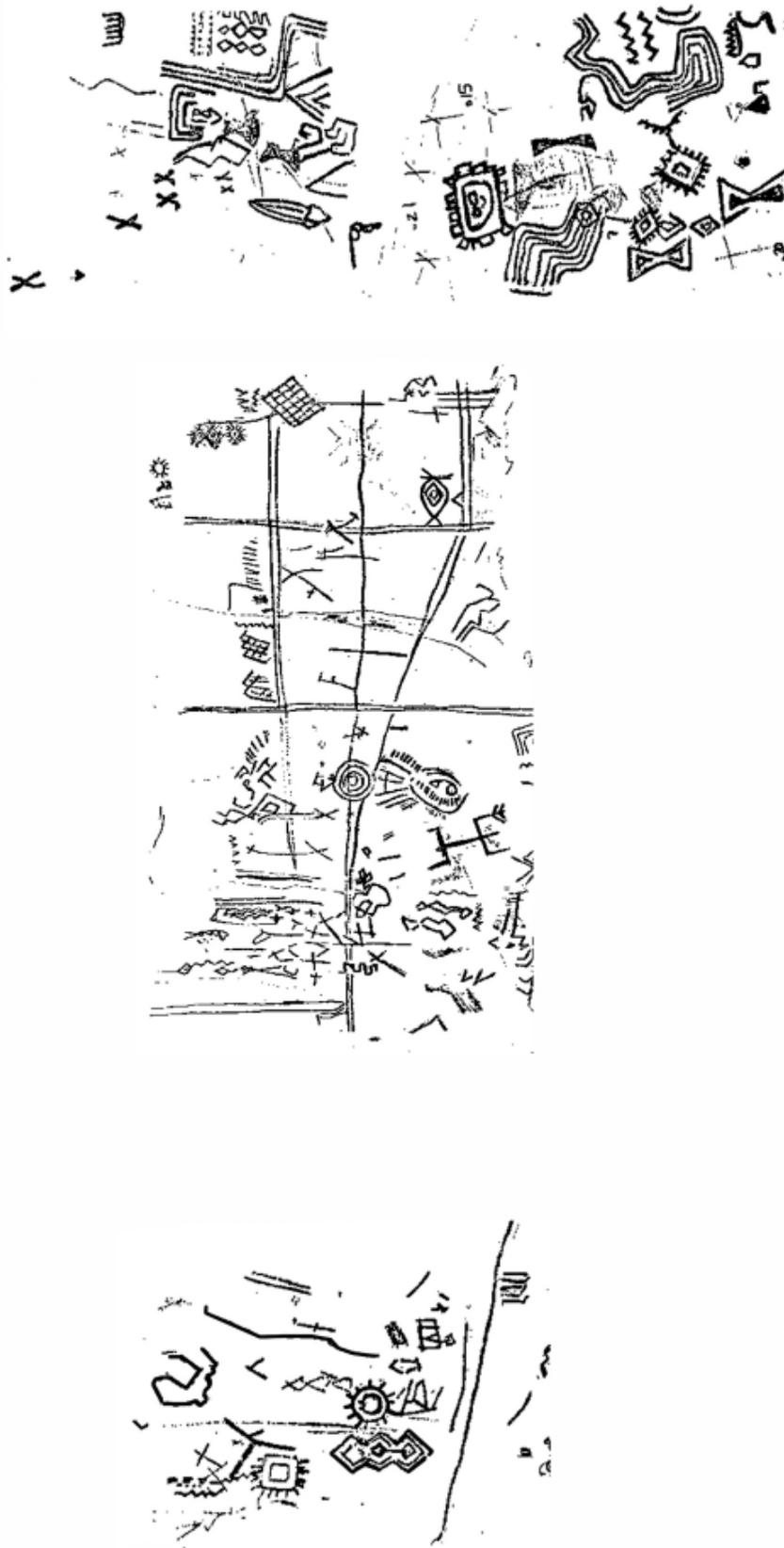


Figura 5.7. Levantamiento gráfico de La Piedra de La Cuadrícula. Realizada por el investigador Ricardo Muñoz en la década de los 80. Esta es la primera transcripción que el equipo de GIPri realizó de este mural con pinturas rupestres.



las montañas de los contornos y algunos sitios altos donde podían tener sus cementeras, antes de organizar las estructuras hidráulicas que llamadas camellones, permitieron tener una tecnología compleja de cultivos, que se estudian actualmente. Justo antes de que el río encuentre su descenso abrupto hacia las tierras cálidas, en el Salto de Tequendama, se encuentra la zona rupestre de estudio. Esta se ha denominado como la 3 A-B y contiene 44 rocas registradas por el equipo de GIPRI. Se trata de una zona que en periodos muy antiguos fue corredor para el ascenso y descenso de animales y de comunidades cazadoras recolectoras. En la ficha de zona que se presenta en este documento solo se mostrarán las características generales de algunos de los yacimientos presentes en este sector.

5.7. Historia de los Registros

Esta roca fue reseñada por vez primera en 1938 por el equipo de investigadores Uribe, Borda y Karl Müller y publicada en la Revista Cromos, que para la época incluía materiales culturales y reseñas científicas. Se trata de una versión de buena calidad, en donde aparecen registrados los motivos de la cara principal guardando las proporciones entre los dibujos y la distancia entre ellos.

La segunda versión de esta roca corresponde a la realizada por el investigador Wenceslao Cabrera Ortiz en 1970. Este es un registro bien interesante pues es la primera vez que un investigador utiliza la cuadrícula, para organizar las proporciones de los trazos, sistema que también fue usado por el mismo autor, para la transcripción de la conocida Piedra de Sasaima. Por esta razón el equipo GIPRI, consideró que esta era otra buena razón para denominar el yacimiento como La Cuadrícula.

En 1980 el grupo Gipri inició el trabajo de registro de la zona de Tequendama y con ello, la descripción de más de 44 rocas que se pueden ver ubicadas en el mapa de ficha de zona. La versión producida de esta época corresponde al dibujante Ricardo Muñoz (**fig. 5.7**), quien fue por vez primera quien intentó hacer unas distinciones de los sectores y creó la propuesta de grupos pictóricos para diferenciar los temas que cada uno de ellos tiene.

La técnica utilizada de la cuadrícula facilitaba sin duda tener un manejo eficiente de las proporciones y espacialmente los motivos, por lo tanto es importante resaltar que la versión producida por Cabrera Ortiz, es dentro de la historia de la investigación, un ejemplo interesante de calidad.



PROYECTO DE DOCUMENTACION DE ARTE RUPESTRE

SISTEMA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE DATOS

FORMATO DE YACIMIENTO

01 NOMBRE DEL YACIMIENTO "Piedra La Cuadrícula" **02 CÓDIGO** C O | C | U | S | O | A | 0 | 3 | P | 1 | 0 | 1 | 5

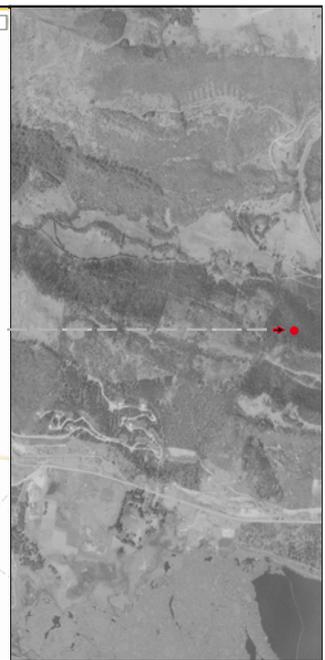
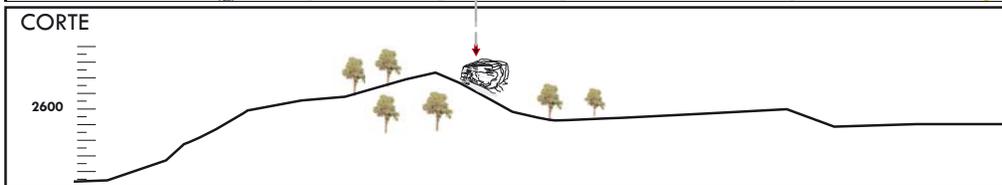
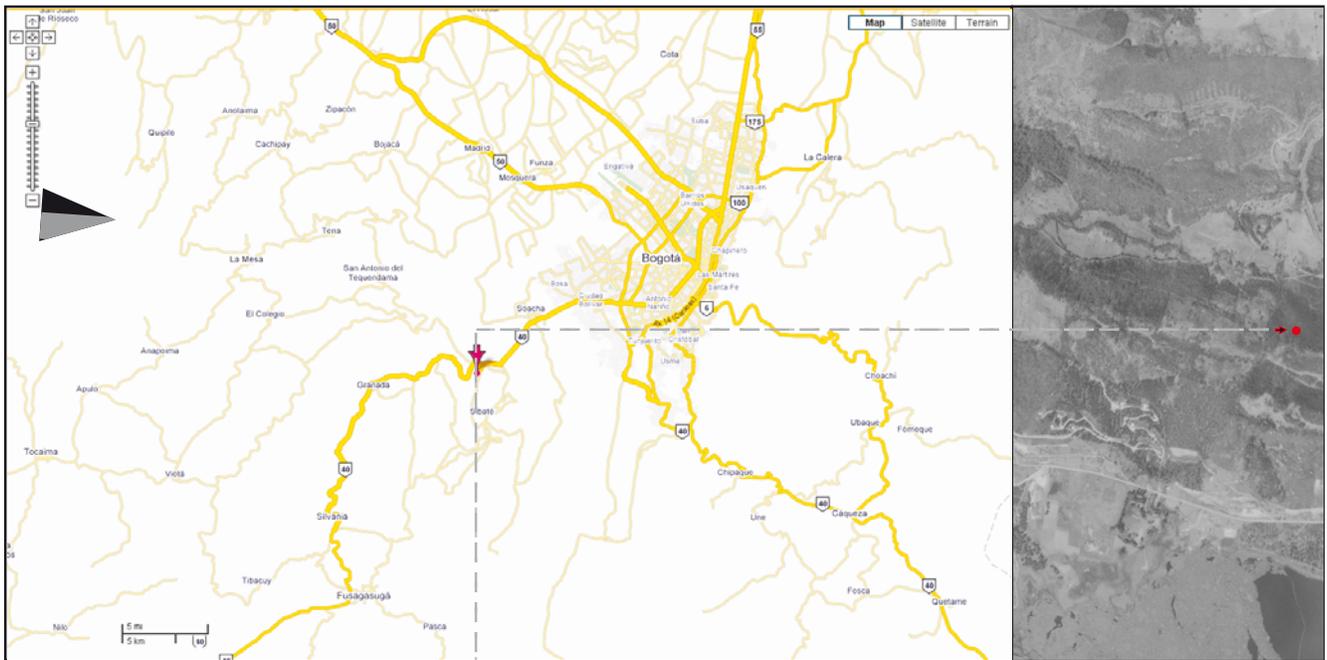
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

030 Proyecto	Maestria Erasmus Mundus 2006-2008	040 Cuaderno de salida	01/11-07,02/01-08,03/03-08
031 Instituciones	GIPRI, UTAD, IPT, IPH	050 Ficha Histórica	007/2008
032 Registrado por	GIPRI	007 Cuaderno Tradición Oral	
033 Fecha	Noviembre 07-Marzo 08	008 Laboratorio Digital	CUADRICULA 01

1 LOCALIZACIÓN

110 Departamento	Cundinamarca
120 Municipio	Soacha
121 Vereda	Tequendama
122 Predio	Parque Ecológico La Poma
123 Sitio	Parque Ecológico La Poma
130 Nombre Dueño	Camara de Comercio Hojas Verdes
131 Contactos	Programa Hojas Verdes

140 Plancha	IGAC 246-11 A
141 Coordenadas	Origen Bogotá
150 IGAC	X 987.000 Y 978.000
160 Sist. Coordenadas	Imagen 2008 Terrametrics GoogleEarth
161 GPS	N 4° 31' 56.74" W 74° 16' 49.08"
170 Fot. Aérea	Fecha Rdo. C-2802 N. 0019
180 Altitud m.s.n.m.	2600



Vía pavimentada	Recorrido	Río	Edificación	Sembrado	Roca	Línea Alta tensión
Vía sin pavimentar	Puente	Quebrada/Corriente	Población	Anegado	Roca grabada o pintada	Línea de corte
Camino de piedra	Ferrocarril	Lago/Laguna/Pantano	Árbol	Curvas de nivel	Punto de referencia	Pirca
Camino natural	Cerca	Manantial	Bosque			

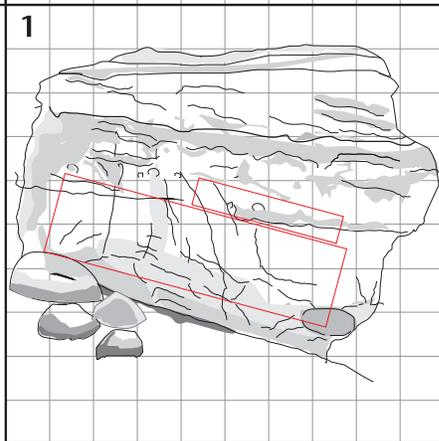
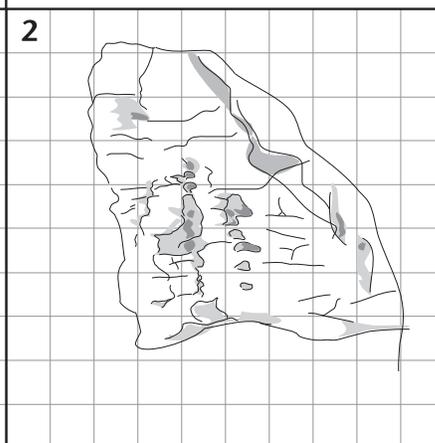
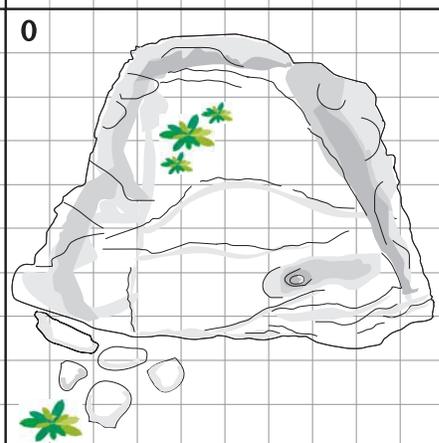
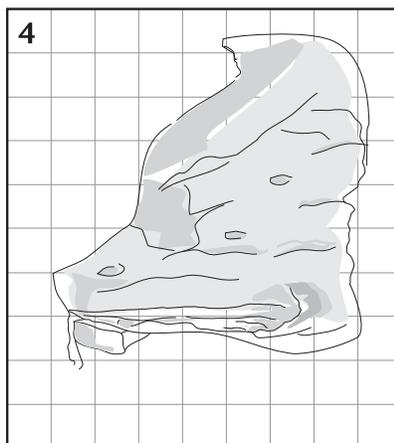
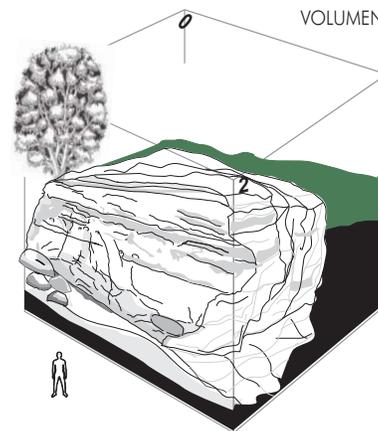
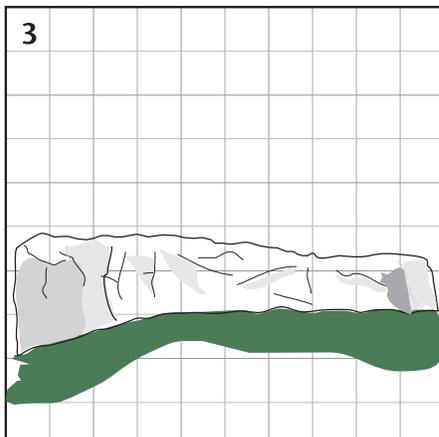
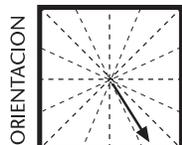


2 LEVANTAMIENTO GENERAL YACIMIENTO

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P I 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Exprese gráficamente los levantamientos del yacimiento en sus cinco vistas. Localice en el plano 0 la cara superior. Reconstruya su volumen. Incluya su orientación y escala utilizada.



