

**ESTUDIO COMPOSICIONAL POR DIFRACCION DE RAYOS X  
DE LOS PIGMENTOS PROVENIENTES DE LA EXCAVACION  
DEL ALERO CARDENAS (PROVINCIA DE SANTA CRUZ)**

*Carlos E. Barbosa\**

*Carlos J. Gradin\*\**

Las muestras analizadas por difracción de rayos X a que se refiere el presente trabajo provienen de las excavaciones efectuadas en 1980 y 1981 en el Alero Cárdenas, ubicado en el Area Río Pinturas, al noroeste de la provincia de Santa Cruz. Tanto para la descripción del sitio como para un primer informe de las manifestaciones rupestres, remitimos al lector a lo publicado con anterioridad (Gradin, 1977). Dichas muestras consisten en general en pequeños trozos o gránulos de óxidos de hierro de 2 a 5 mm de diámetro, en algunos casos algo más grandes (1 cm y, excepcionalmente, hasta 4 cm). También comprenden escasos restos de mineral blanco, a veces en polvo, y otros de color azul y verde claro. Se trata de vestigios aislados conservados en los sedimentos y, en unos pocos casos, de pinturas en fragmentos de rocas desprendidos del paredón o del techo del alero, recuperados en posición estratigráfica. La mayoría de las muestras fueron elegidas durante la excavación al comprobar que teñían de rojo y/o amarillo un papel humedecido sobre el cual fueron frotadas.

En total se analizaron 132 muestras cuya posición estratigráfica y composición se detalla en la Tabla 1. Para su análisis las muestras fueron molidas, dispersadas en agua sobre portaobjetos, secadas por reflexión y analizadas mineralógicamente por difracción de rayos X según la metodología descrita por Barbosa y Rial (1984). Con la finalidad de establecer relaciones texturales indicativas de probables orígenes, en algunos casos se realizaron también observaciones con lupa binocular.

\* Departamento de Ciencias Geológicas - FCEN - UBA.

\*\* Investigador Principal del CONICET.

El análisis cuantitativo con difracción de rayos X de cualquier mezcla de sustancias cristalinas, en este caso minerales, es muy difícil. Conceptualmente puede definirse una primera aproximación que establece una proporcionalidad entre el área de los picos de cada sustancia en el difractograma y su proporción en la mezcla. Esta proporcionalidad es cierta sólo en muy escasas ocasiones. Existe una gran cantidad de factores que influyen en ese sentido, entre otros, la posición del pico en el difractograma (generalmente se elige el más intenso de cada sustancia), el coeficiente de absorción atómica, la composición, la cristalinidad en sentido amplio. El mayor grado de exactitud se logra efectuando curvas de calibración. Para ello es necesario que las mezclas sean simples y siempre compuestas por los mismos componentes y, además, poder contar con los componentes puros que participan de la mezcla. Con todo esto, los análisis realizados no excederán la categoría de semi-cuantitativos. En el trabajo de rutina de cualquier laboratorio se utilizan constantemente algunos de los métodos propuestos, que se eligen de acuerdo a la capacidad del laboratorio, a la experiencia del operador y al tipo de material más comúnmente analizado. Los resultados obtenidos sólo podrán ser comparados entre sí y nunca con alguno obtenido por otro método. En la actualidad se intenta comparar los métodos que se obtienen por difracción de rayos X con análisis químicos, lo cual es muy útil si la naturaleza del trabajo así lo justifica.

El método de cuantificación utilizado en este trabajo sólo tiene un valor indicativo y comparativo de los diferentes análisis entre sí. Para el mismo se combinaron métodos conocidos, específicos para diferentes materiales, trabajando con el área del pico más intenso de cada mineral, con normalización de fondo, y de acuerdo al coeficiente de absorción atómica de cada muestra. Puede enunciarse de la siguiente manera: área del pico de 2,69 Armstrongs de la hematita por 4; área del pico de 4,18 Armstrongs de la goethita por 4; área del pico de 10 Armstrong de la mica por 4; área del pico de 7,14 Armstrongs del caolín por 2; área del pico de 3,34 Armstrongs del cuarzo dividido por 3; y áreas de los picos de 3,21 y 3,24 o 3,31 Armstrongs de los feldespatos dividido por 2.

Los datos obtenidos fueron utilizados para el cálculo del índice composicional. Como puede apreciarse en el Cuadro N° 1, entre los minerales que componen las muestras la hematita y la goethita ocupan los primeros rangos de popularidad y se hallan prácticamente presentes en todas las capas. En segundo lugar se destacan el yeso y su derivado la basanita (Yeso hemihidrato) en su condición de aditivos o componentes de las pinturas, a los que nos referiremos más adelante.

La presencia de maghemita y jarosita, si bien es significativa, puede considerarse esporádica. La jarosita con sus colores vivos, amarillentos en este caso, pero también rojizos, tiene que haber llamado la atención de los antiguos artistas. Su distribución es ubicua en las diferentes capas, pero hay que tener en cuenta que el número total de casos (5) es escaso para extraer alguna conclusión. Sin embargo cabe preguntar ¿por qué no es más frecuente ya que su coloración así lo podía hacer prever? Este interrogante tiene, entre otras, dos posibles respuestas: que el yacimiento de donde provenía era es-

porádico y escaso, de ahí su rareza, o bien que por su menor poder cubritivo frente a los óxidos de hierro, se la descartaba.

Los minerales mencionados en la tercera de las series (Cuadro N° 1/3) son irrelevantes a los fines perseguidos en el presente trabajo, es decir el análisis de la composición de las pinturas. Sin embargo, creemos necesario hacer algunas acotaciones respecto de ellos.

La baritina (Muestra N° 367-2), si bien constituye un dato aislado, es interesante. Su origen es bastante específico: hidrotermal, sedimentario asociado a calizas y hematitas en depósitos lacustres o en cavidades de rocas íg-

Mineral	Color	Capas										Subtotal	
		3		4		5		6		7		n	(%)
		n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
<b>1. Pigmentos</b>													
Hematita													
	rojo	12	(86)	13	(76)	57	(75)	3	(43)	9	(47)	94	
Goethita													
	castaño	1	(7)	3	(18)	15	(19)	4	(57)	8	(42)	31	
Maghemita													
	rojo	—	—	1	(6)	2	(3)	—	—	—	—	3	
Jarosita													
	amarillo	1	(7)	—	—	2	(3)	—	—	2	(11)	5	
Subtotales		14	(100)	17	(100)	76	(100)	7	(100)	19	(100)	133	(82)
<b>2. Aditivos</b>													
Yeso													
	blanco	7		2		3		—		3		15	
Basanita													
	blanco	3		—		2		—		1		6	
Subtotales		10		2		5		—		4		21	(13)
<b>3. Otros</b>													
Baritina		—		1		—		—		—		1	
Whitlockita		—		1		—		—		—		1	
Whewhllita		1		—		—		—		—		1	
Apatita		—		2		2		—		1		5	
Subtotales		1		4		2		—		1		8	(5)
											Total	162	(100)

**Cuadro N° 1:** Frecuencia y porcentaje de los minerales registrados por difracción de rayos X, según su posición estratigráfica. No incluye una muestra de superficie (N° 486), que contiene hematita y yeso.

n. Indica cantidad de registros de un determinado mineral, haya sido éste detectado aisladamente o compartiendo la muestra con otros componentes.

neas básicas (Palache, Berman y Frondel, 1951). El difractograma respectivo señaló en este caso que la baritina estaba asociada a una hematita de buena cristalinidad, planteando la posibilidad de que la capa 4, donde se hallaba la única muestra de baritina, estuviera vinculada a la existencia de una fuente de aprovisionamiento de materia prima distinta a las de las restantes capas (ver más adelante: Cristalinidad), pues la mayor parte de las hematitas no permiten admitir un origen común para ellas.

La whitlockita y la whewhellita, que aparecen asociadas a hematita (Muestras N° 381 y 287, respectivamente, ubicadas en capas 4 y 3), podrían explicarse por su proximidad con guano y orina depositados en el piso del alero por los animales que actualmente se refugian en él.

