

ALTERACIÓN TÉRMICA EN DOS TIPOS DE ROCAS SILÍCEAS: RESULTADOS EXPERIMENTALES Y APOORTE DE DATOS PARA EL ANÁLISIS ARQUEOLÓGICO

Roxana Cattáneo(*), Alejandra Pupio(**),
Miguel Valente(****) y Alejandra Barna(***)

RESUMEN

La utilización del procedimiento tecnológico de tratamiento térmico por parte de grupos aborígenes en la producción de artefactos líticos estuvo originalmente registrada por etnógrafos y luego en contextos arqueológicos. Resultados de un programa experimental donde se consideraron dos casos de estudio de material lítico proveniente de las regiones Pampeana y Patagónica son presentados y discutidos. Tanto las alteraciones macroscópicas como microscópicas fueron estudiadas utilizando métodos y técnicas de la Geología. Todos los resultados son utilizados para evaluar la presencia de la técnica de Tratamiento Térmico en conjuntos arqueológicos de Pampa-Patagonia.

ABSTRACT

The aboriginal use of various heat treatment techniques in the production of stone tools was originally recorded by ethnographers and then in archaeological contexts. Experimental results from two case studies on lithic material from the Pampean and Patagonian regions are discussed. Both macroscopic and microscopic alterations were explored, microscopic geological techniques were applied. Results from several experiments are used to evaluate the occurrence of heat treatment techniques in assemblages from Pampa-Patagonia.

(*)Becaria Formación Superior. Lic. en Antropología. Museo de La Plata. U.N.L.P.

(**) Lic. En Historia. Becaria Iniciación. SCyT, Universidad Nacional del Sur.

(****) Lic. En Geología. Becario CIC-Universidad Nacional del Sur.

(***) Lic. En Historia. Docente Universidad Nacional del Sur.

INTRODUCCIÓN

En los contextos líticos de los sitios y localidades arqueológicas La Liebre y El Sombrero en la provincia de Buenos Aires, y Piedra Museo y 17 de Enero en la provincia de Santa Cruz, se han registrado indicadores macroscópicos de alteración por calor. La presencia de cambios de color, lustre y daño térmico en materiales arqueológicos llevó a desarrollar un programa de experimentación. Este consistió en exponer a una variedad de rocas silíceas, presentes en las localidades y sitios mencionados, a condiciones térmicas controladas.

Los objetivos de esta experiencia fueron, en primer término, discutir qué alteraciones macro y microscópicas, registradas en la muestra experimental, son significativas para analizar el registro arqueológico de los contextos estudiados. En segundo término, identificar los mecanismos que producen estas alteraciones a distintas temperaturas.

A partir de los resultados obtenidos queremos discutir dos aspectos relevantes a tener en cuenta para el análisis de la tecnología lítica: cómo evaluar en los contextos arqueológicos la presencia de indicadores de alteración por calor, y advertir acerca de las dificultades para determinar la presencia de alteraciones térmicas intencionales en el registro arqueológico.

La exposición intencional de rocas a altas temperaturas es una práctica registrada en distintas regiones del mundo. El *tratamiento térmico* es un procedimiento tecnológico de manufactura, que tiene como objetivo, mejorar la calidad para la talla, y está relacionada en gran cantidad de casos con la talla bifacial. (Luedtke 1992; Clemente Conte 1995; Patterson 1995) La misma ha sido observada etnográficamente (Holmes 1919; Pond 1930; Tindale 1985) y en conjuntos arqueológicos (Binford y Quimby 1963; Bordes 1969; Dunell y Whittaker 1988). Tindale (1985:5) describe esta práctica entre los Palungkwatji de la siguiente manera:

“Both old men continued to receive small batches of tjamuru cores from Kiri, and some of these proved to be of better quality. Each man treated such cores according to his own ideas; burying them under the fire hearths for heat treatment. Some cores were knapped as soon as received and then heated; others were baked first, with seemingly different results. Some primary flakes seemed to receive far too much heat from such attention, but also some heated cores had to be rejected after one or more test flakes that had a matte appearance seemed to need less heat than did the more opalescent-looking ones. In their terms, “cooking” made them “lighter”, but some were “too light”. Palungkwatji also used the phrase “too dry”.” (Tindale 1985: 5).