ESCALA





3 LEVANTAMIENTO POR CARA (FOTOGRAFÍA)

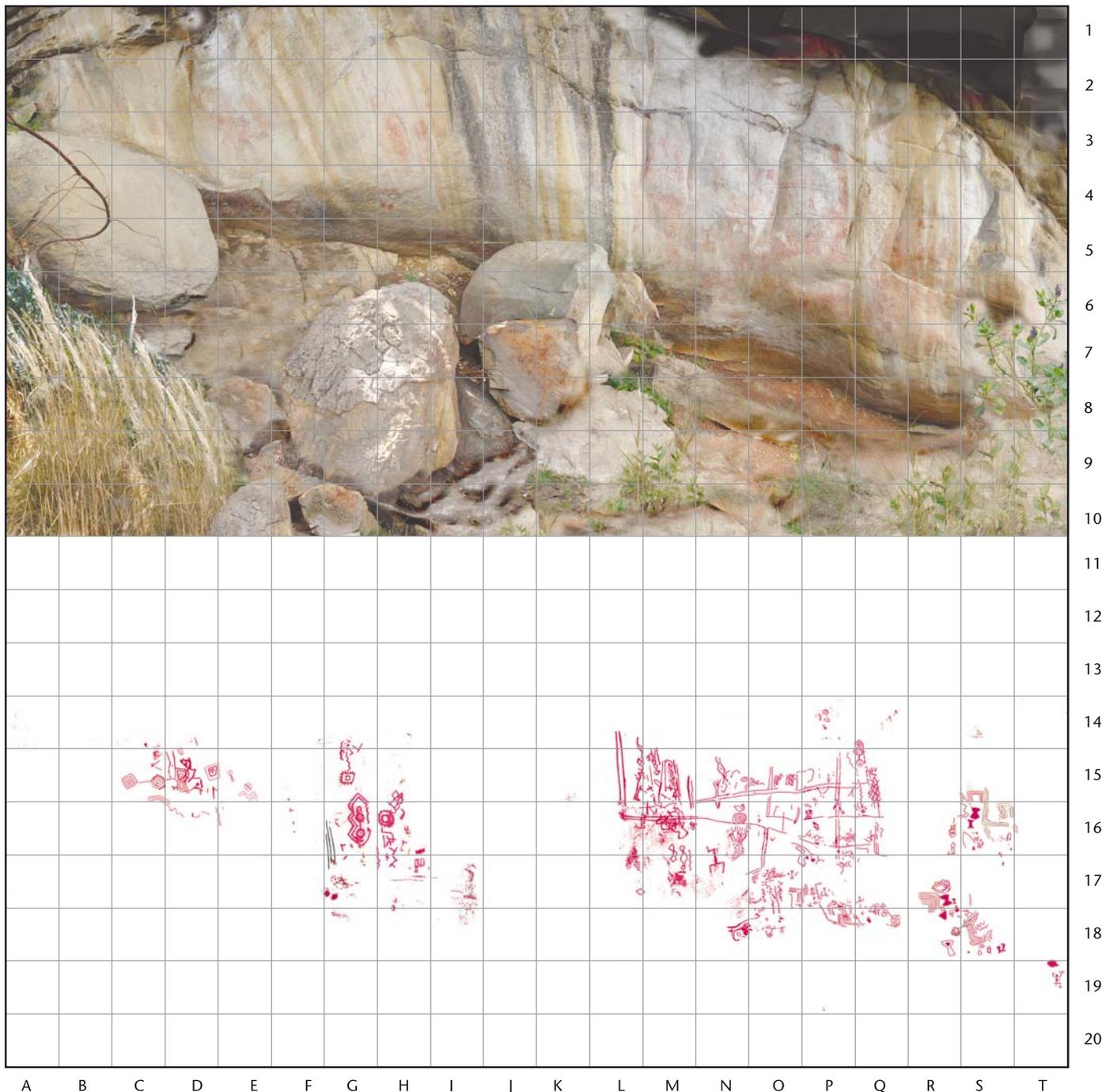
CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P 1 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Describa en detalle cada cara del yacimiento e incluya los motivos presentes en ésta. Incluya su orientación y escala utilizada.

- 1. Cara 1
- 2. Número de grupos 5

ESCALA





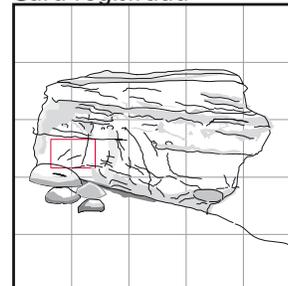
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

COLOMBIA | 03 | P | 1015
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 1
- 3. Número Motivos 6

ESCALA



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



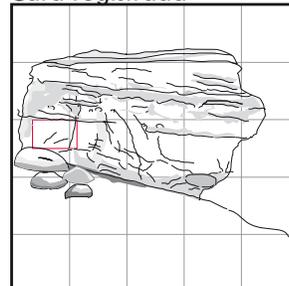
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P 1 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

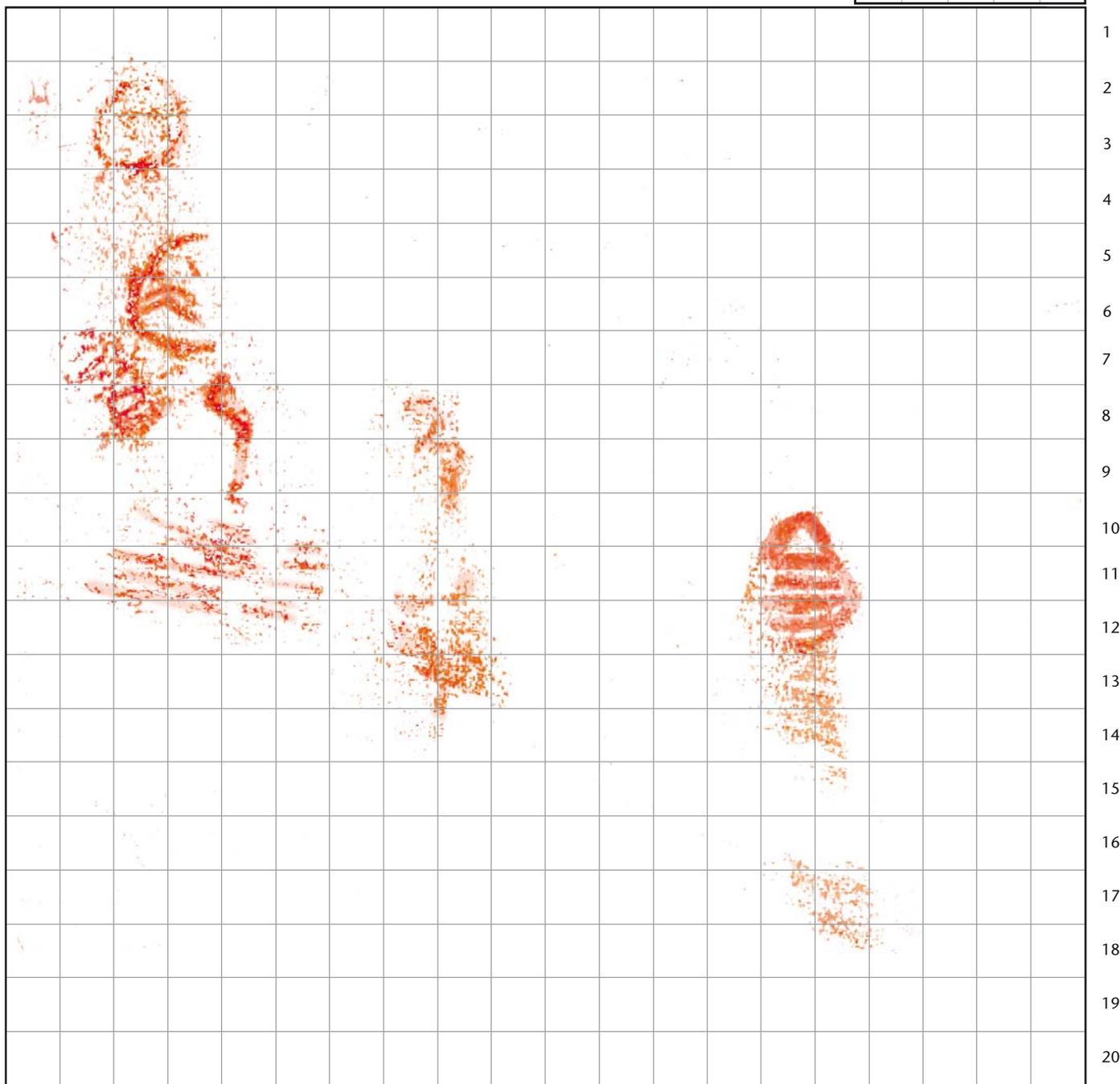
Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 1
- 3. Número Motivos 6

ESCALA





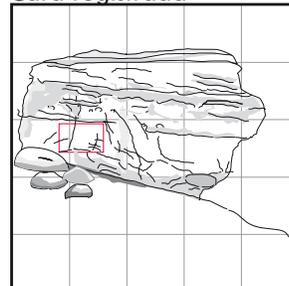
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 | P, I | 0,1,5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

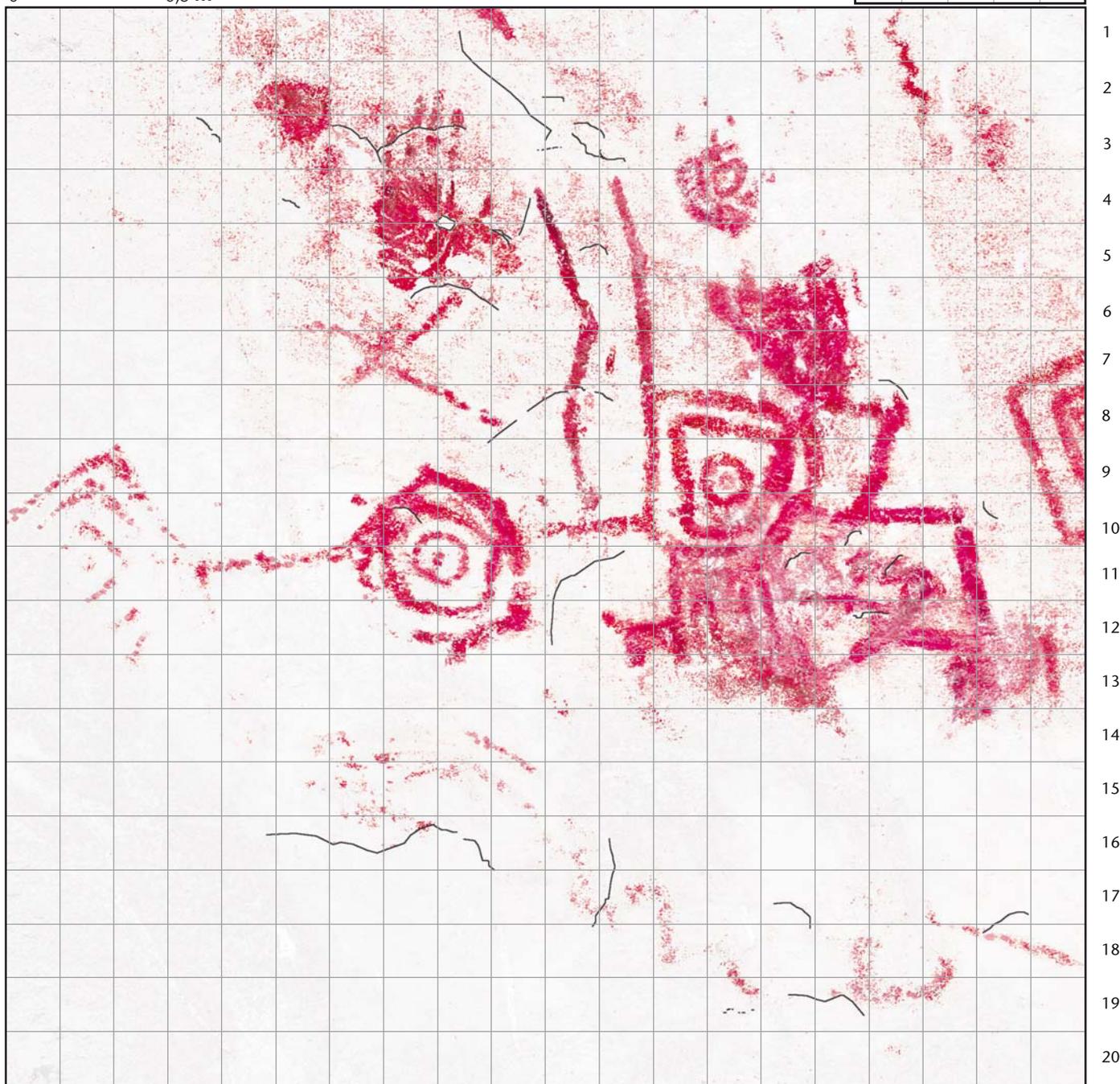
Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- | | |
|-------------------|-----------|
| 1. Cara | <u>1</u> |
| 2. Grupo | <u>2a</u> |
| 3. Número Motivos | <u>15</u> |

ESCALA





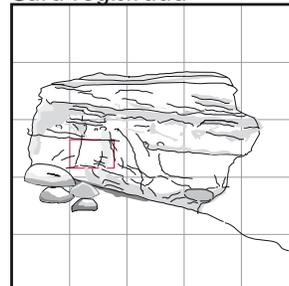
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P I 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 2b
- 3. Número Motivos 15

ESCALA



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



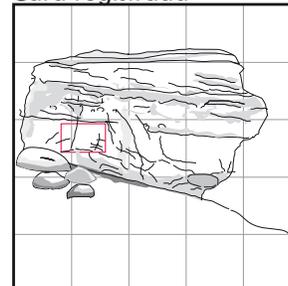
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P 1 1 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada

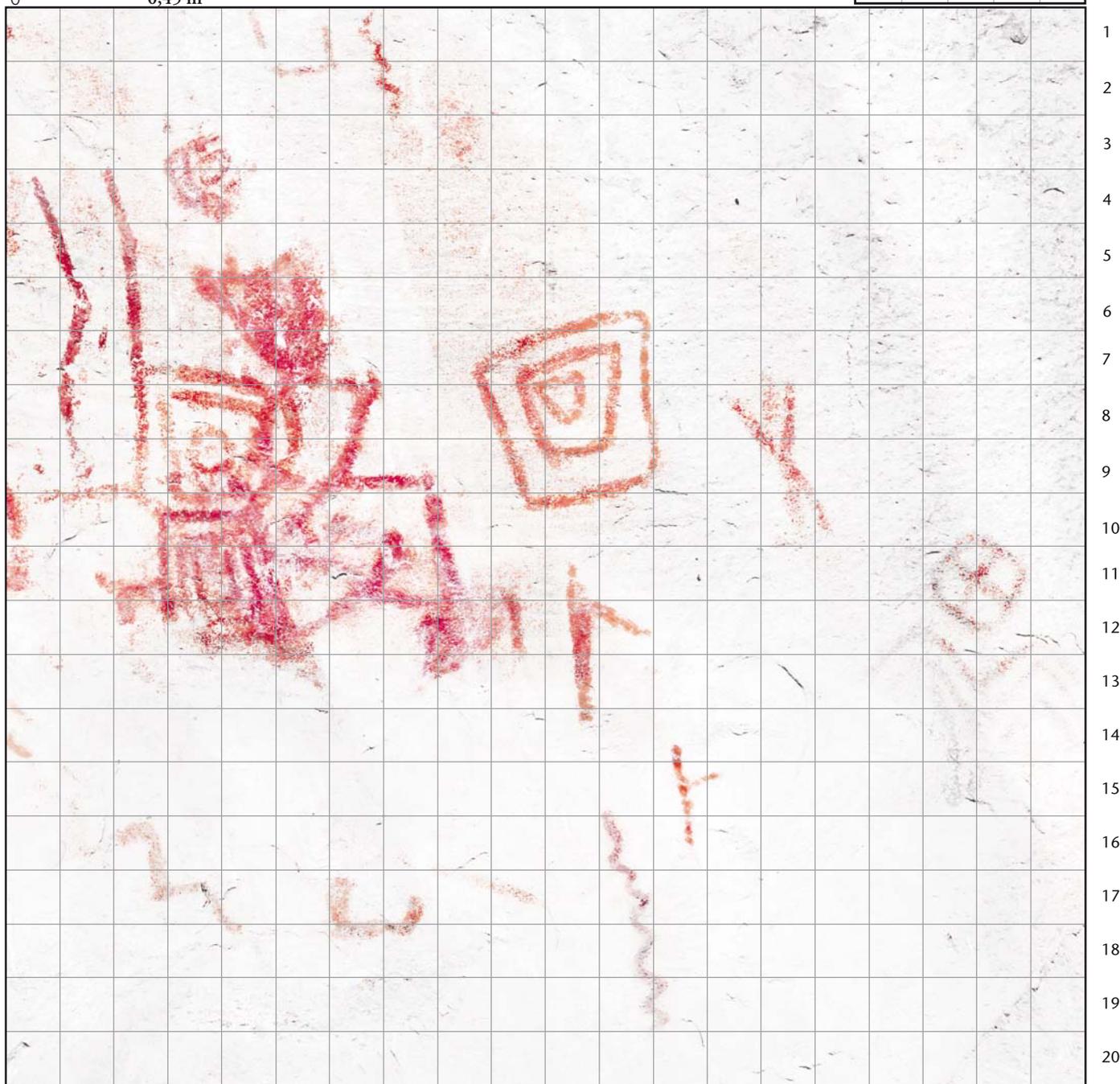


- | | |
|-------------------|----|
| 1. Cara | 1 |
| 2. Grupo | 2b |
| 3. Número Motivos | 15 |

ESCALA



0 0,45 m



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



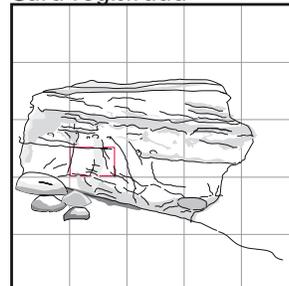
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 P, I | 0,1,5 □
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

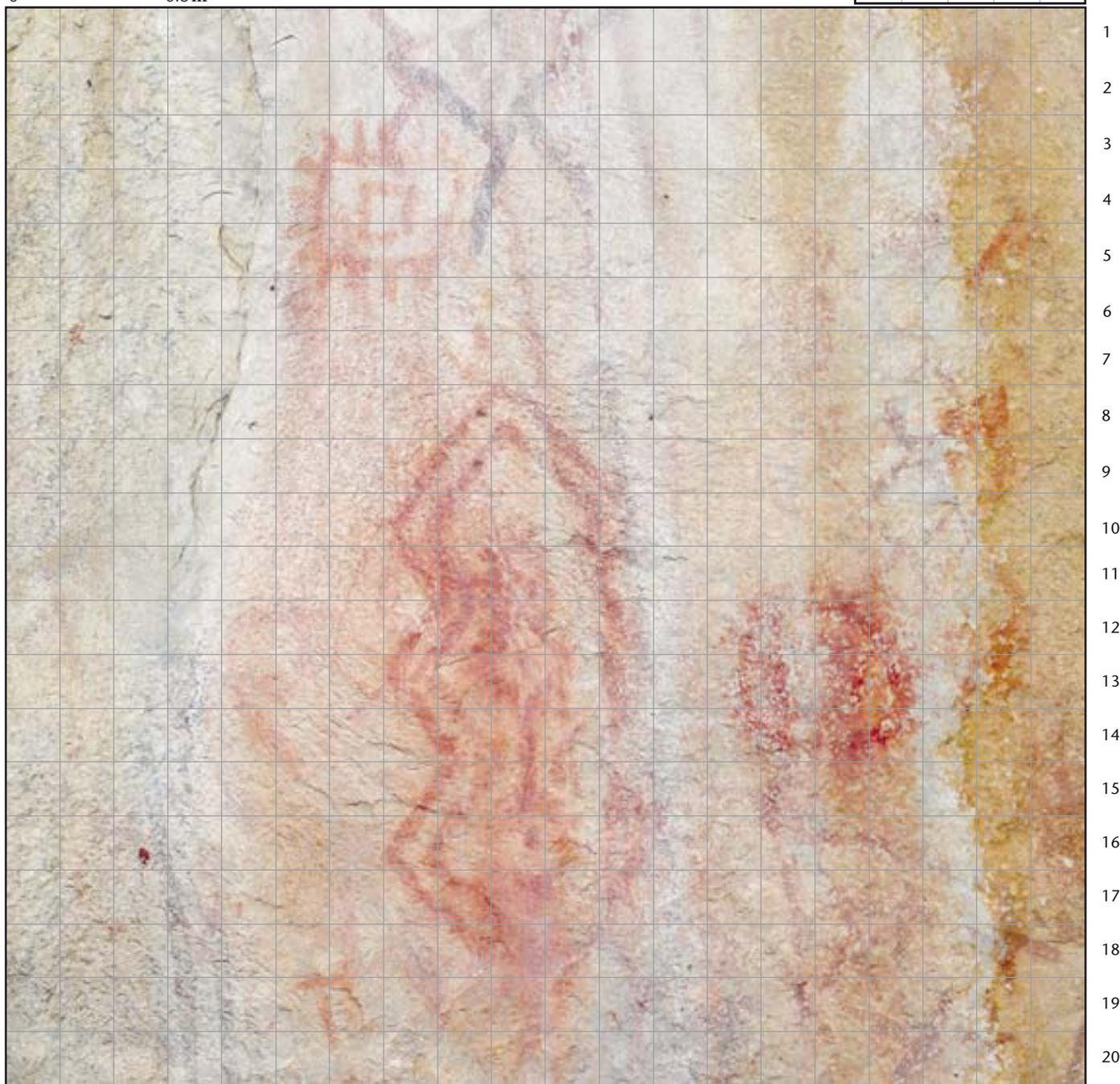
Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 3
- 3. Número Motivos 10

ESCALA



A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



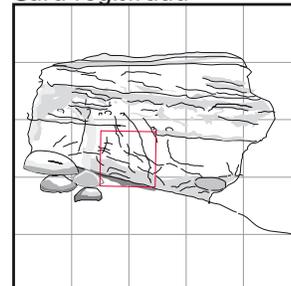
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 P, I | 0,1,5 □
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

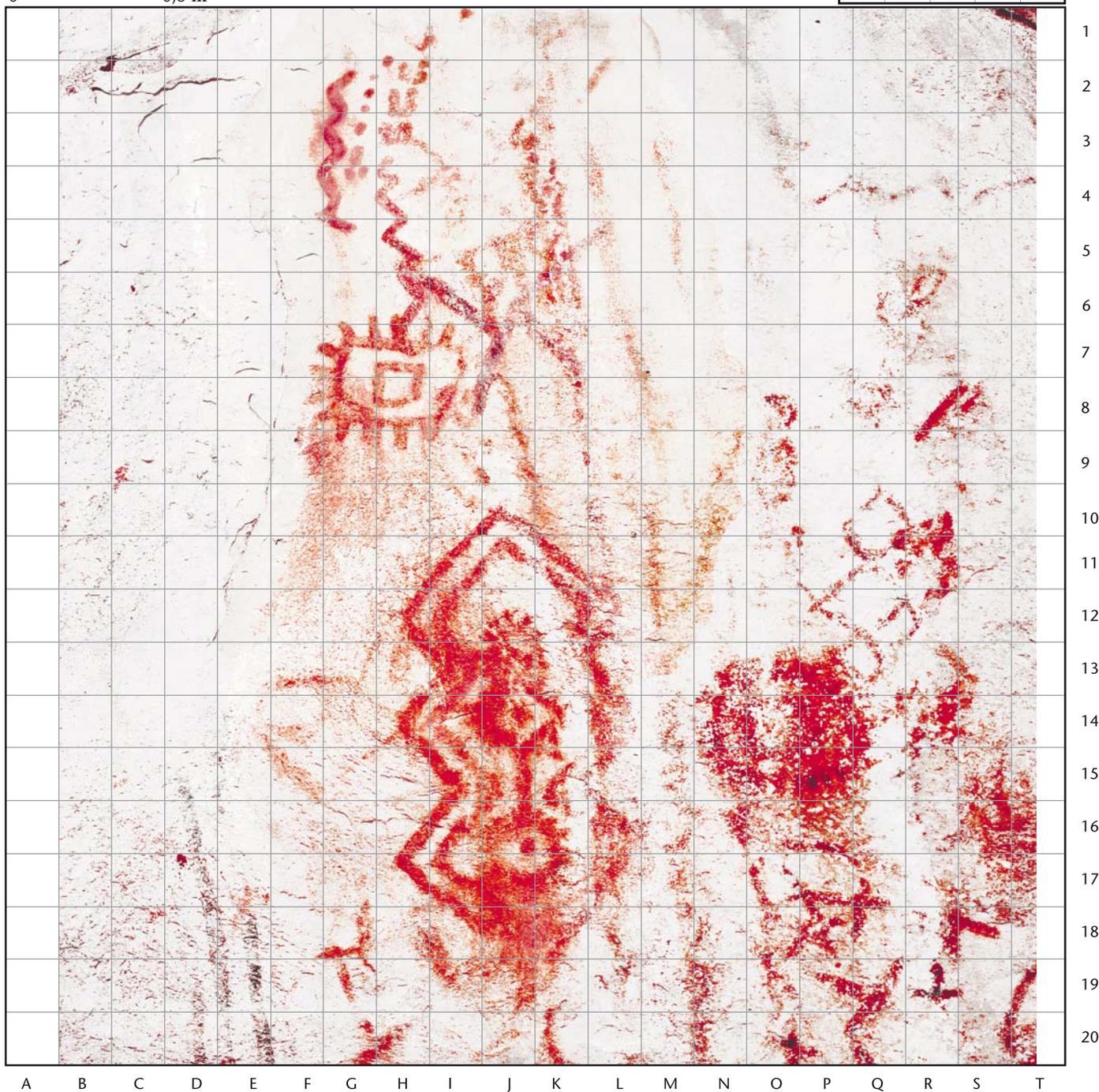
Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 3
- 3. Número Motivos 10

ESCALA



A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



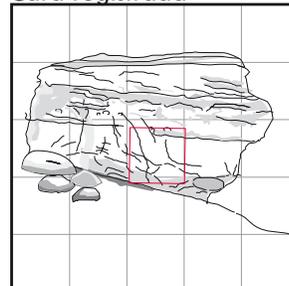
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P I 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

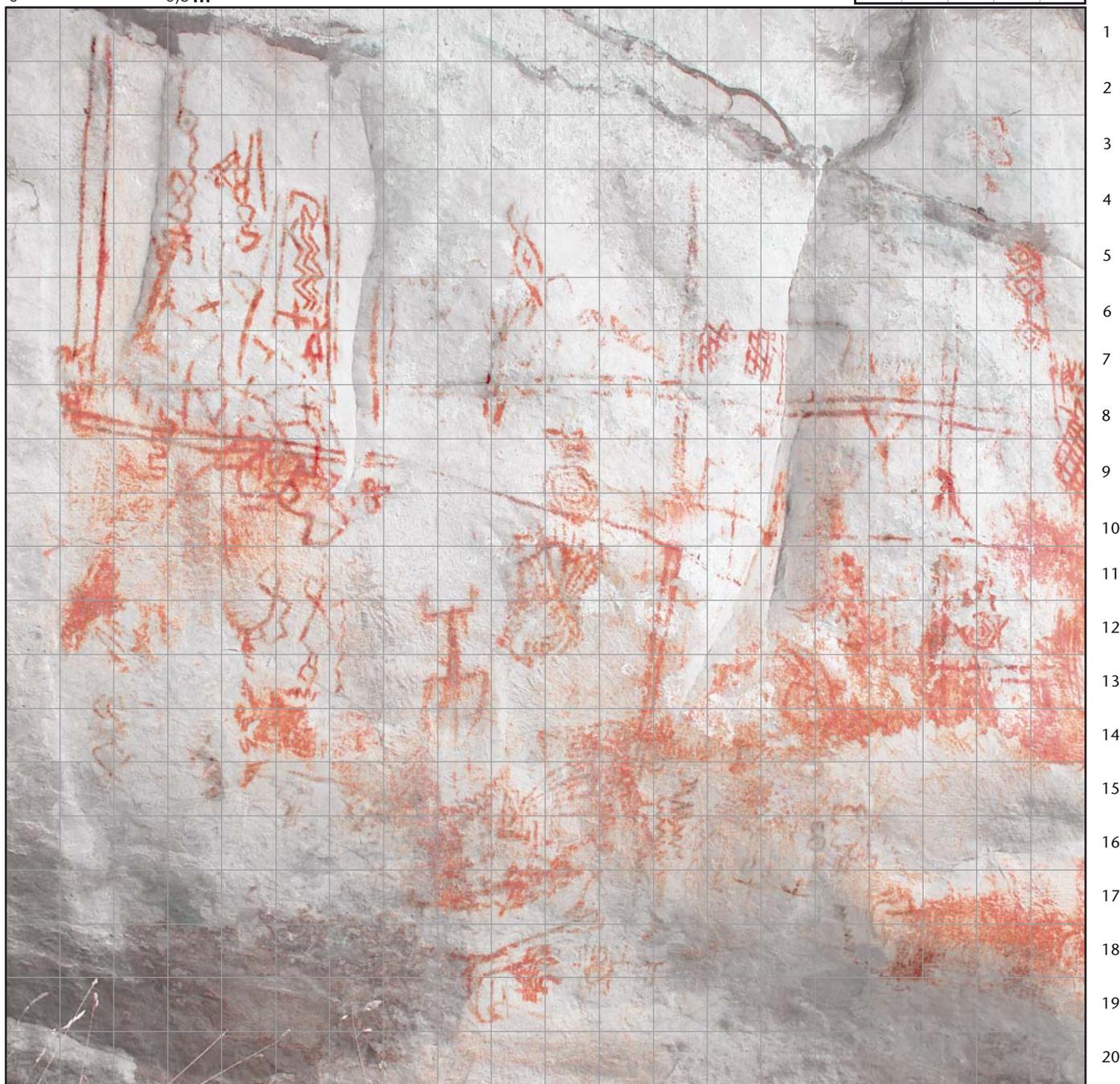
Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 4
- 3. Número Motivos 40

ESCALA





4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 P, I | 0,1,5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