Con referencia a la apatita puede decir que se trata de un mineral proveniente de restos óseos calcinados que fueron recuperados en las distintas capas. Su coloración blanca, verde claro o azul claro, no se vincularía con la preparación de los pigmentos utilizados para la ejecución de las manifestaciones artísticas. Sin embargo, el difractograma de la Muestra N° 487-b, proveniente de la capa 4, consistente en un fragmento de hueso con vestigios de coloración roja en su superficie externa, permitió detectar apatita y yeso, sin acusar el pigmento, por lo que podría tratarse de los restos de un artefacto vinculado a la preparación de pintura.

Las muestras en las que se detectó la presencia de pigmentos y/o yeso contienen generalmente otros minerales que hemos denominado "impurezas" (respecto de los pigmentos) o "soportes" y fueron también determinados por difracción de rayos X (Cuadro N° 2). Son ellos, en orden de prioridad numérica de casos, el cuarzo, los feldespatos y la caolinita, a los cuales cabe agregar esporádicamente la mica. Estos minerales son propios de la roca madre de donde los pigmentos fueron extraídos y por lo tanto su proporción es variable de acuerdo con la composición litológica del lugar donde se ubican las fuentes de aprovisionamiento.

En el cuadro Nro. 2 hemos resumido, según su correspondiente posición

Minerales	Capas:		3		4		5		6		7		Total	
	Casos:		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
	Cuarzo	9	(50)	12	(48)	64	(54)	4	(50)	9	(50)	98	(52)	
Feldespatos	6	(33)	4	(16)	37	(31)	—	—	1	(6)	48	(26)		
Caolinita	2	(11)	8	(32)	16	(14)	4	(50)	8	(44)	38	(20)		
Mica	1	(6)	1	(4)	1	(1)	—	—	—	—	3	(2)		
Totales	18	(100)	25	(100)	118	(100)	8	(100)	18	(100)	187	(100)		

**Cuadro N° 2:** Frecuencia de los registros de minerales soportes, según su posición estratigráfica.

No incluye los registros de la muestra N° 486 de superficie, que detectó cuarzo y feldespatos.

n. Indica cantidad de registros.

estratigráfica, la frecuencia con que los minerales mencionados han sido detectados por los difractogramas respectivos.

Un primer análisis de dicho cuadro permite destacar la universalidad del componente cuarzo (52%), presente en todas las capas, y en segundo término los feldespatos (26%) y la caolinita (20%). Es interesante señalar, en cambio, el comportamiento de la mica (2%), cuyas muestras, aunque escasas, sólo están presentes en las capas 3, 4 y 5. En las capas 6 y 7 puede observarse una llamativa escasez de feldespatos a la que se suma la ausencia de mica. Analizando porcentualmente capa por capa, se observa también que el cuarzo siempre está presente en una proporción próxima al 50% y que la participación de los feldespatos decrece hacia las capas inferiores, mientras que la caolinita aumenta. El comportamiento de estos dos últimos minerales indicaría que los mismos no están relacionados, como sería de esperar, y por lo tanto podría suponerse que las muestras de las capas 6 y 7 provienen de un lugar de extracción diferente al de las restantes.

### YESO Y BASANITA

Hemos considerado 16 muestras en las que se determinó la presencia de yeso y/o basanita: una de superficie (fragmento de roca desprendido del paredón del alero) y 15 provenientes de las capas estratigráficas, entre las cuales dos corresponden también a desprendimientos del paredón.

Como puede apreciarse en el Cuadro N° 3, en cinco casos el yeso está presente en forma aislada y en cinco junto con basanita (yeso hemihidrato). En dos casos fue detectado con basanita y hematita, y en dos con hematita solamente. Asimismo fue detectado en un caso con goethita y en otro con jarosita.

Interpretamos esta distribución como el resultado: en cinco casos (yeso aislado) del transporte intencional de materia prima, en siete (yeso junto con basanita) como resultado de una calcinación incompleta, y en seis casos (yeso junto con un pigmento) como indicio de su participación en la prepa-

Yeso	CAPAS					Total
	3	4	5	6	7	
Aislado	1	2	1	—	1	5
Con basanita	3	—	2	—	—	5
Con basanita y hematita	1	—	—	—	1	2
Con hematita	2	—	—	—	—	2
Con goethita	1	—	—	—	—	1
Con jarosita	—	—	—	—	1	1
<b>Totales</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>—</b>	<b>3</b>	<b>16</b>

**Cuadro N° 3:** Casos en que se detectó la presencia de yeso en las diferentes capas y su asociación con los diversos pigmentos.

ración de las pinturas. En este último aspecto resulta interesante señalar que los registros de yeso junto con pigmentos sólo se hallan presentes en la capa 7 y especialmente en la 3, en la que de un total de 17 muestras recuperadas en la excavación del Alero Cárdenas (Ver registro general Cuadro N° 7), el 41% contiene yeso y el 18% yeso y basanita, indicando una preponderante presencia en la capa 3.

De los 7 casos en que el yeso y la basanita comparten un mismo difractograma de rayos X, dos por lo menos se hallan asociados a un registro de hematita, es decir, a un pigmento. La basanita presente es muy probable que se derive del yeso, por calcinación a 100/105 grados centígrados, pues como contrapartida es altamente improbable que la basanita haya sido obtenida a raíz de condiciones naturales en el interior del alero o en lugares próximos, ya que ello implicaría admitir la acción de temperaturas de alrededor de 100 grados, que sólo se justificarían en contacto con un fogón, es decir como resultado de un proceso artificial, en el que la calcinación del yeso pudo o no haber sido intencional.

Al respecto se realizaron dos experimentaciones que consideramos de interés mencionar.

1) Parte de una muestra (N° 488) proveniente de capa 5, compuesta por yeso y basanita, que había sido diluida en agua para ser dispuesta en el portaobjeto utilizado en el difractograma, secada a una temperatura de 100/105 grados centígrados pasó a basanita, mientras que otra parte de la misma muestra, secada a la temperatura del medio ambiente, permaneció sin alteración (yeso y basanita).

2) Una segunda muestra (N° 16) proveniente de la misma capa 5, compuesta por yeso y tratada en la misma forma que la indicada precedentemente, al ser secada a la temperatura ambiente, continuó siendo yeso. Calentada a 100/105 grados centígrados: a) durante una hora, acusó yeso y muy escasa basanita; y b) calentada durante dos horas, acusó basanita y muy escasa cantidad de yeso. Posteriormente la muestra fue rehidratada, determinándose que su composición era yeso.

Con los datos hasta aquí consignados hemos elaborado las siguientes hipótesis:

1) La presencia de yeso y basanita en una misma muestra permite suponer que ésta ha sido calcinada a una temperatura de alrededor de 100 grados centígrados, pero que la calcinación a que fue sometida resultó incompleta. Este proceso pudo o no haber sido intencional.

2) La calcinación controlada del yeso a una temperatura próxima a los 100 grados centígrados parece muy probable. Si el yeso hubiera estado, intencionalmente o no, en contacto con un fogón, la basanita a 150 grados centígrados de temperatura hubiera pasado a ser anhidrita, cuya presencia no fue detectada hasta el momento en muestra alguna.

3) Es probable que la presencia de yeso exclusivamente en algunas muestras se debe a la rehidratación de la basanita. Dicha rehidratación podría deberse a procesos naturales como aguas circulantes y humedad ambiente o ser el resultado de la utilización de agua como diluyente para la preparación de la pintura, ya que éste sería el elemento más indicado para tal fin (Couraud y Laming-Empeaire, 1979:164).