Por otro lado, algunos autores han descripto alteraciones no intencionales en sitios arqueológicos debido a la presencia de materiales con algún tipo de daño térmico. Tal es el caso de las piezas de sílex del yacimiento Mendiona I en Barcelona, que presentan además de lustre térmico, otro tipo de alteraciones, como escamaciones y agrietamientos (Clemente Conte 1995:40). Otro ejemplo de no intencionalidad fue planteado por Amick, quien observa en las puntas Folsom de Cebollita Mesa (Nuevo México), fracturas térmicas a causa de fuegos forestales o fogones de posteriores ocupantes (Amick 1994:15). Etnográficamente se registran ejemplos de alteraciones térmicas que no están relacionadas con una técnica de manufactura aplicada para mejorar la calidad de la talla, sino como técnica de canteo. En estos casos se observan daños térmicos producto de una rápida elevación de temperatura, o por contacto directo entre la roca y el fuego. Binford y O'Connell registraron esta práctica de canteo entre los alywara. (Binford y O'Connell 1984:133-134)

“After the boulder was raised into a titled position, resting its weight on the apex of the pyramid-shaped stone, the two men left us and spread out into the nearby trees. They returned with armloads of sticks, dry branches, and small twigs. They arranged the fuel under the boulder and kindled a fire. As the flames grew, the men added more fuel and sat back, speculating on how the boulder would break. ...

Before us was a large block resting on a pointed fulcrum, with a fire burning underneath. The two Aborigines drew imaginary lines across the top of boulder, speculating as to how the block would break. Before long there was a musical "ping", as a crack developed completely across its width, above the point where it rested on the fulcrum. The fire continued to burn for about half an hour. We did not hear a second "ping", but the block was broken into three large pieces when the stepped forward to begin the task of levering out the broken sections."

En nuestro país varios autores mencionan la existencia de probables evidencias de tratamiento térmico en materiales arqueológicos, correspondientes a grupos cazadores-recolectores de las regiones pampeana y patagónica (ver i.e. Flegenheimer 1991; Nami 1992), así como modificaciones post depositacionales por acción de fuegos (Aschero 1983), pero la experimentación ha sido una vía poco desarrollada. El trabajo de Ariet (1988, 1991) es uno de los pocos que ha desarrollado este tipo de experiencia sistemática en el país utilizando materia prima lítica proveniente del sitio cantera taller La Liebre.

A partir de los resultados obtenidos en el programa experimental, consideramos necesario redefinir la problemática del tratamiento térmico y las alteraciones no intencionales, para proveer información que contribuya al análisis de la tecnología lítica de los grupos cazadores-recolectores.

ALGUNOS CONCEPTOS OPERATIVOS

Debido a la existencia de numerosa bibliografía extranjera sobre el tema, consideramos importante definir y describir los conceptos utilizados en este trabajo a fin de facilitar su lectura. (Purdy 1974; MacCutcheon 1990; Luedtke 1992; Schindler et al 1992; Clemente Conte 1995; Patterson 1995).

La *alteración térmica* involucra a todas las modificaciones producidas en las rocas como consecuencia de su exposición a una fuente de calor, en forma intencional o involuntaria.

El *tratamiento térmico* implica una modificación intencional de la roca, que forma parte, como procedimiento pirotecnológico, de una técnica de manufactura (Mc Cutcheon 1990). Puede discutirse si es un procedimiento tradicional utilizado únicamente para mejorar la calidad del material para la talla, o si involucra además, otros objetivos como por ejemplo, lograr un cambio de color.

Las *alteraciones no intencionales* son aquellas no previstas, producto de la exposición de las rocas a fogones, y que producen, en general, algún tipo de daño térmico. Este es causado por stress interno, inducido por un rápido incremento de la temperatura, o por el calentamiento a un nivel de temperatura que sobrepasa el límite tolerado por el material. Reconocemos como daños térmicos a las *fracturas*, que de acuerdo a su morfología general pueden ser regulares e irregulares.

Regulares

- a- Hoyuelos: son los negativos de desprendimientos que tienen una forma oval o semiesférica, con superficies lisas o rugosas, en tamaño variable.
- b- Conos de desprendimientos: son los fragmentos desprendidos de un hoyuelo, generalmente de forma semiesférica y regular.
- c- Escamaciones: son producto de un desprendimiento incompleto de conos. Son fracturas de forma semilunar, pudiéndose encontrar aisladas o agrupadas.

Irregulares:

- a- Fractura transversal: son discontinuidades que siguen un patrón anguloso, separando la pieza en dos o más partes, por su plano transversal.
- b- Desintegración: es una fracturación que involucra el total de la pieza, en pequeños bloques o fragmentos granulares.

c- Agrietamientos: son microfisuras irregulares, de morfología variable, internas o superficiales, aisladas o múltiples, que pueden formar un verdadero reticulado (craquelado).

Otras modificaciones significativas producidas como consecuencia de la exposición al calor son, son el color y el lustre. El cambio en el *color* de la roca aparece generalmente al producirse reacciones químicas como respuesta a la exposición al calor. Es importante destacar, que la alta variabilidad en las tonalidades de algunas materias primas puede dificultar su reconocimiento, pero unido a otros indicadores, particularmente la presencia de algún daño, es altamente confiable. El *lustre* es una característica que aparece exclusivamente en el *interior* de la roca que sufre una alteración térmica. Se observa a simple vista como un brillo intenso, de tipo sedoso, antes ausente. En general ha sido considerado un atributo que permite reconocer la alteración térmica.