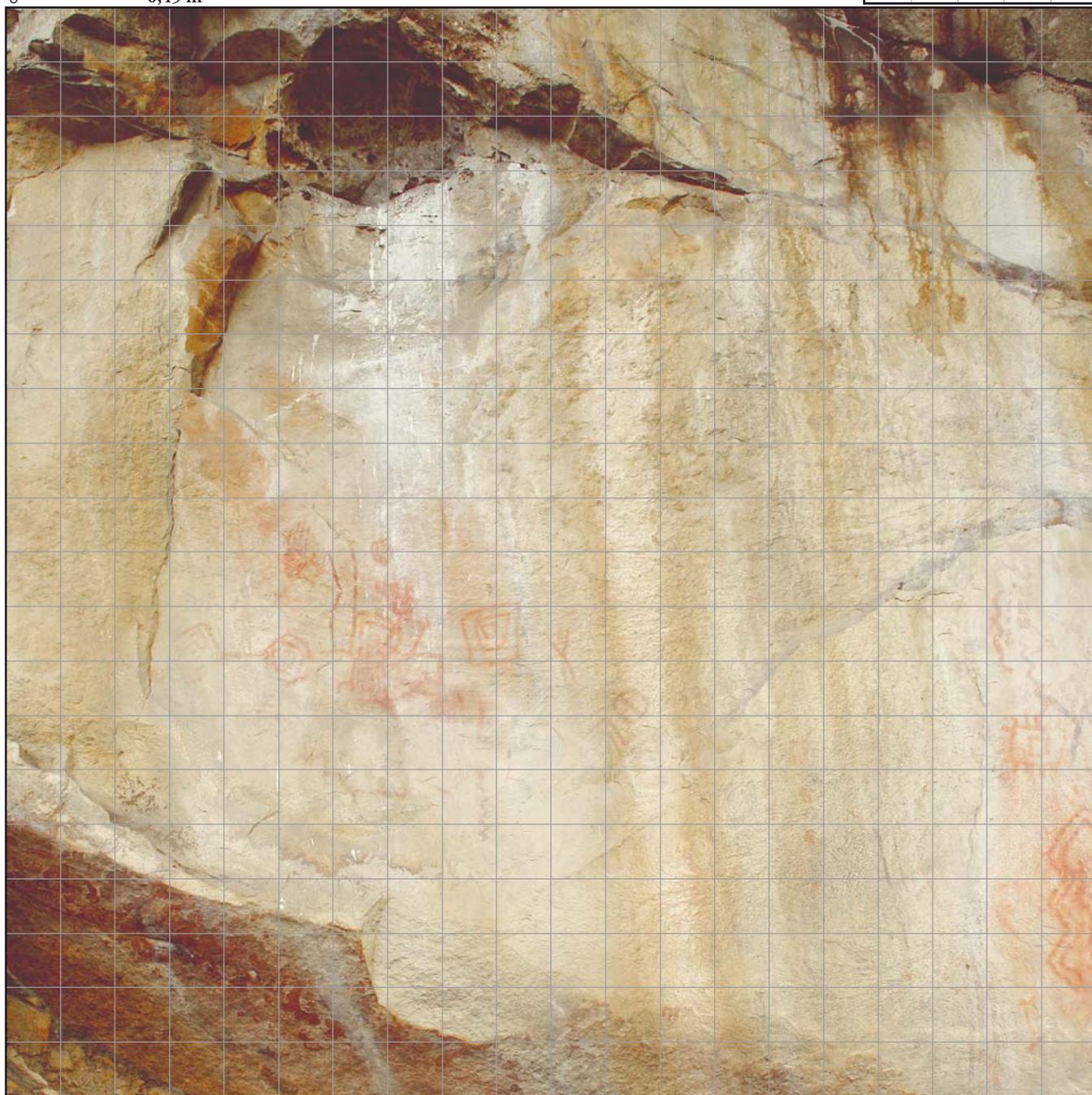
Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 2
- 3. Número Motivos 15

ESCALA



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



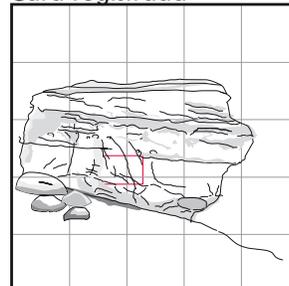
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0, 3 | P, 1 | 0, 1, 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 4
- 3. Número Motivos 40

ESCALA



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



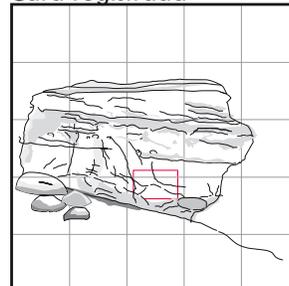
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (FOTOGRAFÍAS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 P I | 0,1,5 □
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

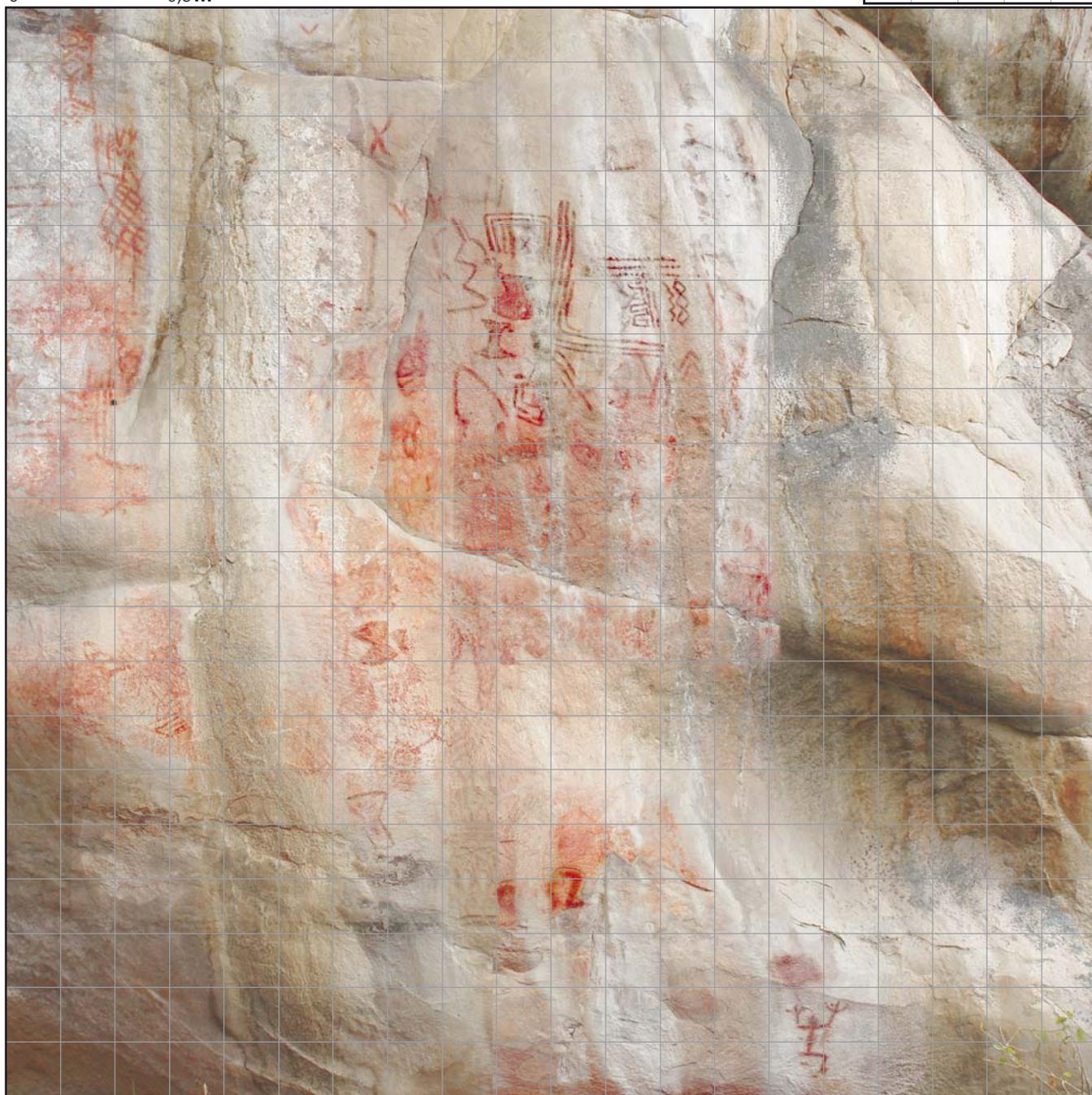
Criterios: Registre los levantamientos fotográficos de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 5
- 3. Número Motivos 30

ESCALA



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T



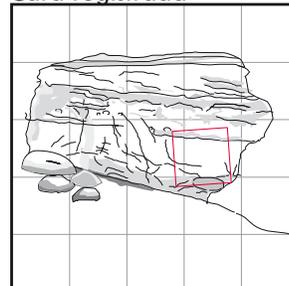
4 LEVANTAMIENTOS POR GRUPO (DIBUJOS)

CÓDIGO

C O C U S O A | 0,3 P | 1 0,1,5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

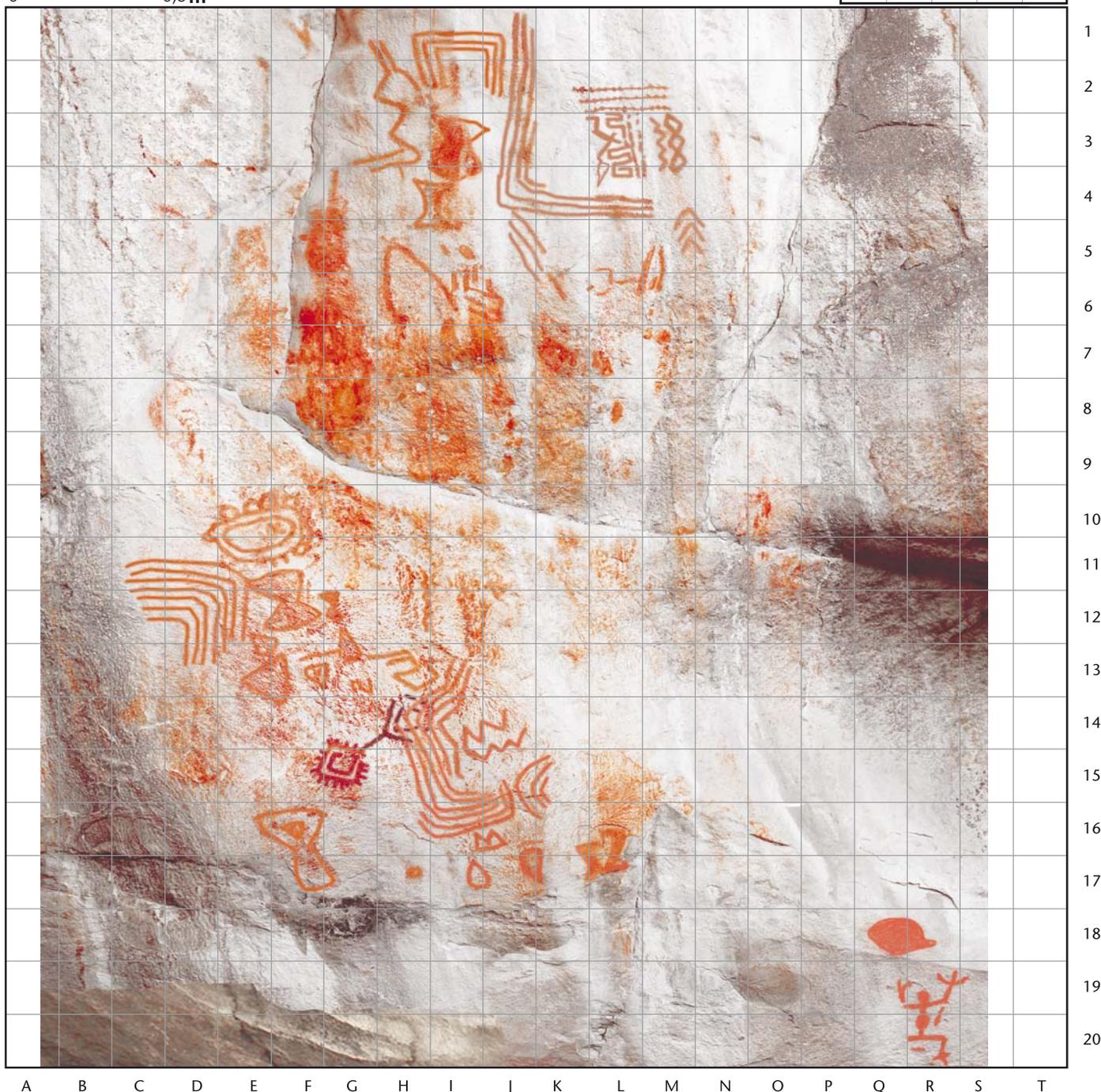
Criterios: Registre los levantamientos gráficos o digitales de los motivos rupestres del grupo correspondiente. Incluya la cara y escala utilizada.

Cara registrada



- 1. Cara 1
- 2. Grupo 5
- 3. Número Motivos 30

ESCALA





5 CARACTERÍSTICAS

CÓDIGO

C O C U S O A 0,3 P I 0,1,5

País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

Criterios: Indique en los campos la información sobre el tipo de yacimiento que se registra. Incluya información sobre sus características.

510. Tipo de yacimiento

- 511. Roca
- 512. Abrigo
- 513. Cueva
- 514. Superficial
- 515. Pared rocosa

520. Tipo de manifestación

- 521. Pictografía
- 522. Petroglifo
- 523. Petroglifo pintado
- 524. Geoglifo
- 525. Mobiliar

530. Pictografía

531. Técnica

- 5311. Dactilar
- 5312. Instrumento

532. Color C M Y K

- | | | | | | |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|
| 5321. | <u>30</u> | <u>64</u> | <u>63</u> | <u>41</u> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5322. | <u>33</u> | <u>53</u> | <u>64</u> | <u>31</u> | <input type="checkbox"/> |
| 5323. | <u>33</u> | <u>53</u> | <u>51</u> | <u>25</u> | <input type="checkbox"/> |
| 5324. | <u>49</u> | <u>45</u> | <u>45</u> | <u>29</u> | <input type="checkbox"/> |
| 5325. | <u>59</u> | <u>44</u> | <u>57</u> | <u>52</u> | <input type="checkbox"/> |
| 5326. | <u>33</u> | <u>73</u> | <u>73</u> | <u>57</u> | <input type="checkbox"/> |
| 5327. | <u>31</u> | <u>62</u> | <u>56</u> | <u>35</u> | <input type="checkbox"/> |

533. Tipo

- 5331. Positiva
- 5332. Negativa

540. Petroglifo

541. Técnica

- 5411. Percusión
- 5412. Abrasión
- 5413. Rayado

542. Superficie

- | | | | |
|---|--|---|--|
| 5321. Bajo relieve <input type="checkbox"/> |  | 5322. Alto relieve <input type="checkbox"/> |  |
| 5323. Bajo-Alto <input type="checkbox"/> |  | 5324. Punteado <input type="checkbox"/> |  |

543. Surco

- | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------------|---|
| 5431. Tipo A <input type="checkbox"/> |  | 5432. Tipo B <input type="checkbox"/> |  |
| 5433. Tipo C <input type="checkbox"/> |  | 5434. Tipo D <input type="checkbox"/> |  |

544. Otros

- | | | | |
|---|---|---------------------------------------|---|
| 5441. Cúpula <input type="checkbox"/> |  | 5442. Cuenco <input type="checkbox"/> |  |
| 5443. Mortero <input type="checkbox"/> |  | 5444. Batea <input type="checkbox"/> |  |
| 5445. Afilador <input type="checkbox"/> |  | 5446. Plano <input type="checkbox"/> |  |



Criterios: Incluya todo el material de apoyo de este yacimiento (bibliografía, dibujos, mapas, referencias del sitio, relaciones de ubicación y materiales existentes) Incluya la cara con motivos de la ficha 2 y en ella, incluya las transcripciones realizadas.

610. BIBLIOGRAFÍA

1- CABRERA ORTIZ, Wenceslao. 1970 "*Monumentos Rupestres en Colombia (Cuaderno Primero) Generalidades, Algunos Conjuntos Pictóricos de Cundinamarca*". Revista Colombiana de Antropología, Vol. XIV, pp. 79-168, Bogotá (ver ficha histórica). El dibujo y las tablas con códigos se encuentran en la publicación pag 125 y lámina 27 y 27 a

Desc.	Loc.	Dib.	Fot.	Calco	Frott.	Mapa
x	x	x				

620. TRANSCRIPCIONES

0	1	2
3	4	<p>631. Método de transcripción</p> <p> 6411. Dibujo <u>5</u> <u>Gipri</u> <u>2008</u> Cantidad Autor fecha</p> <p> 6412. Fotografía <u>50</u> <u>8</u> B&N Diap. Papel Dig</p> <p> 6413. Frottage _____ N. de piezas</p> <p> 6412. Calco _____ N. de piezas</p> <p> Otro Muestras de labo. Materiales, pigmentos</p>



Criterios: Se incluyen diversos análisis: del contexto del sitio, la interpretación de las representaciones y los vínculos con otros sitios rupestres. Se incluyen los archivos que el documento generó, (historia de la investigación, archivos digitales y físicos de la investigación (bases de datos, archivos fotográficos (usar el número de páginas necesarias)).