## ACOTACION

La participación de yeso en la preparación de las pinturas prehistóricas, como un "componente constante, agregado a los pigmentos" y "que las pinturas son mezclas artificiales", fue admitido para la Cueva de las Manos, Area Río Pinturas, Santa Cruz, (Iñiguez y Gradin 1977:126). Posteriormente Aschero (1983/85:295) señaló la presencia de yeso "debida a su uso como aditivo en la dilución del pigmento" en el sitio CCP 5, Lago Burmeister (Santa Cruz) y en "varias. . .muestras del sitio ICC 4" (Jujuy) (Aschero op. cit: 300), distante unos 3.000 kilómetros hacia el norte del Alero Cárdenas. En el trabajo de 1977 Iñiguez y Gradin (p. 126) señalaron además la posibilidad de que el yeso hubiera sido utilizado como hemihidrato (Basanita), obtenido por calcinación a "bajas temperaturas (aproximadamente 400 grados centígrados)". Hoy sabemos por nuestras experimentaciones que esa temperatura es de alrededor de 100/105 grados y podemos decir, además, que la presencia de basanita ha sido constatada en siete muestras analizadas del Alero Cárdenas (dos de ellas junto con hematita).

En el trabajo de Gradin sobre el Alero Cárdenas (1977:147) se admitió también la posibilidad de que la tonalidad rojiza que cubría el paredón hasta casi dos metros de altura podría deberse al desvanecimiento de pinturas de ese color, pero también "de una 'base' preparada, anterior a la ejecución de los motivos". Aschero en ICC 4, Jujuy (1983/85:300) señala que las laminillas con pinturas que fueron observadas de canto en lupa binocular por Rial y Barbosa (1983/85), tenían "sobre la roca una fina capa de yeso y por encima otra más fina de la pintura". "Ello indica" —dice Aschero— "que los motivos habían sido pintados sobre un soporte preparado con yeso".

La técnica consistente en una base preparada con pintura anterior a la ejecución de motivos pintados fue documentada por Pedersen (1970:454), para el Lago Buermeister, y por Cardich (1979:166), para Los Toldos, ambos en la provincia de Santa Cruz.

Provenientes del Alero Cárdenas fueron analizadas varias muestras de rocas desprendidas del paredón que confirmarían la utilización de yeso para la preparación de una base sobre la cual se ejecutaban los motivos pintados. Un pequeño fragmento de roca (toba porfirítica, Muestra N° 290, procedente de la capa 3, 2a. camada), macroscopicamente presentaba vestigios de pintura roja, y observada con lupa binocular (15 x), vista de perfil, mostraba en la superficie una costra negra pareja, probablemente resultado del contacto con el ambiente, encima de la cual se disponían dos o más películas delgadas de color blanco superpuestas, y sobre ellas otra muy delgada de color rojo. El difractograma correspondiente no acusó el pigmento pero sí yeso y basanita, además de cuarzo y feldespatos, provenientes del soporte.

Similar a la anterior, la muestra N° 342, proveniente de la capa 4, además de presentar la misma disposición en delgadas películas, acusó hematita como probable componente de la coloración rojiza que las cubría. El difractograma comprendía cuarzo, feldespatos, yeso y basanita.

La muestra N° 486 recogida en superficie consiste en un pequeño fragmento de roca que proviene, por exfoliación, del paredón del alero. Por fuera tiene una coloración roja amarillenta (5 YR 4/6), debida a hematita de crista-

linidad muy pobre. El difractograma de rayos X detecta, además, cuarzo, feldespatos y yeso.

Finalmente la muestra N° 209, proveniente de capa 5, consistente en basanita, o yeso hemihidrato, y yeso (escaso), de color gris claro (5 Y 7/2), recubría un fragmento de guijarro que no acusó pigmento alguno. Podría tratarse de un elemento utilizado para la obtención de la basanita a partir de yeso (¿recipiente para calcinar? ¿molienda?).

## DEFINICION DE LOS PARAMETROS UTILIZADOS

Previamente a la definición de cada uno de los parámetros  $I_h$  e  $I_g$  utilizados en este trabajo es necesario mencionar los factores que afectan la intensidad de la difracción de los rayos X incidentes. Una buena explicación de estos factores fue realizada por Klug y Alexandre (1974). Dichos factores pueden dividirse, por un lado, en aquellos propios de la metodología utilizada, como lo son el factor de polarización y de velocidad, el factor de temperatura, el factor de multiplicidad y el factor de absorción. Por otro lado están los factores propios del material analizado, como ser el factor de dispersión atómica, el factor estructural y también el factor de temperatura. Considerando que la metodología utilizada fue constante, interesan los factores inherentes al material analizado. El factor de dispersión atómica y el de temperatura dependen de los elementos que componen la sustancia y del estado de oxidación de los mismos. El factor estructural, específico del plano cristalográfico que produce la difracción, depende de las distancias entre los átomos de dicho plano.

## DEFINICION DE $I_h$ :

El  $I_h$  o índice de hematita se define como la relación entre la intensidad de la difracción correspondiente al plano (110) y la intensidad de la difracción correspondiente al plano (104):

$$I_h = \frac{I(110)}{I(104)} ;$$

que están expresadas como áreas de los picos en el difractograma. El valor teórico para dicha relación es aproximadamente 0,5. Por lo tanto, cuando se realiza el análisis de una hematita, si el valor de  $I_h$  es aproximadamente igual a 0,5, puede considerarse que se trata de una hematita pura y semejante a la teórica.

El espaciado interplanar del plano (110) de la hematita es idéntico al del plano (311) de la maghemita e igual a 2,51 Armstrongs, de manera que su posición en el difractograma es la misma. Si la hematita está acompañada de maghemita, la intensidad del piso de 2,51 Armstrong va a ser mayor que si



hubiese sólo hematita, y el valor de  $I_h$  va a ser mayor que 0,5. Si la cantidad de maghemita en la mezcla fuese grande, aparecerían en el difractograma otros picos característicos que permitirían una identificación directa. En caso contrario, un valor de  $I_h$  mayor que 0,5 permitiría inferir su presencia.

El valor de  $I_h$  puede ser diferente al valor teórico 0,5 no sólo debido a la presencia de maghemita. Aquellos factores inherentes al material analizado que afectan la intensidad de la difracción de rayos X, pueden influir de manera que en presencia solamente de hematita se obtenga un valor de  $I_h$  mayor. Según Azzarof y Buerger (1958), tiene importancia la cristalinidad, las deformaciones de la estructura cristalina debidas a esfuerzos, la presencia de fallas de apilamiento y también la existencia de desorden en el arreglo atómico.

También hay que considerar que el hierro de la hematita puede estar reemplazado por cationes tales como magnesio, manganeso, aluminio (Krauskopf, 1967) y esto puede hacer variar la intensidad de los picos debido a los factores de dispersión atómica y de temperatura. En el caso de la hematita esto puede ser importante ya que la misma se puede originar a partir de coloides. Finalmente, teniendo en cuenta que tanto la hematita como la maghemita tiene la misma composición y sólo varían en su estructura cristalina, es necesario considerar la posibilidad de que haya estructura tipo mosaico y que en cada cristal de hematita partes del mismo posean estructura de maghemita.

El estudio preciso de la razón por la cual el valor  $I_h$  difiere de su valor teórico, requiere complejos análisis cristalográficos y cristaloquímicos, los cuales exceden el objetivo de este trabajo. Ahora bien, cualquiera sea esa razón, la misma puede o no estar relacionada con un determinado yacimiento o con un determinado sector dentro de un yacimiento. Por todo esto, el valor de  $I_h$  por sí mismo, en principio, no puede tenerse en cuenta y entonces es necesario el análisis de una apropiada población de muestras con hematita y el tratamiento estadístico de los  $I_h$  obtenidos. Si la dispersión que se obtiene es grande no será indicativa, si por el contrario se obtienen modas definidas las mismas serán representativas de un origen común, teniendo de esta manera valor arqueológico.

#### DEFINICION DEL $I_g$ :

El  $I_g$  o índice de goethita se define como la relación entre la intensidad de la difracción correspondiente al plano (111) y la intensidad de la difracción correspondiente al plano (130).

$$I_g = \frac{I_{(111)}}{I_{(130)}}$$

Las intensidades están expresadas como áreas de los picos correspondientes en el difractograma. El valor teórico para dicha relación es aproximadamente 0,8.