PROGRAMA DE EXPERIMENTACIÓN

A través de la experiencia diseñada se pudieron registrar las modificaciones producidas a nivel macro y microscópico e identificar los mecanismos que las produjeron en las distintas temperaturas.

Se seleccionaron cinco variedades de rocas silíceas (Anexo 1). Las muestras 1, 2 y 3 son variedades de tobas vítreas y pertenecen al área de aprovisionamiento del sitio 17 de Enero que está ubicado en la zona de bajos y zanjones, aproximadamente a 2 km. de la localidad arqueológica Piedra Museo (Miotti 1995), en el Nesocratón del Deseado (Hoja IGM 1:100.000 "Monumento Natural Bosques Petrificados"). Se trata de un área de canteras-taller, donde afloran estas vulcanitas ácidas con fuerte silicificación, pertenecientes a la Fn. La Matilde (Cattáneo 1996; Panza com.pers). Las muestras 4 y 5 son variedades de dolomías silicificadas y provienen del área del sitio La Liebre, ubicado en el sistema serrano de Tandilia, en el Cerro Reconquista (Hoja I.G.M. 1-50.000, 3.760-36-1 "Cerro Reconquista") (Flegenheimer 1991; Pupio 1996). Se trata de una cantera-taller de aprovisionamiento de estas rocas¹, además de cuarcitas y pigmentos en porcentajes menores. En el sitio afloran ortocuarcitas y pelitas ferruginosas de la Fn. Sierras Bayas. (Figura 1).

Para obtener la muestra experimental se tallaron nódulos por percusión directa. Se seleccionaron dos lascas de cada variedad de roca, de distintos tamaños (un grupo menores de 3 cm y otro de lascas mayores, de entre 4 y 8 cm aproximadamente) para cada experiencia.

Una vez seleccionadas las lascas, se normalizaron los pesos de las muestras a peso seco para estimar las variaciones debidas al contenido de humedad natural. Para ello se secaron por 5 horas a 104°C en estufa y se dejó que retomaran temperatura ambiente en un desecador. Se registraron los pesos antes y después del secado, pesándose nuevamente las muestras luego de cada experiencia de calentamiento. Estos controles se realizaron en una balanza con una precisión de la 4ta.cifra decimal.

El rango de temperaturas elegido fue seleccionado tomando en cuenta las investigaciones realizadas con anterioridad sobre la materia prima del sitio La Liebre (Ariet 1988, 1991); los datos mencionados en la bibliografía consultada (Purdy 1974, 1982; McCutcheon 1990, 1991; Luedke 1992) y datos generados a partir de fogones experimentales² (Figura 2). Se realizaron en total nueve experiencias o series, desde los 200°C hasta los 600°C, y en cada una de las mismas se expuso una lasca de cada tamaño para cada variedad de roca. Esto se llevó a cabo en un horno de altas temperaturas Global Waltz, bajo condiciones oxidantes.

Para obtener una distribución homogénea de la temperatura, las lascas fueron colocadas dentro de un recipiente metálico en una matriz de arena tamizada y secada previamente durante 15hs en estufa.

En cada una de las experiencias controladas de elevación de temperatura, la temperatura inicial fue de 100°C, elevándose 50°C cada 30 minutos hasta llegar a la temperatura elegida en la que se mantuvo por el término de tres horas, luego de lo cual se descendió a un ritmo de 50°C cada