La roca de **La Cuadrícula** se encuentra en la zona de límite entre las tierras altas del altiplano y el camino de descenso hacia las vertientes de los ríos que circulan hacia la cuenca hidrográfica del Magdalena. Durante muchos años, esta zona se consideró simplemente como un lugar de desarrollo hidráulico energético y allí la empresa de energía construyó diversos sistemas de producción de energía. Sólo hasta los años setenta se pudo entender que esta zona fue muy seguramente corredor de comunidades precolombianas de diversos períodos. Las investigaciones de Correal G. y van der Hamenn de los *Abrigos Rocosos de Tequendama* revelaron, no sólo un poblamiento muy antiguo, sino también mostró una crono-estratigrafía que permite recuperar las diversas secuencias del clima y del poblamiento en las zonas lacustres de la Sabana de Bogotá, desde el período de cazadores recolectores.

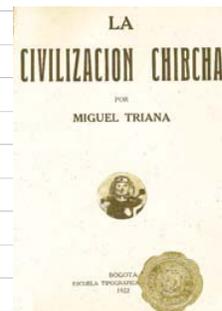
Sin embargo, desde el período mismo de la conquista y colonia, se tenían referencias sobre esta región y las tradiciones orales le asociaban a mitos y sitios sagrados de los antiguos habitantes Muisca, grupo que se encontraba en esta zona a la llegada de los españoles. Los mitos de Bochica sobre el Salto de Tequendama, la presencia de pinturas rupestres, denunciadas desde la colonia, mostraban una especial característica del sitio. En los primeros años del siglo XX, se iniciaron los trabajos de registro de zonas, donde se ubicaban pinturas. El investigador Miguel Triana pudo recoger un número importante de rocas pintadas en Soacha, Bosa y Sibaté.

1-Cronistas de Indias

2-Triana Miguel 1922-1970.

La Civilización Chibcha y el Jeroglífico Chibcha.

3-CABRERA ORTIZ, Wenceslao. 1970. *Monumentos Rupestres en Colombia (Cuaderno Primero) Generalidades, Algunos Conjuntos Pictóricos de Cundinamarca*. Revista Colombiana de Antropología, Vol. XIV, pp. 79-168, Bogotá.



Anexo N. Biblioteca GIPRI

Anexo N. _____



PROYECTO DE DOCUMENTACION DE ARTE RUPESTRE

SISTEMA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE DATOS

FORMATO DE YACIMIENTO

01 NOMBRE DEL YACIMIENTO "Piedra La Cuadrícula" **02 CÓDIGO** C | O | C | U | S | O | A | 0,3 | P | I | 0,1,5

País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

030 Proyecto	Maestria Erasmus Mundus 2006-2008	040 Cuaderno de salida	01/11-07,02/01-08,03/03-08
031 Instituciones	GIPRI, UTAD, IPT, IPH	050 Ficha Histórica	007/2008
032 Registrado por	GIPRI	007 Cuaderno Tradición Oral	
033 Fecha	Noviembre 07-Marzo 08	008 Laboratorio Digital	CUADRICULA 01

1. ENTORNO

110. Formación Geológica Cretácico superior. Formación Guadalupe.

120. Litología Areniscas duras poco exfoliables.

130. Geomorfología Anticlinales, sinclinales y fallas, hasta la fuerte bajada hacia tierra caliente.

140. Tipo de suelo Húmedos con baja fertilidad.

150. Vegetación Bosque seco montano bajo. (bs - MB). Se pueden distinguir las siguientes especies: Hayuelo, Tuno, Lulo, Retamo, Cedrillo, Drago, Salvia, Mora, Pimiento, Dividivi, Cerezo, Espino. Aún se observan algunos cedros, robles, duraznillos y gaques. En terrenos abiertos subsisten también reductos de plantas aborígenes: borrachero, arboloco, chilco, uvilla, curtidera. En los pantanos crecen los juncos y ciperáceas, en las cañadas y laderas abunda el chusque.

160. Utilización actual del terreno Las comunidades precolombinas poblaron buena parte de éstas áreas, establecieron cultivos e iniciaron la transformación del paisaje vegetal. En la actualidad se está organizando un parque con fines de reforestar con vegetación primaria y para realizar recreación pasiva. El siti se llama Parque Ecologico la POMA, organizado por la Camara de Comercio en el programa de HOJAS VERDES

170. Condiciones climáticas

171. Temperatura media 12 - 18 °C

172. Pluviosidad media 500 - 1000 mm

173. Velocidad Vientos

174. Punto de rocío

175. Humedad relativa

OBSERVACIONES Las condiciones del intemperismo y la humedad del techo de la roca, son los mayores factores de alteración. Sobre el grupo principal de dibujos, hace algunos años (más de 25), se ha podido observar la presencia de unas areas blancas que han venido ampliandose poco a poco, deteriorado el sustrato y con ello las pinturas. El sitio fue guaqueado en el sector norte, donde habia capa orgánica (sedimentos), destruyendo de esta forma la posibilidad de encontrar algunos elementos, que pudiran asociarse a las pinturas. En la parte superior de la roca existe un pozo que en todas las temporadas tienes agua y que se filtra en las pardes produciendo calcitas. Adicionalmente existen grandes escurrimientos de agua sobre las caras con pinturas, que han ocasionado manchas de color café sobre estas paredes y desplazamiento de la pelicula de las pinturas, ademas de incrementar prtesencia de líquenes y materieles orgánicos diversos.

CONVENCIONES

Factores de alteración

	Precipitaciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Viento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Raíces	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Guaqueria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Capilaridad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Hombre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Macroflora	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Radiación solar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Hongos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Suelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Polución	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Líquenes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		CaCO ₃	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Deterioros

	Abrasión	_____		Descamación	20%		Macroflora	35%		Vandalismo	8%
	Escurrimientos	50%		Algas	_____		CaCO ₃	20%		Perforación Diparos	2%
	Fisuras	0,5%		Hongos	2%		Suelo	20%		Pérdida de capa pictórica	20%
	Fracturas	3%		Líquen 2	30%		Disgregación granular	_____		Hollín	_____
	Escrementos	10%		Líquen 1	5%		Hongo 2	2%		Manchas Amarillas	18%

Microflora

Color	Muestra No.	Nombre	Color	Muestra No.	Nombre
	1	Liquen Foliáceo	<input type="checkbox"/>	_____	_____
	2	Liquen Fruticuloso	<input type="checkbox"/>	_____	_____
	3	Hongo anaranjado	<input type="checkbox"/>	_____	_____
	4	Hongo amarillo	<input type="checkbox"/>	_____	_____

Macroflora

Color	Muestra No.	Nombre	Color	Muestra No.	Nombre
	_____	Cara 0: Arbustos de eucalipto.	<input type="checkbox"/>	_____	_____
<input type="checkbox"/>	_____	Cara 1: En la parte superior, variada, sin determinar.	<input type="checkbox"/>	_____	_____
<input type="checkbox"/>	_____	Cara 2: Helechos en los costados.	<input type="checkbox"/>	_____	_____
<input type="checkbox"/>	_____	_____	<input type="checkbox"/>	_____	_____

8. LABORATORIO DIGITAL FOTOGRAFICO

810. ROLLO 135X36
 811. Marca Vébia
820. CÁMARA Nikon
 821. Marca Nikon
 824. Filtro Nikon coolscan III
830. SCANNER 831. Rel. COLOMBIA

840. ARCHIVO ORIGINAL
 841. Nombre /Archivos/2008/ / Non Lab. Ed. PCMA-2008 /nonm01p001_muroB.tout.jpg RGB
 844. Tamaño (px) 2528 X 2528 **845. Resolución** 8 **847. Peso (Mb)** 18.3
850. ARCHIVO FINAL
 851. Nombre /Archivos/2008/ / Non Lab. Ed. PCMA-2008 /nonm01p001_muroB.tout.jpg RGB
 854. Tamaño (px) 4000 X 4000 **855. Resolución** 16 **857. Peso (Mb)** 206
 858. Proceso /Procesos - /Archivos/2008/ / Non Lab. Ed. PCMA-2008 /nonm01p001_muroB.tout.jpg

812. ASA 50
822. Dist. 22 823. Vel. 1/15
825. Lente 55mm
832. Resolución 833. Escala (%)

Superposición de pigmento
 Mural 1 Mural 2
Huella Herramienta
 Digital Pincel
Líquenes y otros deterioros
 Líquenes



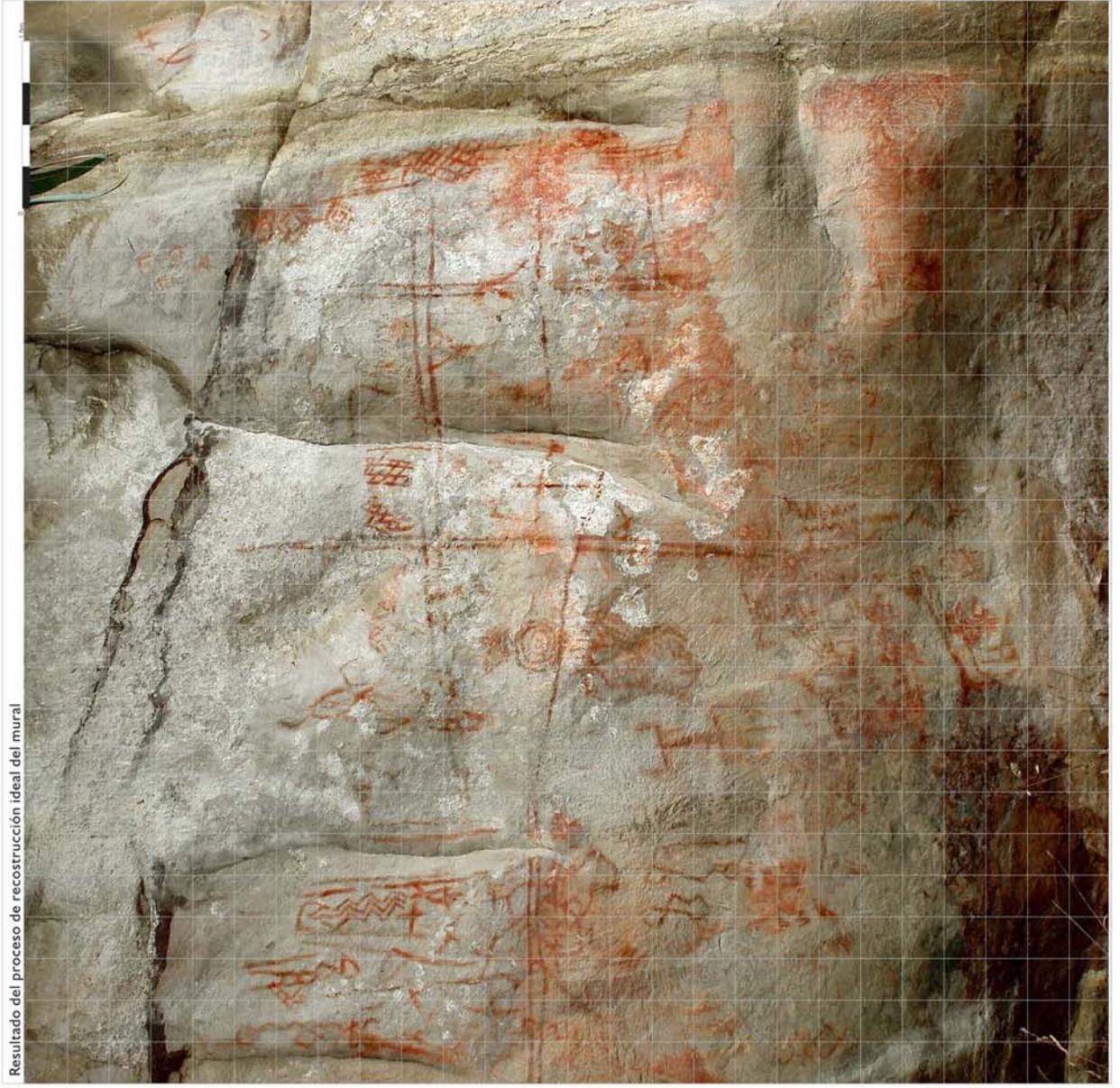
Digitalización original de la fotografía



Resultado de líquenes u otros deterioros



Abstracción esquematizada del mural



Resultado del proceso de reconstrucción ideal del mural



Diferenciación de superposición de pigmento



Atracción de mural



Huellas de la herramienta

Observaciones y otros detalles

Las fotos de trabajo de campo son efectuadas en cámara digital o en cámara analógica y son escaneadas en alta resolución, obteniendo un archivo final de 30 megas. La totalidad de fotos son ensambladas produciendo un archivo 120 megas aproximadamente. Con este archivo se inician los trabajos de manipulación.
 La Piedra de La Cuadrícula fue trabajada fundamentalmente para observar los diversos deterioros sufridos por la humedad y la interperie, la presencia de líquenes y concreciones (blanquecinas), huellas de la herramienta y escurecimientos de la pintura.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z



3 LEVANTAMIENTO POR CARA (CONSERVACION)

CÓDIGO C.O|C.U.S.O.A|0.3|P.1|0.1.5|B

País Depto. Municipio Zona Localidad Número

Criterios: Manipular con los procesadores (Photoshop, Corel Paint) los diversos colores para observar satirados la presencia de diversos elementos presentes en el mural. Manipulación al verde.