Si se obtiene un valor de  $I_g$  semejante a 0,8, puede considerarse que se trata de una goethita semejante a la teórica. Los valores de  $I_g$  de las goethitas analizadas en el presente trabajo difieren en forma importante de 0,8. Este comportamiento está evidentemente regido por los factores inherentes al material que afectan las intensidades en el difractograma, pudiendo ser explicados a través de los conceptos ya mencionados de Azzarof y Buerger (1958). Además, la goethita es un mineral irregular, comúnmente de alteración y generalmente formado a partir de coloides (Palache et. al., 1951). El hierro puede estar reemplazado principalmente por aluminio y manganeso, aunque también, en forma generalmente menos frecuente, por galio, cromo, lantano, vanadio, escandio, fósforo, y puede tener diferentes proporciones de agua adsorbida (Strunz, 1970). Con todas estas consideraciones se podría explicar la diferencia de los valores de  $I_g$  obtenidos y el valor teórico.

Para la interpretación de  $I_g$  valen las mismas consideraciones que se hicieron para la interpretación de  $I_h$ . De esta manera, el valor de  $I_g$  por sí mismo, en principio, no tiene valor dentro del contexto de este trabajo y es necesario el tratamiento estadístico a partir de una población apropiada de muestras.

## CRISTALINIDAD

Puede definirse a la cristalinidad como el grado de ordenamiento de la red cristalina (Rial, 1984). Descontando los factores físicos, según la ecuación de Bragg, existe un solo valor angular para el cual un plano cristalino difracta la radiación X incidente, de manera que cada difracción en el difractograma estaría representada por una línea perpendicular al fondo, pero esto sólo ocurriría si se estuvieran analizando cristales perfectos. Pero los cristales perfectos no existen y hay que considerar a un cristal como la yuxtaposición de ínfimos bloques cristalinos levemente desorientados uno con respecto al otro (Guinier, 1952). Entonces, utilizando esta última consideración, también puede definirse a la cristalinidad como el grado de desorientación que poseen los diferentes bloquitos cristalinos entre sí.

Para un mismo mineral, la cristalinidad varía con los diferentes procesos geológicos a los que estuvo expuesto desde su formación (Rial, 1984), incluso puede variar por modificaciones antrópicas (Barbosa y Rial, 1984).

En el difractograma la cristalinidad se manifiesta en el trazo del pico. Un mineral con cristalinidad muy buena va a desarrollar picos agudos, finos, con un máximo bien definido y trazo recto. En el otro extremo, un mineral con cristalinidad muy pobre va a desarrollar picos anchos, sin un máximo definido, de trazo irregular y que va a aparentar una elevación del fondo. En el presente trabajo se ha considerado a la cristalinidad en forma cualitativa y se la ha denominado muy buena (MB), buena (B), mediana (M), pobre (P) y muy pobre (MP).

Desde el punto de vista del valor arqueológico, el dato aislado de cristalinidad carece de sentido. Sin embargo, si un conjunto de datos es analizado con consideraciones estadísticas, los mismos pueden ser indicativos de un origen preferencial y por lo tanto caracterizar niveles arqueológicos.

## INDICE COMPOSICIONAL

En el presente trabajo se define el índice composicional como la relación entre la sumatoria de los porcentajes parciales de los minerales considerados "impurezas" y la sumatoria de los porcentajes parciales de los minerales considerados "pigmentos".

En primera instancia puede considerarse que el índice composicional es representativo de la roca original y del proceso de alteración al que la misma estuvo expuesto. Pero como para una misma roca originaria puede haber grandes variaciones, incluso en distancias pequeñas, el valor del índice composicional carece de sentido aislado y hay que realizar el análisis estadístico de los mismos.

## GOETHITA Y HEMATITA

Ya hemos dicho que estos dos minerales, por su frecuencia, ocupan el primer rango en los análisis efectuados. La goethita ha sido constatada por difracción de rayos X en 31 casos y la hematita en 94, entre los cuales se hallaron conjuntamente en 13 muestras, muy probablemente porque éstas serían el resultado de una calcinación incompleta a partir de goethita.

La experimentación efectuada con la muestra N° 89 (capa 5, 3a. camada), constituida casi en su totalidad por goethita (99%), de color castaño amarillento (10 YR 5/8), calentada en sucesivos pasos de dos horas cada uno, a los 100 grados centígrados mantenía su composición de goethita y su color originario; a los 200 grados el color había variado a rojo oscuro (7,5 R 3/8), pero el difractograma acusaba una goethita parcialmente destruida en una fase intermedia hacia hematita. Entre 300 y 500 grados el color rojo oscuro no se alteró pero el análisis por difracción de rayos X señalaba un cambio de la estructura cristalina con la presencia de una hematita parcial y pobremente desarrollada. A 600 y 700 grados aumentó la cristalinidad pero no se modificó el color rojo oscuro (7,5 R 3/8).

Pese a que en la mayoría de los casos (79) la hematita ha sido registrada como único pigmento componente de las muestras, en cuatro aparece asociada con yeso y basanita (dos con yeso y dos con yeso y basanita).

La presencia de basanita, aunque sólo sea en dos casos, junto con yeso y hematita, apunta hacia una mezcla intencional a posteriori de la calcinación incompleta del yeso. La hematita presente en este tipo de muestra podría haber sido obtenida como tal originariamente, o bien a partir de una goethita que habría sido calcinada con anterioridad a la preparación de la mezcla. Esta última suposición se basa en la distinta temperatura de pasaje del yeso a basanita (100/105 grados) por un lado, y de goethita a hematita (150/160 grados) por el otro. Si la goethita hubiera sido calentada a 150/160 grados conjuntamente con yeso, este último a dicha temperatura hubiera pasado a constituir anhidrita, que ya hemos dicho no ha sido registrada en muestra alguna de las provenientes del Alero Cárdenas.

Si consideramos los noventa y un casos en los cuales se determinó el índice  $I_h$  correspondiente a la presencia de hematita en las muestras analiza-

das, puede apreciarse la diferenciación de las capas 3 - 4/5 por un lado y las 6/7 por otro, de acuerdo con los valores obtenidos para su media aritmética y su desviación estándar, según se expresa en los cuadros N° 4 y 5.

Los valores de la media aritmética de las capas 4 y 5 son aproximadamente semejantes a los de las capas 6 y 7, diferenciándose fundamentalmente por su desviación estándar. La capa 3 posee la media aritmética más baja de la secuencia.

#### INDICE $I_h$

Capas	Media aritmética	Desviación estándar
3	0,58	0,23
4	0,65	0,20
5	0,73	0,24
6	0,68	0,11
7	0,61	0,10

Cuadro N° 4: Índice  $I_h$

Los bajos valores de la desviación estándar de las capas 6 y 7, podrían estar señalando una limitación de las fuentes de aprovisionamiento de materia prima, mientras que los valores de las capas 3, 4 y 5, en cambio, señalarían una ampliación de dichas fuentes.

Observaciones similares pueden hacerse si consideramos el índice composicional de las muestras (111 casos), según se expresa en el cuadro N° 5.

En el cuadro N° 5 los valores de la media aritmética y de la desviación estándar son bajos para las capas 6 y 7, intermedios para las capas 4 y 5, y más altos para la capa 3. Estos resultados estarían probablemente indicando en las capas 6 y 7 una tendencia a la presencia de muestras en cuya composición claramente predominan los pigmentos sobre los minerales soportes señalando la posibilidad de admitir para las muestras una misma fuente de aprovisionamiento. La capa 3, en cambio, podría estar señalando varias fuentes de aprovisionamiento, o bien una fuente única con una amplia variación de los minerales considerados soportes.

#### INDICE COMPOSICIONAL

Capas	Media aritmética	Desviación estándar
3	0,50	0,69
4	0,34	0,47
5	0,42	0,50
6	0,22	0,29
7	0,13	0,20

Cuadro N° 5: Índice composicional.

Finalmente, si consideramos la cristalinidad de la hematita, de acuerdo con las muestras analizadas en 92 casos, puede apreciarse claramente que en todas las capas estratigráficas de la excavación prácticamente se halla presente hematita de cristalinidad mediana, pobre o muy pobre, siendo en cambio casi exclusiva de las capas 4 y 5 aquella que alcanza una cristalinidad buena o muy buena. Es verdad que las capas 4 y 5, y especialmente esta última, son las que presentan la mayor cantidad de muestras analizadas (70 sobre 91) y que por lo tanto brindan mejores posibilidades de hallazgos, pero también es cierto que la significativa proporción en que las muestras alcanzan cristalinidades buena y muy buena en capas 4 y 5, equivalente aproximadamente al 40% y 10% respectivamente, del total de los casos analizados en cada capa, la convierten en un indicador de relativo peso.

Cristalinidad de la hematita	Capas		3		4		5		6		7		Total	
	Casos	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	
Muy buena	1	1	(10)	3	(25)	2	(3)	—	—	—	—	6	(7)	
Buena	—	—	—	2	(17)	4	(7)	—	—	—	—	6	(7)	
Mediana	2	2	(20)	5	(42)	22	(38)	1	(33)	4	(44)	34	(36)	
Pobre	5	5	(50)	1	(8)	19	(33)	—	—	5	(56)	30	(33)	
Muy pobre	2	2	(20)	1	(8)	11	(19)	2	(67)	—	—	16	(17)	
Totales	10	10	(100)	12	(100)	58	(100)	3	(100)	9	(100)	92	(100)	

**Cuadro N° 6:** Cantidad de registros y porcentaje de la cristalinidad de la hematita, según su posición estratigráfica.

Consideramos que puede admitirse una estrecha relación o similitud entre las capas 4 y 5 y entre las capas 6 y 7. La capa 3 es diferente de ellas y tiene una tendencia hacia la cristalinidad pobre o muy pobre. Si bien las capas 4 y 5 son similares, la capa 4 tiene un 42% de los registros con cristalinidad muy buena y buena, mientras que la capa 5 sólo alcanza al 10%. Por otro lado, la capa 4 tiene una moda principal en cristalinidad media y una moda secundaria en cristalinidad muy buena. La capa 5 posee una sola moda en cristalinidad mediana y además una distribución aproximadamente gaussiana. De esta manera podría pensarse que la capa 5 tuvo una fuente de aprovisionamiento predominante, mientras que en la capa 4, si bien predominó en ella la misma fuente, en forma secundaria, tomó importancia otra fuente de aprovisionamiento. Las capas 6 y 7 habrían tenido dos fuentes de aprovisionamiento que fueron usadas en forma indistinta. La capa 3 es totalmente diferente a las demás, ya que en ella predominó posiblemente una fuente de aprovisionamiento distinta de la utilizada en las otras capas.

Interpretamos los datos hasta aquí consignados, con respecto a la frecuencia de los minerales presentes y a sus respectivas características, como una serie de registros alentadores para plantear diversas hipótesis de trabajo, especialmente frente a la posibilidad de distinguir en las diversas ocupaciones humanas constatadas en las excavaciones la presencia de distintos tipos de pigmentos, que podrían señalar diferentes fuentes de aprovisionamiento de materia prima, aun cuando su localización más allá de los límites del área excavada nos sea por ahora totalmente desconocida.

Las observaciones hasta aquí realizadas, pues, son alentadoras pese al escaso número de casos considerados por capa, que relativiza el valor del dato estadístico. Sin embargo, es de destacar que todos los parámetros de comparación utilizados hasta el momento coinciden y además, concuerdan con los datos propiamente arqueológicos de la secuencia cultural del Alero Cárdenas (Gradin 1978: Comunicación presentada al VI Congreso Nacional de Arqueología Argentina, San Juan), investigación en proceso, corroborando la posibilidad de deslindar las ocupaciones prehistóricas de aquel sitio en tres componentes integrados por las capas 3, 4/5 y 6/7, respectivamente, para el primero de los cuales se ha obtenido una fecha de  $1180 \pm 85$  años AP, para el segundo (capa 5) una de  $3450 \pm 110$  años AP y para el tercero (capa 7) dos de  $7300 \pm 200$  y  $7750 \pm 125$  años AP (Alonso, Gradin, Aschero y Aguerre, 1984-1985:282).

## COLORES

Hemos tenido en cuenta para este aspecto del análisis 112 muestras con pigmentos minerales, en las que participan en 75 casos hematita y en 18 goethita, aisladamente, y en 11 hematita y goethita conjuntamente. Además hemos tenido en cuenta 3 muestras en las que se detectó la presencia de maghemita (2 con hematita y una aislada) y 5 de jorosita (una de ellas con hematita).

En todas estas muestras, claro está, participan generalmente en distinta proporción los minerales que hemos denominado impurezas o soportes, propias de la roca de donde provenían.

El registro de los colores de las diferentes muestras fue efectuado mediante el "Munsell Soil Color Charts (Munsell Color Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore), utilizando para ello la coloración del mineral esparcido en el porta-objeto preparado para el difractograma de rayos X. Hemos considerado "color", por lo tanto, al color del polvo obtenido para la preparación de la muestra, al que puede considerarse como más representativo que el color de la muestra misma (Hurlbut 1974).

Los registros efectuados permiten establecer la correlación existente entre los pigmentos minerales y el respectivo color, de acuerdo con las siguientes frecuencias:

**Hematita:** se efectuaron 75 determinaciones que comprenden 23 variedades de color entre los registros 5 R 3/2 (rojo oscuro) y 5 YR 5/8 (rojo); abarcando las siguientes tonalidades:

rojo	47	casos
rojo oscuro	20	"
rojo pardo	3	"
rojo débil	2	"
castaño rojizo oscuro	1	"
castaño rojizo	1	"
rojo amarillento	1	"

**Goethita:** se efectuaron 18 determinaciones con 14 variedades de color comprendidas entre 2,5 YR 4/4 (castaño rojizo) y 10 YR 6/8 (castaño amarillento), con las siguientes tonalidades:

amarillo castaño	6	casos
rojo amarillento	3	"
castaño intenso	2	"
amarillo castaño	2	"
amarillo rojizo	2	"
rojo	1	"
castaño rojizo pálido	1	"
castaño rojizo	1	"

**Hematita y goethita:** se hicieron 11 determinaciones que abarcaban 9 variedades de color entre 7,5 R 3/4 (rojo oscuro) y 2,5 YR 5/6 (rojo), comprendidas las siguientes tonalidades:

rojo oscuro	4	casos
rojo	4	"
rojo débil	2	"
rojo pardo	1	"

**Maghemita:** una determinación: 2,5 YR 3/4 (rojo oscuro).

**Maghemita y hematita:** dos determinaciones de color con dos variedades:

2,5 YR 4/6	rojo
5 YR 3/4	castaño rojizo oscuro

**Jarosita:** se hicieron 4 determinaciones con tres variedades de color:

10 YR 6/6	amarillo castaño (2 casos)
10 YR 7/4	castaño muy pálido
2,5 Y 8/4	amarillo pálido

**Jarosita y hematita:** una determinación

2,5 YR 4/6	rojo
------------	------

Como puede apreciarse la hematita tiene una preponderante popularidad y predominio con respecto a los restantes pigmentos que, en segundo término, comparte con la goethita, aunque es interesante señalar que proporcionalmente su popularidad decrece de la capa 3 a la 7, mientras que la goethita aumenta entre los mismos extremos. La maghemita y la jarosita son minerales poco frecuentes en las muestras del Alero Cárdenas. La maghemita sólo fue documentada en las capas 4 y 5, en dos casos aisladamente y en uno, en muy escasa proporción, compartiendo la muestra con hematita. La jarosita, en cambio, fue registrada en las capas 3, 5 y 7 (Ver cuadro N° 1), es decir que se halla presente en los tres grupos de ocupaciones admitidos para la secuencia estratigráfica. También en un caso (capa 5) comparte la muestra con hematita.