Los sectores verdes muestran la presencia de material orgánico



1. Cara 1

2. Número de grupos 5



A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1 H1 I1 J1 K1 L1 M1 N1 O1 P1 Q1 R1 S1



3 LEVANTAMIENTO POR CARA (CONSERVACION)

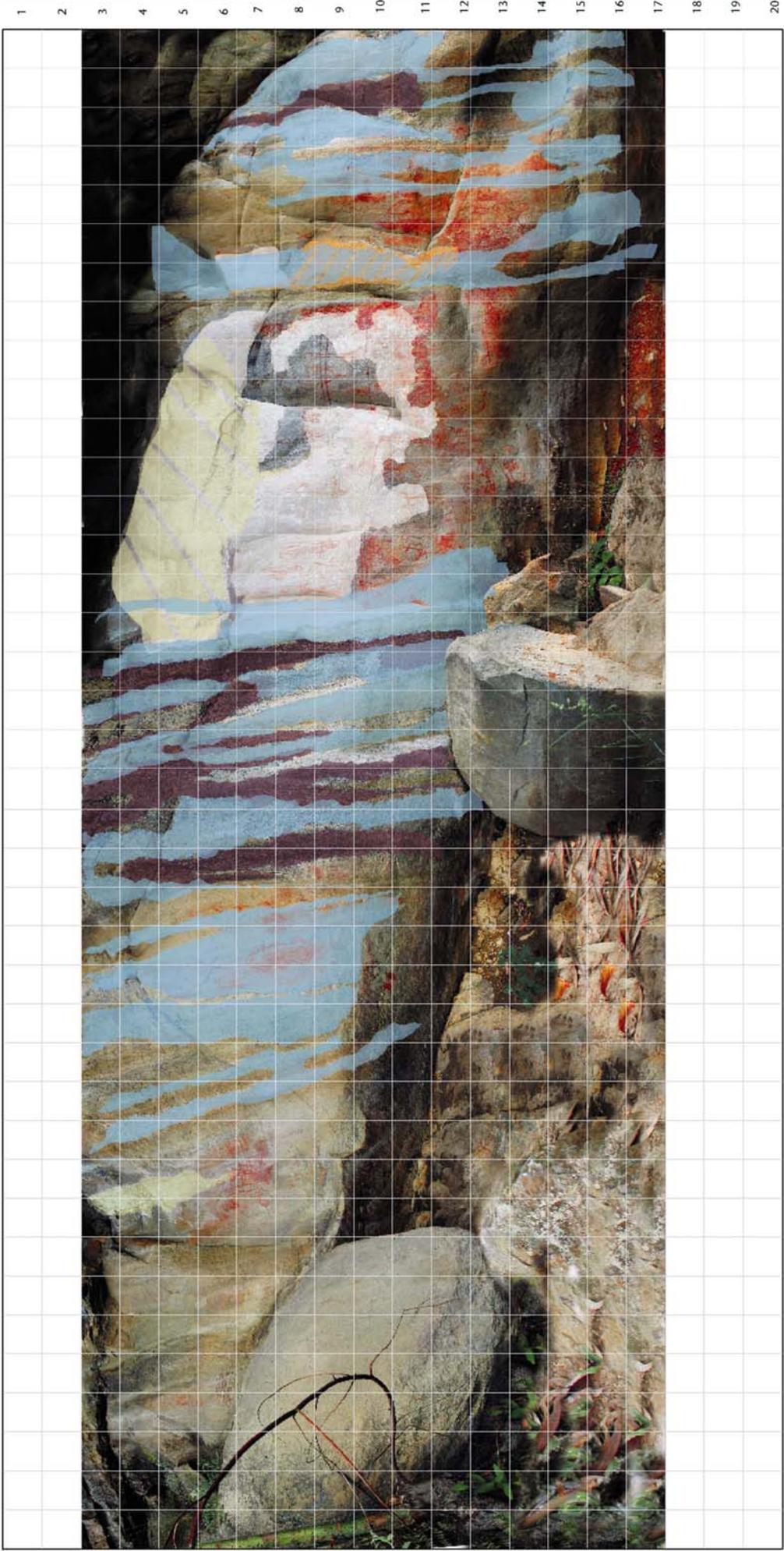
Criterios: Incluya las alteraciones que usted considere estan afectando el mural. Utilice herramientas y colores para demarcar las areas que puedan ser determinadas y use convenciones para mostrarlas.
Amarillo: Escurecimiento de aves; **Azul:** caída de agua; **Blanco:** concreciones calcareas; **carmelito:** material orgánico.

CÓDIGO C.O|C.U|S.O.A|0.3|P...|I|0.1.5|B|
País Dpto. Municipio Zona Monumento Numero

- 1. Cara 1
- 2. Número de grupos 5

	Escurecimiento de aves		Material Calcáreo		Patina de la roca
	Escurecimiento de Agua		Suelo desprendido del techo		Escamación

ESCALA
0 1,50m



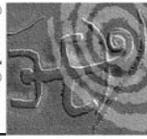
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1 H1 I1 J1 K1 L1 M1 N1 O1 P1 Q1 R1 S1

CÓDIGO

C O C U S O A 0 3 P I 0 4 4

País Depto. Municipio Zona Modalidad Número ocals

Nombre	Código	No. caras	Orient.	Observaciones	Formas principales	Esquema general
	C O C U S O A 0 3 B P I 0 1 3	1		<p>Figuras: 10 Aprox. Técnica: Dactilar Color: Rojo Estado Conservación: Aceptable.</p>		
<p>PIEDRAS DEL ALTO (Miguel Triana)</p>	C O C U S O A 0 3 A P I 0 0 5	1		<p>Figuras: 9 Aprox. Técnica: Pincel y Dactilar Color: Rojo Estado Conservación: Aceptable, Algunos escurrimientos de agua.</p>		
	C O C U S O A 0 3 A P I 0 0 6	1		<p>Figuras: 9 Aprox. Técnica: Pincel y Dactilar Color: Rojo Estado Conservación: Aceptable, Algunos escurrimientos de agua.</p>		
<p>Sha11 (Wenceslao Cabrera Ortiz)</p>	C O C U S O A 0 3 B P I 0 0 8	3		<p>Figuras: Cara 1: 40Aprox. Técnica: Pincel y Dactilar Color: Rojo Estado Conservación: Algunos escurrimientos de agua, Alto vandalismo.</p>		
<p>"LA LEONA" (Miguel Triana)</p>	C O C U S O A 0 3 B P I 0 2 0	2		<p>Figuras: Cara 1: 60Aprox. Técnica: Pincel y Dactilar Color: Rojo Estado Conservación: Algunos escurrimientos de agua, Abrasión.</p>		



PROYECTO DE DOCUMENTACION DE ARTE RUPESTRE

SISTEMA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE DATOS

FORMATO DE MUESTRAS DE ESTUDIO

02 CÓDIGO C O C U S O A 0 3 P 1 0 1 5
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

01 NOMBRE DEL YACIMIENTO "Piedra La Cuadrícula"

SINTESIS

030 Proyecto	Maestria Erasmus Mundus 2006-2008	040 Cuaderno de salida	01/11-07,02/01-08,03/03-08
031 Instituciones	GIPRI, UTAD, IPT, IPH	050 Ficha Histórica	007/2008
032 Registrado por	GIPRI	007 Cuaderno Tradición Oral	
033 Fecha	Noviembre 07-Marzo 08	008 Laboratorio Digital	CUADRICULA 01

M01 Total de muestras	4
M02 No. Orgánicas	?
M03 No. Inorgánicas	?
M04 Costos totales	?

No. Muestra 3 y 4
 Tipo de muestra Pigmento y Pátina
 Tipo de análisis Espectrometría IR
 Características Roja, 2 capas
 Objetivo Componentes mineralógicos
 -Q6



Observaciones:
 Dos muestras en dos capas distintas primera pigmento + pátina, segunda, sólo pigmento

No. Muestra 5
 Tipo de muestra Pigmento
 Tipo de análisis Espectrometría IR
 Características Roja, Tonalidad mas oscura
 Objetivo Componentes mineralógicos
 -R49



Observaciones:
 Mano pequeña
 Tamaño de la muestra 2 cm²

No. Muestra 6
 Tipo de muestra Pigmento+Sustrato+Líquido
 Tipo de análisis Espectrometría IR
 Características Desprendimiento de sustrato
 Objetivo Componentes mineralógicos
 -I5



Observaciones:
 Materiales orgánicos entre la capa superficial y el interior de la roca



PROYECTO DE DOCUMENTACION DE ARTE RUPESTRE
SISTEMA DE REGISTRO Y ARCHIVO DE DATOS
FORMATO DE MUESTRAS DE ESTUDIO

01 NOMBRE DEL YACIMIENTO

"Piedra La Cuadrícula"

02 CÓDIGO

C O | C U | S | O | A | 0 | 3 | P | 1 | 0 | 1 | 5 |
País Depto. Municipio Zona Modalidad Número

SINTEISIS

030 Proyecto	Maestría Erasmus Mundus 2006-2008	040 Cuaderno de salida	01/11-07,02/01-08,03/03-08
031 Instituciones	GIPRI, UTAD, IPT, IPH	050 Ficha Histórica	007/2008
032 Registrado por	GIPRI	007 Cuaderno Tradición Oral	
033 Fecha	Noviembre 07-Marzo 08	008 Laboratorio Digital	CUADRICULA 01

M01 Total de muestras	4
M02 No. Orgánicas	
M03 No. Inorgánicas	
M04 Costos totales	

<p>No. Muestra <u>9</u></p> <p>Tipo de muestra <u>Excrementos de pajaros</u></p> <p>Tipo de analisis <u>Espectrometría IR</u></p> <p>Características <u>Reciente</u></p> <p>Objetivo <u>Composición mineralógica</u></p>				<p>Observaciones: La muestra es muy reciente, sin descomposicion</p>
--	--	--	--	--

<p>No. Muestra <u>7 y 8</u></p> <p>Tipo de muestra <u>Concreciones</u></p> <p>Tipo de analisis <u>Espectrometría IR</u></p> <p>Características <u>Blanca con gran dureza</u></p> <p>Objetivo <u>Componentes mineralógicos</u> <u>H1-9</u></p>				<p>Observaciones: Dos capas, una superficial y la otra interna de sólo la concreción.</p>
---	--	--	--	---

<p>No. Muestra <u>1</u></p> <p>Tipo de muestra <u>Sustrato</u></p> <p>Tipo de analisis <u>Espectrometría IR</u></p> <p>Características <u>Roca arenisca amarilla</u></p> <p>Objetivo <u>Componentes mineralógicos</u> <u>G-7</u></p>				<p>Observaciones:</p>
--	--	--	--	-----------------------

CONCLUSIONES

Los estudios del arte rupestre en sus inicios estaban fundamentalmente interesados en establecer los vínculos entre las representaciones (motivos rupestres) y los períodos a los cuales ellos correspondían. La coherencia entre las tipologías, la tecnología y los períodos de ocupación, fueron por años problemas fundamentales, que originaron un cierto tipo de desarrollo explicativo del sentido y de la función del arte rupestre. El proceso de esta dinámica se ha venido ampliando y además de atender fundamentalmente a los motivos rupestres que registraban y transcribían para hacer las interpretaciones, dedican ahora su trabajo, a nuevos campos de investigación sobre la conservación de los sitios y a los contextos en que estos yacimientos se encuentran. Hoy la descripción de los yacimientos rupestres, tanto en cuevas como en cielo abierto, se ha venido ampliando y con ello, diversos temas aparecen como fundamentales dentro de la descripción, que permite diagnosticar las condiciones de alteración, pero también en resolver preguntas en torno a las prácticas usadas para su ejecución y en general, para entender los procesos tecnológicos presentes en la dinámica cultural asociados al arte rupestre.

La descripción de un yacimiento, la reseña total de sus particularidades amplían el rango de las investigaciones, incorporando diversas áreas del conocimiento teórico y práctico a la reconstrucción de procesos, que son sólo posibles con la colaboración de otras disciplinas auxiliares de la arqueología. La especialización en estas áreas ha generado desde la química, física y la biología el estudio de los materiales y la reconstrucción de la relación del hombre y la naturaleza, además de las características propias de los materiales y la conservación de estos como patrimonio social de una cultura o como patrimonio histórico de la humanidad.

En relación a la investigación del arte rupestre en Colombia, aunque existe una antigua tradición de exploración y registro, sólo hasta los últimos años esta

dinámica ha empezado a establecer vínculos con los desarrollos de la arqueología y con los apoyos de las ciencias básicas. El rigor metodológico de los registros comienza a establecerse desde los diversos modelos metodológicos estructurados en los últimos 38 años por GIPRI-Colombia (Muñoz, 2006c; GIPRI, 1998). Sin embargo, las condiciones y el contexto colombiano no han sido lo suficientemente favorables para desarrollar aún más todas y cada una de las opciones, que este proceso requeriría. A pesar de esto, en Colombia, desde la década de los noventa, se iniciaron los estudios sobre los materiales, la identificación de los pigmentos con el Microscopio Electrónico de Barrido y el trabajo de restauradores que se encuentran como base fundamental de los estudios de pigmentos de algunos murales en el departamento de Boyacá. De igual manera, las reconstrucciones crono-estratigráficas, los estudios geológicos y palinológicos han contextualizado las posibles asociaciones que los trabajos de arte rupestre pueden tener. En los últimos 10 años también algunos investigadores se han ocupado en los trabajos de datación y el último informe producido por Carlos Castaño y Thomas van der Hammen (1998, 2006), constituyen un avance significativo en las dataciones de las pinturas de Chiribiquete.

En este contexto, la tesis de grado que aquí se presenta, constituye un aporte adicional a la comprensión de las cadenas operativas de producción del arte, y en ese marco en particular, al análisis de las materias primas, a los pigmentos, a las concreciones y a los estudios del sustrato de arenisca, relativas a las pinturas en el altiplano Cundiboyacense en el sector de Tequendama, lugar en el que se han hecho los estudios más rigurosos de la arqueología colombiana, desde los años setenta.

La tesis no se limita a lo anteriormente enunciado, sino que pretende contribuir también a organizar un primer diagnóstico sobre el estado de conservación de las pinturas y la roca, como estación piloto, que permita observar las interacciones entre los pigmentos, el sustrato, la humedad y las condiciones climáticas, aspectos que no todos están desarrollados en profundidad en la tesis; pero que son fundamentales para la construcción de un modelo, que se ha venido desarrollando y reformulando en diversas fases, en la ficha de conservación que la autora junto con GIPRI inició desde 1996 (Modelo Metodológico).

Después de haber tomado 9 muestras en la Piedra de La Cuadrícula se realizaron los laboratorios de Espectrometría IR para reconocer la composición química y mineralógica de cada una de ellas. La gran facilidad de caracterización de

este método reside en que se ponen en evidencia agrupaciones moleculares que presentan una secuencia de bandas de absorción características en un ámbito de frecuencias preciso. Así se da acceso a un inventario de los constituyentes del cuerpo analizado, una especie de repertorio de estructuras que tienen que ser confrontadas con un patrón, que normalmente pertenece a las bases de datos del laboratorio.

Se utilizó el método de la pastilla de KBr, un método preciso, que aporta datos cualitativos y permite obtener datos cuantitativos en su composición. La preparación de las muestras es laboriosa y requiere de un protocolo y tiempo determinado: un día para preparar la pastilla, dos días más en el secado para eliminar la humedad y el siguiente para realizar el análisis espectrométrico, e interpretar los resultados observados en las gráficas. De igual forma, se requiere de una cantidad específica de muestra entre 0,75 y 2,5 mg, que aunque pequeña, no puede ser reutilizada en otros tipos de análisis de laboratorio, lo que constituye una dificultad adicional, pues como es comprensible, en ningún caso es adecuado intervenir el mural para extraer de estas muestras indiscriminadas, porque pondría en peligro la integridad misma del yacimiento, que se está estudiando (código de ética de IFRAO, Bednarik, 2007).

Es indispensable tener en cuenta que la espectroscopía IR tiene un problema con las muestras rojas y es que al estar cercanas a las longitudes de onda del rojo del espectro visible, la línea base de transmisión es baja. La razón es que existe una absorción inicial alta, que dificulta la visión de determinados compuestos, en algunos casos, donde la existencia de las hematites es alta, hasta de un 40%.

Los resultados para los pigmentos son: de las tres muestras de pigmentos dos de ellas muestran técnicas de fabricación semejantes a las utilizadas en la cerámica, es decir, que la materia prima debió ser sometida a cambios de temperatura para obtener distintas tonalidades de rojo. Eso pudo observarse por la destrucción de la caolinita presente regularmente en los minerales arcillosos. La otra muestra de pigmento tiene características semejantes a los minerales arcillosos de las zonas tropicales, lo que puede reflejar que la materia prima debió ser aplicada directamente sin sufrir ninguna transformación, más que la de su triturado y su uso en el mural.

Para las muestras de concreciones, dos de ellas corresponden a minerales de

procedencia biogénica. Uno de ellos silicatos y el otro monohidrocalcita. Estos dos biominerales se desarrollan en este yacimiento, pues existe un ambiente propicio, caracterizado por alta presencia de agua. Son notables la filtración y la humedad derivada de la filtración desde un pozo en la parte alta de la roca, como de la capilaridad proveniente del suelo, produciendo de esta forma, daños irreparables en el sustrato y el mural rupestre. Para la tercera muestra de concreciones, excrementos de pájaro, se encontraron evidencias solamente de materiales orgánicos y no mineralógicos, pues se trataba de un material reciente en el mural. Pero que muy seguramente, se convertirán en fosfatos, otro mineral que afectará el estado de conservación.

Con relación a los resultados obtenidos de los ocre, encontrados en la base de la roca se observó, que están compuestos de minerales arcillosos, lo que hace suponer, que pudo ser la materia prima para la fabricación de los pigmentos del mural estudiado. Este material fue manipulado en una prueba adicional, que consistió en someterla a aumento de temperatura en un determinado intervalo de tiempo, lo que mostró efectivamente un cambio de color, hacia tonalidades más rojas que anaranjadas. Estas pruebas han ayudado a entender algunos de los procesos de transformación de la goethita en hematites pero no ha sido un experimento completo, ya que no se han realizado intervalos de temperatura sistemáticos. Será necesario mejorar la metodología utilizada en este trabajo con un mayor control de los intervalos de tiempo y temperatura. También será necesario buscar otras posibles fuentes de materia prima de ocre cerca de La Piedra de La Cuadrícula y ubicar las concentraciones relativas de los pigmentos en los estratos geológicos de diversas zonas, donde también se efectuaron pinturas con el propósito de ampliar las opciones para demostrar en forma concluyente si todos y cada uno de los pigmentos fueron o no sometidos a procesos de calentamiento.

Este estudio podría igualmente permitir algunas periodizaciones de las actividades tecnológicas y técnicas presentes en la pintura rupestre. Si las distintas cronologías ya existentes encuentran alguna correspondencia con los estudios y variaciones de los materiales, los estudios del arte rupestre aportarían aspectos adicionales a la ampliación del conocimiento de las culturas que habitaron el territorio.

El estudio de los pigmentos puede ser importante, no sólo para entender la forma como fueron realizadas las pinturas rupestres, sino también porque puede ayudar a reconstruir procesos técnicos de adquisición de materia prima, utilización e incluso el abandono de éstos, es decir una cadena operatoria que muestre las técnicas de fabricación y consumo de estos materiales, los cuales pudieron ser utilizados en otras actividades al mismo tiempo (ceremoniales, rituales, construcción y decoración de cerámicas, tratamientos de pieles, etc.) o corresponder a un proceso lento de utilizations diversas y variaciones en el tiempo, constituyendo así un desarrollo, un conjunto de etapas, pero también una unidad cultural de actividades. Las distintas funciones obviamente están ligadas a las propiedades de estos materiales en el caso de la arcilla, que por sus componentes minerales, le dan muchas posibilidades de uso: para colorear, como agentes abrasivos, como agentes homogenizadores o conservantes.

Por otra parte, si la utilización de estos materiales fue directa, es decir si los pigmentos fueron aplicados directamente al sustrato para hacer los dibujos, o por el contrario, aplicados después de sufrir alteraciones, es decir como resultado de un proceso de actividades para la fabricación previa de un polvo, que combinado con otros elementos, incluso agua, podría ser puesto sin más cambios en la construcción del mural. Pero también es posible que estos materiales sean el resultado de procesos diversos, dentro de los cuales estarían las alteraciones físicas y químicas obtenidas por el calentamiento de la materia prima, por la mezcla con otros materiales, para variar su color, o agregando materiales aglutinantes para cambiar su consistencia y adherencia al sustrato, como una pasta viscosa, cuya cantidad de pigmento puesta en el mural, es suficientemente gruesa, y garantiza la permanencia de los trazos a pesar de las alteraciones (escurrimientos y degradación).

De igual forma, el estudio de la composición mineralógica de las concreciones o materiales agregados sobre las pinturas y de los materiales que componen el sustrato, permiten iniciar el estudio de los cambios físico químicos, que se realizan en la roca y que afectan la composición de las pinturas. A pesar de que esta tesis ha podido detectar algunos aspectos relativos a la dinámica entre dichas concreciones y el sustrato rocoso, es necesario ampliar en futuras investiga-

ciones, con nuevos análisis de laboratorio, la identificación de los micro-organismos, que generan un ambiente bio-mineralógico, que ha venido deteriorando, tanto el sustrato, como el mural pictórico. Incluso esta vía de de estudia en el futuro llevar a estudios de procesos de formación de estos minerales, resultados que pueden ser pensados como dataciones relativas de las pinturas rupestres del mural en estudio.

Además del tipo de laboratorio usado en esta tesis es indispensable realizar otros procedimientos de análisis para confrontar los resultados aquí obtenidos, que se efectuarán en los estudios del doctorado. La difracción de rayos X (DRX), la microscopía electrónica de barrido y de transmisión (SEM-EDS), la microespectroscopía Raman (μ -Raman), la fluorescencia de rayos X (FRX), los análisis por PIXE-PIGE son algunas de las técnicas utilizadas frecuentemente para obtener datos sobre la composición elemental de los pigmentos, su disposición, técnica de preparación y de aplicación en el soporte. Estas técnicas requieren una cantidad de muestras ínfima y combinadas entre si permitirán obtener datos de la composición elemental de los pigmentos, su disposición en el soporte, la técnica de preparación y de aplicación. De igual forma, pueden ser útiles análisis estratigráficos de la superficie de soporte, análisis de los estados de la superficie de los fragmentos pintados e identificación de su morfología.

Lo importante sería poder ligar estas informaciones al contexto arqueológico e intentar comprender con alguna precisión el modo como realizaban las pinturas. De igual forma, es esencial determinar con precisión las condiciones de alteración, diagnosticar su estado para construir diversas estrategias y contrarrestar el deterioro del mural para que pueda ser testimonio del pensamiento y del lenguaje complejo de representación de las culturas precolombinas colombianas. Por último, otro de los objetivos es la continuación de los estudios que conducirían a la realización de dataciones de las pinturas rupestres, en la medida en que sus componentes químicos lo permitan. Este programa de investigación tuvo este objetivo desde su inicio, pero se consideró metodológicamente más apropiado evacuar, en primera instancia, los estudios sobre los materiales, es decir, los estudios arqueométricos aquí realizados, para hacerlo luego en el proceso del doctorado.

BIBLIOGRAFÍA

ABREU, Mila Simões de; FOSSATI, Angelo; JAFFE, Ludwig. 1991. *Gravado no tempo : A Arte Rupestre da Valcamonica, Italia*. Museu Nacional de Arqueologia, Mosteiro dos Jerónimos, Belém / realiz. da Cooperativa Archeologica "Le Orme dell'Uomo". - ed. portuguesa. - Cerveno. 18 Maio - 23 Junho, p. 12

ABREU, Mila Simões y JAFFE, Ludwig. 1995. *Immorality, Irresponsibility and Unethical behaviour: The case of The Côa Valley*. CESMAP - Centro Studi e Museo d'Arte Preistorica, Torino.

_____ 1995. *Projecto Gravado no Tempo, Portugal : Inventário total da Arte Rupestre: 1991-1993*. En: Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia. - Vol. 35, fasc. 2. p. 417-431.

ALCALÁ BERNÁRDEZ, Manel, 2006. *Utilización de la Espectroscopia NIR en el control analítico de la industria farmacéutica. Desarrollos iniciales en PAT*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona

ALVAREZ M.P. et al. 2003. *Rescate del parque arqueológico de Facatativá. Primera Fase*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Bogotá.

ANDREWS, David L. 1999. *Electromagnetic Radiation*. University of East Anglia, Norwich UK. En *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry, Three-Volumen Set*. 2000. Volumen: *Fundamental of Spectroscopy. Theory*. Ed. Elsevier. p. 397-401.

ARANGO, J. 1995. *Conservación preventiva de pictografías de El Pedregal, Sogamoso*. Tesis Escuela Nacional de Conservación y Restauración, Bogotá. 1995.

ARCILA, Graciliano. 1996. *Memorias de un origen: caminos y vestigios*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

_____ 1956. *Estudio Preliminar de la Cultura Rupestre en Antioquia: Támesis*. En: *Boletín de Instituto de Antropología*. Universidad de Antioquia. Medellín, Vol 2, No 5, p 5-23, Septiembre.

- BATEMAN C. MARTÍNEZ A. 1999. *Técnica elaboración pictografías en Farfacá Boyacá*. Tesis de Grado. Universidad Externado de Colombia.
- BEDNARIK, R. 2007. *Rock Art Science. The Scientific Study of Palaeoart*. Aryan Books International, New Deli, India.
- BECERRA, José Virgilio. 1990. *Arte precolombino. Pinturas rupestres de Duitama*. Departamento de Antropología Universidad Nacional de Colombia.
- BOTIVA, Alvaro. 1986. *Arte Rupestre del Río Guayabero*. Informes antropológicos. ICAN, Bogotá.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1975. *Los silicofitolitos: Sinopsis de su conocimiento*. Darwiniana 19: 173-206.
- BRUNET, J. VOUVÉ, J. 1996. *La conservation des Grottes Ornées*. CNRS Editions. Paris.
- _____ 1988. Les cavités préhistoriques ornées et les problèmes biologiques : l'exemple de Lascaux et ses enseignements. Actas des Journées d'études de la S.F.I.I.C. Patrimoine Culturel et Alterations Biologiques. Poitiers, Francia.
- BRUNET, J., VIDAL, P. y VOUVE, J. 1988. *Rock Art Conservation: Two Studies - Illustrated Glossary Studies and Documents on the Cultural Heritage*, (7):226 pgs, UNESCO, Paris.
- _____ 1991. *Les Grottes des Combarelles (Les Eyzies, France): Apports de la Connaissance de l'Environnement a la Conservation des Gravures* in *Rock Art and Posterity. Conserving, Managing, and Recording Rock Art*. Part 1: Rock Art Conservation and Site Management Occasional AURA Publication, (4):57-65, Australian Rock Art Research Association , Melbourne, Australia.
- CABRERA ORTIZ, Wenceslao. 1970. *Monumentos Rupestres de Colombia. Cuaderno Primero: Generalidades. Algunos Conjuntos Pictóricos de Cundinamarca*. Bogotá, Revista Colombiana de Antropología. Imprenta Nacional. Vol. 14.
- _____ 1946. *Pictógrafos y Petroglifos*. Boletín de Arqueología. Bogotá, tomo II.
- CÁMARA DE COMERCIO. *Parque Ecológico "La Poma"*. camara.ccb.org.co/contenido/contenido.aspx?catID=70&conID=285&pagID=231

CASTAÑO-URIBE, C y van der HAMMEN, Thomas. (Ed.) 1998. *Chiribiquete, la peregrinación de los jaguares*. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá.

_____ 2006. *Arqueología de Visiones y Alucinaciones del Cosmos Felino y Chamanístico de Chiribiquete*. Parques Nacionales Naturales de Colombia, Bogotá.

COLLADO GIRALDO, Hipólito. 2000. *Reflexión crítica y conclusiones sobre la interpretación y el encuadre cronológico de la pintura rupestre esquemática en la Extremadura española*. En: *Arte Pré-histórica Europea*. Coord. Ana Rosa Cruz, Luiz Oosterbeek. - Tomar : CEIPHAR - Centro Europeu de Investigaçao da Pré-História do Alto Ribatejo. p. 103-144.

_____ 2006. *Arte Rupestre en la Cuenca del Guadiana: El conjunto de grabados del Molino Manzánaz*. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura, Area de Prehistoria, Departamento de Historia, Facultad de Filosofía y Letras, Junio.

CORREAL URREGO, Gonzalo y HAMMEN van der Thomas. 1977. *Investigaciones arqueológicas en los Abrigos Rocosos del Tequendama. 12 000 años de Historia del Hombre y su Medio Ambiente en la Altiplanicie de Bogotá*. Fondo de Promoción de la Cultura, Banco Popular, Bogotá.

_____ 1990. *Evidencias Culturales durante El Pleistoceno y Holoceno de Colombia* En *Revista de Arqueología Americana*, no 1, pp. 69-89.

DOMASLOWSKI, W. 1982. *La Conservation préventive de la Pierre*. Musées et Monuments XVIII. Unesco, Paris.

DRENNAN, Robert. 1993. *Sociedades Complejas Precolombinas: Variación y Trayectorias de Cambio* En: *Memorias VI Congreso de Antropología en Colombia : la construcción de las Américas* ed. Bogotá : Universidad de los Andes, 1993

DUQUESNE, JOSÉ DOMINGO. 1795. *Disertación sobre el calendario de los muiskas, indios naturales de este Nuevo Reino de Granada*, dedicada al Sr. D. D. José Celestino Mutis, Director General de la Expedición Botánica por S. M.

ENCISO, Braidia y THERRIEN, Monika. 1996 *Compilación bibliográfica de datos arqueológicos de la Sabana de Bogotá, siglos VII al XVI D.C.* Volumen I, Ican, Colcultura, Bogotá.

- d'ENRRICO, F. DUBREUIL, L. 2005. *Autilização dos Corantes em Pré-História: O Exemplo de Santa Elina*. En *Pré-História do Mato Grosso*. Cidade de Pedra. Vol. 2. Edusp, Brasil.
- FERNANDEZ, Carmelo; PRICE, Henry; PAZ, Manuel María. 18850-1859. *Planchas de la Comisión Corográfica. Album Pintoresco de la Nueva Granada*. Biblioteca Nacional, Bogotá.
- FOUCAULT, A. & RAOULT, J-F. 1985. *Diccionario de Geología*. Barcelona. Edit. Masson S.A. 316 p.
- FRÖHLICH, F. 2008. *Curso QP18 Spectroscopie Infrarouge*. Centre de Spectroscopie Infrarouge. Muséum National d'Histoire Naturelle, 18-22 enero.
- FRÖHLICH, F., GENDRON-BADOU, A., 2002. *La spectroscopie infrarouge, un outil polyvalent*. In: Miskovsky, J.C. (Ed.), *Géologie de la Préhistoire: Méthodes, techniques, applications*. Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, Paris, pp. 663-677.
- GHISLETTI, Luis. *Los Muiscas*. 1954. *Una Civilización Precolombina*. Biblioteca de Autores Colombianos, Bogotá.
- GIRÓN, Lázaro Ma. 1892. *Las piedras grabadas de Chinauta y Anacutá. Informe del Auxiliar de la Subcomisión 3a de las Exposiciones de Madrid y Chicago*, Imprenta de Antonio Silvestre, Bogotá.
- GÓMEZ y GUERRERO. 1997. *Informe final de los procesos técnicos realizados para la recuperación del conjunto pictográfico en el municipio de Sutatausa*. Empresa Colombiana de Petróleos Gasoducto Centro Oriente, línea La Belleza-Cogua, Bogotá
- GÓMEZ Merino, Gala. 2007. *Caracterización mineralógica mediante Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) de los ocre del yacimiento Magdalenense del Molí del Salt (Vimbodí, Conca de Barberà)*. Tesis Master Erasmus Mundus en Quaternari i Prehistòria. Màster oficial en Arqueologia del Quaternari i Evolució Humana. Universitat Rovira i Virgili.
- HAMMEN van der, Thomas. 1992. *Historia Ecología y Vegetación*. Corporación Araracuara, FEN de Colombia, Fondo de Promoción de la Cultura, Bogotá.
- HAMMEN van der, Thomas; HOOGHIEMSTRA, Henry; HELMENS, Karin. 1995. *Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y alrededores*. En *Rev. Análisis Geográficos* No. 24 Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Subdirección de Geografía, Bogotá.

- IDEAM. 2001. *Manual El Medio Ambiente en Colombia* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales www.ideam.gov.co/publica/index4.htm, Bogotá.
- INGEOMINAS. 2006. *Breve evolución geológica de Colombia*. En Mapa Geológico de Colombia. www.ingegominas.gov.co
- INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA (ICANH). 2007. *Proyecto: Información Temática sobre bibliografía Arqueológica de la Sabana de Bogotá. Siglos XI A.C. al XVI D.C.* Directora: Braidá Enciso. Bogotá.
- IÑIGUEZ H. J. 1967. *Altération des Calcaires et des Grés utilisés dans la construction*. ICOM, Paris.
- ISAACS, Jorge. 1967. *Las Tribus Indígenas del Magdalena*. Sol y Luna, Bogotá.
- JONES, M.S., WAKEFIELD, R.D., FORSYTH. G. 1999. *Presencia de minerales poco comunes en la roca alterada de un edificio medieval escocés colonizado por organismos biológicos*. En Rev: *Materiales Construcción*, Edición, Vol. 49 (256):3-14).
- LAGE. M. C. S. M. 1996. *Análise Química de Pigmentos de Arte Rupestre do Sudeste do Piauí*. En *Revista de Geologia*, Vol. 9: 83-96. Universidad Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Fortaleza, Brasil.
- _____ 2006. *Arqueometria*. En *Consolidação Estrutural da Toca da Entrada do Pajaú. Parque Nacional Serra da Capivara. Diagnóstico e Proposta de Intervenção*. Cuadernos do Patrimônio Cultural do Piauí. IPHAN, Brasil p. 83-94.
- LANGENBAEK, CARL. 2003. *Arqueología colombiana Ciencia, pasado y exclusión*. Colciencias, Bogotá.
- LETOURNEUX, C. 1996. *L'analyse physico-chimique de la matière picturale : de l'interprétation à l'analyse de données brutes*. En : D.E.A. Préhistoire. Matières et Techniques Préhistoriques. Francia.
- LLERAS, Roberto. 2005. *Quién Interpreta a Quién? Los Muisca en la Literatura Histórica y Antropológica*. Academia Colombiana de Historia, Bogotá.
- LORBLANCHET M. 1995. *Analyses des Pigments Pariétaux*. En : *Les grottes ornées de la Préhistoire. Nouveaux regards*. Editions Errance, Francia.
- MAREL van der H. W. BEUTELSPACHER H. 1976. *Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

MENU, M. WALTER, P. 1996a. *Matières picturales et techniques de peinture*. En: Brunet, J., Vouvé, J. (Eds.), *La Conservation des Grottes Ornées*. CNRS, París, pp. 31-41.