## CONSIDERACIONES FINALES

A continuación enumeramos una serie de observaciones vinculadas a la composición y preparación de los pigmentos utilizados para la ejecución de las pinturas del Alero Cárdenas. Estas observaciones, surgidas del análisis mineralógico por difracción de rayos X de las muestras, son planteadas a modo de hipótesis operativas pues ellas tienen un diferente grado de probanza y constituyen primordialmente resultados orientadores, con diversa fuerza de convicción. Precisamente en esta última fundamos nuestro compromiso para continuar este tipo de investigación.

Consideramos haber ensayado una metodología para la interpretación de un aspecto técnico de la preparación de las pinturas utilizadas en el arte rupestre prehistórico basada primordialmente en el análisis mineralógico por difracción de rayos X de las muestras y en su relativa frecuencia estadística dentro de los niveles estratigráficos donde las mismas fueron recuperadas. Entendemos que esta metodología, apoyada en futuros registros más numerosos, podrá guiar a los investigadores en su objetivo por conocer las variables de la paleta de los desaparecidos pintores, sus fuentes de aprovisionamiento de materia prima y el proceso con que preparaban los respectivos colores.

Para el análisis de los componentes minerales de los pigmentos se aplicaron por primera vez los parámetros: Índice de hematita ( $I_h$ ), Índice de goethita ( $I_g$ ), Índice composicional y Cristalinidad. Los resultados que se obtuvieron a partir del tratamiento estadístico de dichos parámetros señalaron la aplicabilidad de los mismos y su utilidad en los estudios arqueológicos, a fin de deslindar los niveles ocupacionales y precisar algunas características tecnológicas del arte rupestre prehistórico.

Los datos considerados (Cristalinidad de la hematita, Índice  $I_h$  y los minerales denominados soportes de los pigmentos), nos han permitido distinguir tres grupos de muestras, diferenciables por las características mineralógicas de las mismas y admitir su posible correlación con los niveles arqueológicos de la secuencia estratigráfica del Alero Cárdenas de donde provenían.

Dichos niveles se correlacionarían: el primero con las muestras de la capa 3, el segundo con las de las capas 4 y 5, y el tercero con las de las capas 6 y 7.



Las muestras de pigmentos de los tres grupos de niveles arqueológicos mencionados podrían provenir de fuentes de aprovisionamiento de características distintas en cada caso, aun cuando por ahora no se haya podido determinar su localización.

Entre los pigmentos utilizados para la preparación de pinturas, la hematita para el color rojo tenía la más alta popularidad. El mismo color pudo haberse obtenido ocasionalmente con goethita calcinada a una temperatura de alrededor de 200 grados centígrados y, eventualmente, con maghemita. La presencia conjunta de hematita y goethita se debería a la aplicación de un proceso de calcinación incompleto.

En algunos casos se habría efectuado una mezcla intencional de hematita con basanita (yeso hemihidrato). La presencia de yeso en los pigmentos, en ciertos casos, podría deberse a restos de una calcinación incompleta de alrededor de 100/105 grados centígrados, o bien a un proceso de rehidratación de la basanita empleada, debido a la presencia de agua en el ambiente del panel o a la utilización de agua como diluyente.

La mezcla de hematita y basanita se habría efectuado luego de haber obtenido cada uno de esos elementos por separado, dada la diferentes temperatura de pasaje de aquéllas, lo cual señalaría un posible control del proceso de calcinación.

Algunos motivos fueron pintados utilizando una base preparada *ex profeso* que se aplicaba a la superficie de la roca soporte, según se desprende de la observación de algunos fragmentos desprendidos del paredón del alero donde estaban ejecutadas las pinturas.

Buenos Aires, Marzo de 1987.

**Cuadro N° 7.** Enumeración de las muestras analizadas por difracción de rayos X, con indicación de las capas (Superficie y 3 a 7) y de las camadas (c) o del decapage (d), respectivos. Se indica asimismo la cuadrícula y el porcentaje de los minerales detectados, como así también los índices de goethita (Ig) y de hematita (Ih), establecidos en el presente trabajo. X: indica presencia y p: probable.

El color de las muestras se señala de acuerdo con el Munsell Soil Color Charts (1975).

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespatos %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Magnetita %	Jarosita %	Indice compositivo	Cristalinidad	Color	Observaciones
1	486		Sup.	23	13			16				48	0,55			1,08	MP	5 YR 4/6	roca c/pintura
2	167	P. II	3, 1a.c												100	0,00		10 YR 6/6	
3	202	N.IVa	3, 2a.c					7				93	0,55			0,08	M.	10 R 3/2	
4	290	K.IVc	3, 2a.c	X	X			X	X										frag. de roca
5	287	K.IVd	3, 2a.c																Whewhellita
6	46 a	S.IIa	3, 2a.c					100										5 YR 7/4	
7	46 b	S.IIa	3, 2a.c					X		X								5 YR 6/4	
8	46' (1)	S.IIa	3, 2a.c					X	X									10 YR 5/4	
9	46' (2)	S.IIa	3, 2a.c			X		X				100	0,27			0,00	M.	5 YR 3/4	
10	46''	S.IIa	3, 2a.c	26	13		27					34	0,60			1,94	MP.	10 R 5/6	frag. roca
11	46''' (1)	S.IIa	3, 2a.c	10								90	0,53			0,11	P.	2,5 YR 4/6	

12	46'' (2)	S.IIa	3, 2a.c	9						91	0,52	0,10	P.	2,5 YR 4/6	roca c/pintura
13	340	K.IIIId	3, 3a.c							100	0,53	0,00	P.	10 R 3/6	
14	365 (1)	K.IIIId	3, 4a.c	22	9					69	0,55	0,45	P.	10 R 4/6	
15	365 (2)	K.IIIId	3, 4a.c	18						82	0,46	0,22	MB.	10 R 3/6	
16	361	K.IIIc	3, 4a.c	30	5	8				57	0,61	0,75	P.	2,5 YR 5/8	
17	363	K.IIIc	3, 4a.c	24	41					35	1,20	1,86	MP.	5 YR 5/8	
18	342	K.IVa	3, 4a.c	X	X					P					
19	487 (a)	S.II/I	4												apatita $\cong$ 100%
20	487 (b)	S.II/I	4												apatita
21	381	K.IVc	4							P				10 R 4/8	Whitlockita 100 %
22	375	K.IVc	4							100	1,23	0,00	-	2,5 YR 4/4	
23	370	K.IVb	4	X						100	0,64	0,00	MB.	2,5 YR 4/6	
24	367 (1)	K.IVa	4	18	17					38	0,74	1,63	M.	5 YR 5/4	
25	367 (2)	K.IVa	4							50	0,50	1,00	MB.	2,5 YR 3/6	Baritina 50%

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespato %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Maghemita %	Jarosita %	Indice composic.	Cristalinidad	Color	Observaciones
26	386	K.IIIc	4			53						47	0,67			1,13	M.	10 R 4/8	
27	377 (1)	K.IVc	4	78		22										-		5 YR 6/6	coloración roja
28	377 (2)	K.IVc	4	X						39		61	0,63			0,00	M.	7,5 R 3/8	
29	377 (3)	K.IVc	4	19		24						57	0,99			0,75	MP.	7,5 R 4/6	
30	51	S.IIIc	4	X	X	X	X	X										5 YR 5/3	roca c/pintura
31	52	S.II/I	4	X	X	4						96	0,26			0,04	B.	10 R 4/3	
32	s/n	Q I	4	X								100	0,92	X		0,00	M.	5 YR 3/4	
33	55a	S.IIIc	4	9		2						89	0,57			0,12	MB.	10 R 3/6	
34	55b	S.IIIc	4	10								90	0,51			0,11	B.	2,5 YR 3/6	
35	110 (1)	S.III	4	10		18				38		34	0,90			0,39	M.	2,5 YR 5/6	
36	110 (2)	S.III	4	13								87	0,48			0,15	P.	10 R 4/6	

37	488	Q.IV	5				X	X					mineral blanco
38	35(1)	R.Ib	5	8	5	87	1,80			0,15	-	10 YR 5/8	
39	35(2)	R.Ib	5	4	6	90	2,39			0,11	-	10 YR 5/8	
40	35(3)	R.Ib	5	5	7	88	2,49			0,14	-	10 YR 5/8	
41	209	R.IId	5	X	X	X		X				5 Y 7/2	guijarro c/pint.
42	s/n	R.IIa/b	5									5 R 8/2	apatita
43	112	S.II/III	5	X					100	0,00	B.	5 R 3/2	
44	16	R.III	5						100				mineral blanco
45a	401(1)	K.IIIa	5, 2a.c	X	X	100	1,65			0,00	-	5 YR 5/6	
45b	401(2)	K.IIIa	5, 2a.c	2	72			26	0,98	2,85	MP.	2,5 YR 3/6	
45c	402(1)	K.IIIb	5, 2a.c	11				89	0,58	0,12	P.	2,5 YR 4/6	
46	402(2)	K.IIIb	5, 2a.c	X				100	0,51	0,00	P.	7,5 YR 3/8	
47	402(3)	K.IIIb	5, 2a.c		8	42		50	0,99	0,09	P.	7,5 YR 3/8	
48	402(4)	K.IIIb	5, 2a.c	1	7			92	0,90	0,09	M.	2,5 YR 4/6	

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespato %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Maghemita %	Jarosita %	Índice composic	Cristalinidad	Color	Observaciones
49	402 (5)	K IIIb	5, 2a.c	X					30		70	0.67	0.00	M.	0.00	M.	7.5 R 3/8		
50	402 (6)	K IIIb	5, 2a.c	3							97	0.67	0.03	MB.	0.03	MB.	7.5 R 3/6		
51	395 (1)	K IVc	5, 2a.c	X		62					38	0.34	1.63	M.	1.63	M.	2.5 YR 4/8		
52	395 (2)	K IVc	5, 2a.c	24	21						55	0.97	0.82	M.	0.82	M.	2.5 YR 5/6		
53	395 (3)	K IVc	5, 2a.c	7	11						82	0.72	0.22	M.	0.22	M.	10 R 4/6		
54	395 (4)	K IVc	5, 2a.c	5	2				19		74	0.39	0.08	B.	0.08	B.	10 R 4/4		
55	395 (5)	K IVc	5, 2a.c	6	2				8		84	0.41	0.09	B.	0.09	B.	10 R 4/4		
56	404	K IIIc	5, 2a.c	X		5					95	0.39	0.05	MB.	p	0.05	MB.	2.5 YR 4/6	
57	398 (1)	K IVd	5, 2a.c	12	17						71	0.67	0.41	M.	0.41	M.	2.5 YR 4/8		
58	398 (2)	K IVd	5, 2a.c	10		19					71	0.57	0.41	MP	0.41	MP	5 R 4/6		
59	398 (3)	K IVd	5, 2a.c	12		9				56	23	0.28	0.97	P.	0.97	P.	2.5 YR 4/8		

60	398 (4)	K IVd	5, 2a.c	10	15		75	0.71	0.33	M.	2.5 YR 4/8
61	422 (1)	K IIIb	5, 3a.c	12		27	61	0.37	0.14	M.	2.5 YR 4/6
62	422 (2)	K IIIb	5, 3a.c	16	25		59	0.63	0.69	P.	2.5 YR 5/6
63	422 (3)	K IIIb	5, 3a.c	9	31		60	0.82	0.67	P.	2.5 YR 5/6
64	422 (4)	K IIIb	5, 3a.c	6	10		84	0.71	0.19	M.	10 R 3/6
65	422 (5)	K IIIb	5, 3a.c	21	27		52	0.82	0.92	P.	2.5 YR 5/6
66	422 (6)	K IIIb	5, 3a.c	6	15		79	0.51	0.27	M.	10 R 4/6
67	429	K IIIc	5, 3a.c	15	8		77	0.62	0.30	P.	2.5 YR 4/6
68	418	K IVd	5, 3a.c	1		99		1.24	0.01		10 YR 6/8
69	412 (1)	K IVc	5, 3a.c	28	32		40	1.20	1.50	MP.	5 YR 5/8
70	412 (2)	K IVc	5, 3a.c	19	26		55	0.93	0.82	MP.	2.5 YR 5/8
71	412 (3)	K IVc	5, 3a.c	13	18		69	0.72	0.45	MP.	10 R 4/8
72	412 (4)	K IVc	5, 3a.c	19	19		62	0.86	0.61	MP.	2.5 YR 4/8

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespato %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Maghemita %	Jarosita %	Indice composic.	Cristalinidad	Color	Observaciones
73	412 (5)	K IVc	5, 3a.c	18	14							68	0.96			0.47	M.	10 R 4/8	
74	416 (1)	K IVc	5, 3a.c	13	17							70	0.69			0.43	P.	10 R 4/6	
75	416 (2)	K IVc	5, 3a.c	30	25							45	0.97			1.22	MP.	2.5 YR 5/8	
76	416 (3)	K IVc	5, 3a.c	X						100	1.61					0.00		7.5 YR 5/8	
77	417 (1)	K IVd	5, 3a.c	10	19							71	0.72			0.41	P.	2.5 YR 4/8	
78	417 (2)	K IVd	5, 3a.c	13	14							73	0.72			0.37	M.	2.5 YR 4/8	
79	417 (3)	K IVd	5, 3a.c	17	17		7					59	0.92			0.69	P.	2.5 YR 4/8	
80	417 (4)	K IVd	5, 3a.c	3	1							96	0.48			0.04	M.	10 R 3/4	
81	417 (5)	K IVd	5, 3a.c	13	15							72	0.97			0.39	M.	10 R 4/6	
82	417 (6)	K IVd	5, 3a.c	15	19							66	0.81			0.52	M.	10 R 4/8	
83	417 (7)	K IVd	5, 3a.c	16	24							60	0.79			0.67	P.	2.5 YR 4/6	



84	18	R III	5, 3a.c		100	2.13			0.00	7.5 YR 5/6
85	89	5 Ib	5, 3a.c	1	X	99	1.80		0.01	10 YR 5/8
86	20	R III	5, 4a.c					100	0.00	10 YR 7/4
87	437 (1)	K IIIa	5, 4a.c	X		100	0.51		0.00	P. 10 R 3/6
88	437 (2)	K IIIa	5, 4a.c	24	29	47	0.65		1.13	MP. 2.5 YR 4/8
89	440 (1)	K IIIb	5, 4a.c	28	24	48	0.56		1.08	MP. 2.5 YR 5/6
90	440 (2)	K IIIb	5, 4a.c	27	24	49	1.06		1.04	MP. 2.5 YR 4/8
91	440 (3)	K IIIb	5, 4a.c	13	7	80	0.71		0.25	M. 2.5 YR 3/6
92	440 (4)	K IIIb	5, 4a.c	X				100	0.00	M. 2.5 YR 3/4
93	442 (1)	K IIIc	5, 4a.c	14	4	54	0.89		0.85	MP. 10 R 4/6
94	442 (2)	K IIIc	5, 4a.c	13	37	50	1.13		1.00	MP. 7.5 R 4/6
95	442 (3)	K IIIc	5, 4a.c			X	1.50	X	B.	2.5 YR 4/6
96	442 (4)	K IIIc	5, 4a.c							5 YR 7/2
97	444	K IIIId	5, 4a.c		39	60	2.42		0.67	10 YR 6/6

apatita  $\cong$  100%

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespato %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Maghemita %	Jarosita %	Indice composic.	Cristalinidad	Color	Observaciones
98	435 (1)	K IVc	5, 4a.c	24	19							57	0.70			0.75	P.	2.5 YR 5/6	
99	435 (2)	K IVc	5, 4a.c	1								99	0.49			0.01	P.	7.5 R 3/6	
100	435 (3)	K IVc	5, 4a.c	2								98	0.65			0.02	P.	7.5 R 3/6	
101	433 (1)	K IVd	5, 4a.c	14	22							64	1.14			0.56	M.	10 R 4/6	
102	433 (2)	K IVd	5, 4a.c	20	20							60	0.66			0.67	P.	10 R 4/8	
103	433 (3)	K IVd	5, 4a.c	18	13							69	0.37			0.45	M.	2.5 YR 4/6	
104	433 (4)	K IVd	5, 4a.c	X		X						100	0.66			0.00	M.	7.5 R 3/6	
105	448 (1)	K IIIId	5, 6a.c	4								96	0.51			0.04	P.	10 R 3/6	
106	448 (2)	K IIIId	5, 6a.c									100	0.64			0.00	P.	7.5 R 3/6	
107	448 (3)	K IIIId	5, 6a.c	X		X						100	0.87			0.00	MP.	7.5 R 3/6	
108	185 a	O IV a/b	6	10					46			44	0.53			0.11	M.	10 R 4/8	