_____ 1996b. *Les rythmes de l'art préhistorique*. En *Techne* 3, febrero.

_____ 1992. *Prehistoric cave painting PIXE analysis for the identification of paint "pots"*. En: *Nuclear Instruments and Methods yn Physics Resarch B64*. p. 547-552.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, *Biodiversidad, Ecosistemas, Vegetación*. web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/ecosistemas/vegetacion.htm

_____ *Geología de Colombia*. web.minambiente.gov.co/biogeo/menu/biodiversidad/ecosistemas/historia_geologia.htm#1

MONTOYA, Diana y REYES, Germán. 2005. *Geología de la Sabana de Bogotá*. Subdirección de geología Básica. Instituto de Geología y Minería, INGEOMINAS, Bogotá.

MULLER, Karpf. P., URIBE, JOSÉ M. Y BORDA, IGNACIO. 1938. *Jeroglíficos Colombianos*. Revista Cromos No. 1138, septiembre.

_____ 1939. *Jeroglíficos Milenarios y Jeroglíficos Modernos*, Popayán. Año 27 número 175.

_____ *Atte Voelker Kolumbienbs*. En publicación limitada.

MUÑOZ C. Guillermo. 2006a. *Metodologías y discusiones sobre el estudio del arte rupestre*. En: *Revista Rupestre Arte Rupestre en Colombia* Vol. 6 No.6 Editorial Cultura de los Pueblos Pintores GIPRI.

_____ 2006b. *Patrimonio y hallazgos. Arte rupestre en Mesitas de El Colegio*. Alcaldía cívica de El Colegio.

_____ 2006c. *Rock art in Colombia. Zone2: Colombia* En: *Rock art in Latin American and Caribbean*. ICOMOS. <http://www.icomos.org/studies/rock-latinamerica.htm>.

_____ 2006d. *Municipio de Soacha, Cundinamarca: Proyecto de estudio y documentación de zonas rupestres. Historia y Cultura Regional*. Alcaldía Soacha, Cundinamarca.

_____ 1998. *Modelo Metodológico para rescatar y documentar el patrimonio rupestre inmueble colombiano* /Guillermo Muñoz C., Judith Trujillo T., Diego Martínez C. Bogotá: GIPRI. Ministerio de Cultura, Programa de becas nacionales. Copia en computador. v.1 Informe, v.2 Anexos. Biblioteca Luis Angel Arango (709.01 M85m 20 ed).

_____ 1985. *Historia de la Investigación del Arte Rupestre en Colombia* (Altiplano cundiboyacense - 1a. versión, Congreso de Americanistas).

NAVAS CAMACHO, Orlando. 2003. *Anatomía Geológica de Colombia*. Sociedad Geográfica de Colombia. www.sogeocol.edu.co/conjunto2.htm

OOSTERBEEK, Luiz. 2000. *Continuidade e descontinuidade na Pré-História : Estatuto Epistemológico da Arqueologia e da Pré-História*. Sociedade Portuguesa de Antropologia e Etnologia, Porto, - p. 24.

_____ 2003. *Da investigação à cenografia : construções de meta-realidades*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Departamento de Ciências e Técnicas do Património. Laboratório de Conservação e Restauro. Centro de Estudos Arqueológicos da Universidade do Porto ; Coimbra : Centro de Estudos Arqueológicos da Universidade de Coimbra, - [4].

_____ 2005. *Arqueologia: colectânea de apontamentos* [Tomar : s.n.].

PEPE, C. CLOTTE, J. MENU, M. WALTER, P. 1991. *Le liant des peintures paléolithiques ariégeoises*. En : C.R. Acad. Sci. Paris, t. 312, Série II, p 929-934.

PÉREZ de BARRADAS, José. 1941. *El Arte Rupestre en Colombia*. Instituto Bernardino de Sahagún, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

_____ 1951. *Los Muiscas antes de La Conquista*. Vol. I y II. Instituto Bernardino de Sahagún, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

PLAZAS, Clemencia. 1975. *Nueva metodología para la clasificación de la orfebrería prehispánica : Aplicación en una muestra de figuras antropomorfas (tunjos) de la zona Muisca*. Jorge Plazas, Bogotá.

PINTO NOLLA, María. 2003. *Galindo, un sitio a cielo abierto de cazadores-recolectores en la Sabana de Bogotá, Colombia*. FIAN, Banco de la República, Bogotá.

QUIORED, 2002-2004. Proyecto de Innovación de Recursos Educativos de Química Orgánica. *Elucidación estructural: espectroscopía de infrarrojo*. www.ugr.es/~quiored/espec/ir.htm

- REICHEL-DOLMATOFF, Gerardo. 1997. *Arqueología de Colombia. Un texto introductorio*. Presidencia de la Republica, Bogota.
- RESTREPO, Gabriel y Olga. 1986. *La Comisión Corográfica: El descubrimiento de una nación, Historia de Colombia*, Fasc. No. 59, Salvat editores, Bogotá.
- RIVERA ESCOBAR, Sergio. 1992. *Neusa 9 000 años de presencia humana en el Páramo*. FIAN, Banco de la República, Bogotá.
- RIVET, Paul. 1929. *Petroglifos y Antigüedades Colombianas*. En Periódico de la Sociedad de Americanistas.
- RODRIGUEZ CUENCA, José Vicente. 1999. *Los Chibchas: Pobladores Antiguos de los Andes Orientales. Adaptaciones Bioculturales*. FIAN, Banco de la República, Bogotá.
- ROSENFELD, Andrée. 1988. *Rock Art Conservation in Australia*. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.
- SANTAMARIA PUERTO, Miguel (Fray). 1977. *Lenguaje escrito aborigen de Colombia. Ciudad de Tunja. I parte. Tunja: Dominicos*.
- SANTOS, L. M. ; FARIAS FILHO, B. B.; FONTES, L. M.; CAVALCANTE, L. C. D.; LAGE. M. C. S. M.; FABRIS, J. D. 2007. *Análise Química de Pigmentos e Produtos de Alteração do Sítio Pedra do Castelo*. 47 Congreso Brasileiro De Quimica. Septiembre, Natal, Brasil.
- SILVA CELIS, Eliecer. 1961. *Pintura Rupestre Precolombina de Sáchica, Valle del Leiva*. Bogotá. Revista Colombiana de Antropología, Vol. 10.
- SMITH, D.C. BOUCHARD, M. 2005. *Análise não destrutiva por Microscopia Raman dos Pigmentos nas Pinturas Parietais*. En Pré-História do Mato Grosso. Cidade de Pedra. Vol. 2. Edusp, Brasil.
- SOLEILHAVOUP, Francois. 1997. *Evaluation du Potentiel d'Alterabilite de l'Art Rupestre a l'Air Libre*. En Pictogram, Vol. 9(2):40-45, South African Rock Art Research Association , Okahandja, Namibia.
- _____ 1995. *Les Supports Rocheux: Alterations et Bioconstructions, Temoins d'Archeoenvironnements*. En Repertoire des Petroglyphes d'Asie Centrale, Sibirie du Sud 2: Tepsej I-III, Ust'-Tuba I-IV (Russie, Khakassie) Memoires de la Mission Archeologique Francaise en Asie Centrale, Vol. 2:41-67, Diffusion de Boccard , Paris, France.

_____ 1986. *Les Surfaces de l'Art Rupestre en Plein Air: Relations avec le Milieu Biophysique et Methodes d'Etude*. En *L'Anthropologie*, Vol. 90:743-782, Paris, France.

_____ 1985. *Les Paysages de l'Art Rupestre de Plein Air: Vers une Normalisation des Methodes d'Etude et de Conservation*. En *Rock Art Research*, Vol. 2(2):119-139, Australian Rock Art Research Association, Melbourne, Australia.

_____ 1980. *Les Alterations des Gravures Rupestres et leur Interet pour l'Etude des Environnements Pre et Prohistoriques dans l'Atlas Saharien (Algerie)*. En *L'Anthropologie*, Vol. 84(4):535-563, Paris.

SPRAGG, RA. 1999a. *IR Spectrometers*. Perkin-Elmer Analytical Instruments, Beaconsfield, Bucks, UK. En: *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, Three-Volumen Set. 2000. Capitulo: *Vibrational, Rotational & Raman Spectroscopies Methods & Instrumentation*. Ed. Elsevier. p. 1048-1057.

_____ 1999b. *Spectroscopy Sample Preparation Methods* Perkin-Elmer Analytical Instruments, Beaconsfield, Bucks, UK. En *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, Three-Volumen Set. 2000. Capitulo: *Vibrational, Rotational & Raman Spectroscopies Methods & Instrumentation*. Ed. Elsevier. p.1058-1066.

STEELE, Derek. 1999. *IR Spectroscopy*. Royal Holloway College, Egham, UK. En: *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, Three-Volumen Set. 2000. Capitulo: *Vibrational, Rotational & Raman Spectroscopies Methods & Instrumentation*. Ed. Elsevier.p.1066-1071

STUART, Barbara.2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications*, Wiley. England.

TOSELLO, G. 2005. *Alguns elementos sobre as Técnicas das Pinturas de Santa Elina*. En *Pré-História do Mato Grosso*. Cidade de Pedra. Vol. 2. Edusp, Brasil.

TRIANA, Miguel. 1922. *La Civilización Chibcha*. Bogotá. Escuela Tipográfica, primera edición.

_____ 1970. *El Jeroglífico Chibcha*. Bogotá, Bco. Popular.

TRUJILLO TELLEZ, Judith. 1998. *Aportes de la Tradición Oral al Estudio del Arte Rupestre en el Altiplano Cundiboyacense*. En revista *Rupestre: Arte rupestre en Colombia*. Vol. 2. No. 2 Bogotá.

_____ 2006. *La ruta de Bochica y el arte rupestre*. En Congreso UISPP, Workshop 19. Lisboa. En imprenta.

UNESCO y CENTRO CAMUNO DI STUDI PREISTORICI. 1983. Seminario Internacional : *Preservation et mise en valeur de l'art rupestre 1981-1983*. Valcamónica Italia.

ULLOA ULLOA, Carmen. MØLLER JØRGENSEN, Peter. 2004. *Flora Online Arboles y arbustos de los Andes del Ecuador*. flora.huh.harvard.edu/FloraData/201/Chapters/Original_Chapters/chapter-2_21May_04.shtml

VARIOS AUTORES, 2002. *Guía temática geografía*. Biblioteca Virtual del Banco de la República, www.lablaa.org/blaavirtual/geografia/indice.htm Bogotá.

VOUVE, J., BRUNET, J., SOLEILHAVOUP, F., BITON, M., and DELPORTE, H. 1984. Table Ronde sur le Theme *Les Causes de Degradation des Grottes Ornees in L'Art Parietal Paleolithique. Etude et Conservation*. Colloque International, Perigueux - Le Thot, 19-22 November. Actes des Colloques de la Direction du Patrimoine, :206-207, Ministere de la Culture de la Communication des Grands Travaux et du Bicentenaire, Sous-Direction de l'Archeologie, Centre National de Prehistoire Mission des Relations Exterieures.

WAINWRIGHT Ian N.M., HELWIG Kate, PODESTÁ María Mercedes, BELLELLI Cristina. 2000. *Analysis of Pigments from Rock Painting Sites in Rio Negro and Chubut Provinces*. Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano Argentina. www.inapl.gov.ar/biblio/wainwright_helwig_podesta_etal_2000.pdf

ZERDA, Liborio. 1884. *El Dorado*. Papel Periódico Ilustrado. Album de Dibujos existentes en el Museo Nacional de Bogotá.

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de Intervención, ICANH



1931

Instituto Colombiano de Antropología e Historia
República de Colombia

ICANH-130-2008

Rad. ICANH No.0422-02-13-08

Bogotá, D.C., 22 FEB. 2008

0246

Licenciada

JUDITH TRUJILLO TELLEZ

Avenida Calle 63 No. 73a - 31 Apto.702a Parques de Normandía
Bogotá

Apreciado Licenciada Trujillo:

Anexo a la presente la Licencia de Estudio Arqueológico 874, que le autoriza para realizar los trabajos de intervención de bienes arqueológicos planeados dentro del proyecto: "Análisis físicos y químicos de pigmentos de la roca con pintura rupestre "Piedra de la cuadrícula" departamento de Cundinamarca, municipio de Soacha, Parque Ecológico de Poma"

Las obligaciones a su cargo se encuentran al respaldo de la misma, las cuales deben ser acatadas en su integridad.

Atentamente,

SANTIAGO GIRALDO

Coordinador Grupo de Arqueología
Instituto Colombiano de Antropología e Historia

Anexo: Lo enunciado

REQUISITOS MÍNIMOS DE CUMPLIMIENTO

La Dirección del Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH hace entrega de la presente

Licencia para adelantar la investigación respectiva. El Arqueólogo autorizado se compromete a:

- Llevar a cabo el trabajo bajo los procedimientos científicos y técnicos apropiados.
- Explorar y excavar solamente las zonas descritas en la metodología propuesta en el tiempo estipulado.
- Adelantar y supervisar los trabajos de terreno y laboratorio, asumiendo la responsabilidad de las actividades adelantadas por el equipo conformado para el desarrollo del proyecto.
- Responder por los materiales arqueológicos, los cuales son Patrimonio de la Nación y por la información arqueológica. Una vez haya finalizado la investigación, deberá poner a disposición del ICANH los materiales arqueológicos obtenidos. Estos podrán entregarse posteriormente a entidades públicas con funciones de protección de Patrimonio Cultural, previa autorización del ICANH.
- Entregar al ICANH informe final acompañado de medio magnético de texto y mapas y las certificaciones de entrega de los materiales arqueológicos cuando esto aplique.
- Registrar los materiales hallados de acuerdo a la ficha de registro del ICANH.
- Entregar al ICANH las fichas técnicas correspondientes a los sitios arqueológicos y los materiales analizados.
- La Licencia puede ser sujeta a actos modificatorios antes de su fecha de vencimiento por petición justificada del solicitante o en caso de retiro o modificación de las personas autorizadas. **LA LICENCIA DE ESTUDIO ARQUEOLÓGICO ES INTRANSFERIBLE**

Si el arqueólogo portador de esta Licencia incumpliere con cualquiera de los requisitos anteriores, el ICANH podrá negarle la expedición de nuevas Licencias.

De igual manera y para efectos del cumplimiento con los requisitos exigidos, esta Licencia tiene una fecha de vencimiento que corresponde al cronograma propuesto en el proyecto. De necesitar prórroga, la solicitud debe acompañarse de una justificación.

Recuerde que en Colombia, intervenir bienes arqueológicos muebles o inmuebles sin el consentimiento de la autoridad competente (ICANH) puede acarrear sanciones, según lo estipulado en el Artículo 11 de la Ley 163 de 1958, el Artículo 16 de la Ley 397 de 1997 y el Decreto Reglamentario 830 de 2002.

Firma