109	185 b	O IV a/b	6	6	11	83	0.20	-	7.5 YR 6/8
110	37	R Ib	6		X	100	1.83	0.00	10 YR 6/8
111	21	R III	6, 1er. d.	X	X			0.00	MP. 5 R 4/8
112	25	R III	6, 1er d.			100	1.50		2.5 YR 4/6
113	95	5 IIId	6, 2a.c	X	44			0.79	MP. 10 R 4/6
114	177	T IIc	7			100	0.56	0.00	M. 7.5 R 3/4
115	180	T IIc	7	X	X			0.00	M. 10 R 3/6
116	s/n	N IIIId	7	1	12			0.15	M. 10 R 3/6
117	98	S Ib	7, 1a.c						
118	183(1)	O IIIa	7, 2a.c	1	14	18		0.18	P. 7.5 R 4/4
119	183(2)	O IIIa	7, 2a.c	1	7	40		0.09	M. 7.5 R 3/4
120	99	S Ib	7, 2a.c		100				
121	136	Q II	7, 3a.c	20	5	9	6	0.67	P. 5 YR 4/6
122	s/n	O II	7, 3a.c		6	94	1.39	0.06	10 YR 5/8

Nº de orden	Nº de la muestra	Cuadrícula	Capa	Cuarzo %	Feldespato %	Caolinita %	Mica %	Yeso %	Basanita %	Goethita %	Ig	Hematita %	Ih	Maghemita %	Jarosita %	Indice composic.	Cristalinidad	Color	
123	s/n	P IIIId	7, 3a.c	11		21					68	0.57				0.47	P.	10 R 4/6	
124	(1)	O II	7, 4a.c	X		X				100	1.49					0.00		7.5 YR 6/6	
125	(2)	O II	7, 4a.c					P.							100	0.00	-	2.5 Y 8/4	+ natrojarosita P.
126	191	O IIIId	7, 4a.c							100	1.51					0.00	-	5 YR 4/6	
127	(1)	Q I/II	7, 4a.c												100	0.00	-	10 YR 6/6	
128	(2)	Q I/II	7, 4a.c	15		11						74	0.77			0.35	P.	10 R 4/4	
129	(3)	Q I/II	7, 4a.c	3						39		58	0.60			0.03	P.	2.5 YR 3/6	
130	s/n	Q I/II	7, 4a.c							100	1.68					0.00	-	5 YR 4/6	

## BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, FERNAN, CARLOS J. GRADIN, CARLOS A. ASCHERO y ANA M. AGUERRE, 1984-1985. Algunas consideraciones sobre recientes dataciones radiocarbónicas para el Area Río Pinturas, Provincia de Santa Cruz". *Relaciones de la Soc. Arg. de Antropología*, T. XVI, p. 275-285. Buenos Aires.
- ASCHERO, CARLOS, A. 1983-1985. Pinturas rupestres en asentamientos cazadores-recolectores: dos casos de análisis aplicando difracción de rayos X." *Cuadernos del Inst. Nac. de Antropología*, y. 10, p. 291-306. Buenos Aires.
- — 1985. Notas sobre el uso de pigmentos minerales en el sito CCP-5, Prov. de Santa Cruz, Argentina. *Estudios en arte rupestre, Museo Chileno de arte precolombino. Primeras Jornadas de Arte y Arqueología*, p. 13-20. Santiago.
- AZAROFF, LEONID V. y MARTIN J. BUERGUER. 1958. *The Powder Method in X-Ray Crystallography*. McGraw-Hill Book Company.
- BARBOSA, CARLOS E. y GRACIELA E. RIAL, 1985. Análisis mineralógico por difracción de rayos X de muestras de pintura de Cerro Casa de Piedra, sitio CCP-5, Provincia de Santa Cruz, República Argentina". *Estudios en arte rupestre. Museo Chileno de arte precolombino. Primeras Jornadas de Arte y Arqueología*, p. 21-24. Santiago.
- CARDICH, AUGUSTO. 1979. A propósito de un motivo sobresaliente en las pinturas rupestres de El Ceibo" (Provincia de Santa Cruz, Argentina). *Relaciones de la Soc. Arg. de Antropología* T. XIII: 163-182. Buenos Aires, 1981.
- COURAUD, CLAUDE y ANNETTE LAMING-EMPERAIRE; 1979. Les colorants". En: *Lascaux inconnu, XIIe. Supplément à Gallia Préhistoire*, p. 153-169.
- GRADIN, CARLOS J. 1978. Pinturas rupestres del Alero Cárdenas (Provincia de Santa Cruz)". *Relaciones de la Soc. Arg. de Antropología*, T. XI, p. 143-158. Buenos Aires.
- — 1978. Noticia preliminar sobre la excavación del Alero Cárdenas, Provincia de Santa Cruz". Comunicación presentada al VI Congr. Nac. de Arqueología Argentina, San Juan. Manuscrito en elaboración.
- GUINIER, ANDRE; 1952. *X-Ray Crystallographic Technology*". Hilger and Watts Ltd. London.
- HURLBUT, CORNELIUS S.; 1974; *Dana's Manual of Mineralogy*". John Wiley and Sons.
- ÍÑIGUEZ, ADRIAN MARIO y CARLOS J. GRADIN, 1978. Análisis mineralógicos por difracciones de rayos X de muestras de pinturas de la Cueva de las Manos, Estancia Alto Río Pinturas (Prov. de Santa Cruz)". *Relaciones de la Soc. Arg. de Antropología*, T. XI, 1977, p. 121-128, Buenos Aires.
- KLUG, HAROLD P. y LERCY E. ALEXANDRE, 1974. *X-Ray Diffraction Procedures*". John Wiley and Sons.
- KRAUSKOPF, KONRAD, B. 1967. *Introduction to Geochemistry*". International Series in the Earth Planetary Sciences." McGraw Hill Book Company.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS; 1975. *Munsell Color Macbeth Division of Kollmorgen Corporation*, Baltimore.
- PALACHE, CHARLES, HARRY BERMAN and CLIFFORD FRONDEL; 1951. *The System of Mineralogy*". John Wiley and Sons.
- PEDERSEN, ABSJORN; 1970. El arte rupestre del Parque Nacional Perito Moreno (Provincia de Santa Cruz, Patagonia, República Argentina). *Symposium International D'Art Préhistorique, Valcamonica 1968*, p. 443-460. Brescia.
- RIAL, GRACIELA, E.; 1984. El índice de cristalinidad de la illita en la historia sedimentaria y su pasaje al metamorfismo. Su aplicación al Grupo Santa Victoria, Prov. de Salta." *Rev. de la Asoc. Arg. de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 15 (3-4); 81-86.
- RIAL, GRACIELA E. y CARLOS E. BARBOSA; 1983-1985. Análisis mineralógico por difracción de rayos X de muestras de pinturas del sitio Inca Cueva - 4 (Departamento Humahuaca, Provincia de Jujuy)". *Cuadernos del Inst. Nac. de Antropología*, v. 10, p. 313-317. Buenos Aires.
- STRUNZ, HUGO; 1970. *Mineralogische Tabellen*". Akademische Verlagsgesellschaft. Geest und Portig K.-G., Leipzig.