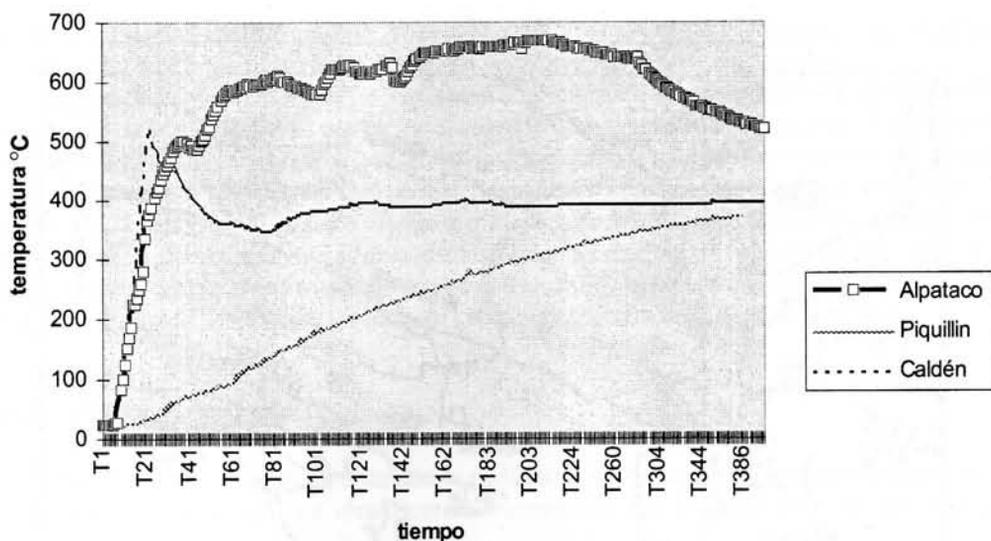


Figura 2. Gráfico de temperaturas de fogones experimentales.(T en minutos)

hora debido a las características de inercia térmica del horno. Esto se realizó para evitar un posible shock térmico. La variación en la temperatura programada se estimó en más/menos 5° C.

El esquema de trabajo fue desarrollado teniendo en cuenta un grupo de variables significativas para el análisis de las rocas expuestas al calor, entre las que se encuentran: las características petrográficas de las variedades de rocas y de la superficie; el tamaño y forma del material expuesto; el color y el peso.

RESULTADOS

A fin de ordenar el análisis de las muestras experimentales, se presentan los resultados de acuerdo al nivel de observación en el que se detectaron: macroscópico y microscópico.

Observaciones macroscópicas

1. Color

En los casos en que se produjo un cambio, la modificación fue gradual, desde la superficie hacia el interior, lo que hizo que en las muestras de menor tamaño la variación se extendiera a la totalidad de la pieza. En este sentido se observó que en la dolomía silicificada (variedad A) a 350°C el espesor de la modificación es de 100 micrones.

Además del cambio general de color, se pudieron observar otras modificaciones puntuales. Las venillas de calcedonia transparente, presentes en ambas variedades de dolomía silicificada, pierden translucencia hasta tomar color blanco a partir de los 350°C. Otro ejemplo se registró en las tobas vítreas (variedades B y C), en las que la deshidratación de yeso translúcido, que reemplaza a algunos feldespatos, produce anhidrita de color blanco.

En todos los casos, la variación de color fue registrada con la tabla Munsell con luz solar directa. (Tabla 1). La muestra 1 (toba vítrea, variedad A) originalmente verde amarillento oscuro (5GY 5/2) cambió a marrón amarillento oscuro (10YR 4/2). Sin embargo a 600°C una de las muestras, la de mayor tamaño, varió a gris oliva claro (5Y 5/2). La muestra 2 (toba vítrea, variedad

Tabla 1 Modificaciones de color en la superficie de las rocas

Mat prima	Sin tratar	100 C	200 C	250 C	300 C	350 C	400 C	450C	500C	550C	600C
1	5 GY 5/2	5GY 5/2	5GY 5/2	10YR 4/2	5Y 5/2						
2	5 R 4/6	5 R 4/6									
3	10 R 4/6	10R 5/4									
4	10YR 5/4	10 R 5/4	10 R 5/4	10YR 5/4	10 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 2/2
5	10YR 5/4	10YR 5/4	10YR 5/4	10YR 5/4	10 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4	5 R 3/4

B), originalmente rojo moderado (5R 4/6) no varió a un nivel susceptible de ser detectado por la escala de colores de la tabla Munsell. La muestra 3 (toba vítrea, variedad C), marrón rojizo moderado (10R 4/6), cambió a marrón rojizo pálido (10R 5/4) recién a los 600°C. La muestra 4 (dolomía silicificada, variedad A), inicialmente marrón amarillento moderado (10YR 5/4) viró a rojo negruzco (5R 2/2). A los 300°C ya se observó una modificación en la totalidad de la pieza hacia el marrón rojizo muy oscuro que es definido a los 350°C. La muestra 5 (dolomía silicificada, variedad B) originalmente marrón amarillento moderado (10YR 5/4) pasó a rojo oscuro (5R 3/4).

2. Variación en el Peso

La totalidad de las muestras tienen una capacidad diferencial de retención de humedad natural. Así observamos que si las muestras no hubieran sido secadas previamente aumentamos el error de medición en un máximo de 0,4 % para la muestra 4 (Figura 3). En la etapa de elevación de temperatura, en cada serie, se registraron los pesos antes (peso seco) y después de ser expuestas, observándose en líneas generales una tendencia a la pérdida de peso de forma diferente en cada muestra. (Figura 4). El gráfico se compuso hasta los 400°C debido a que a mayores temperaturas el grado de fracturamiento de las muestras impidió discriminar si las variaciones en el peso no estaban relacionadas a pérdida de material.

Las muestras 1, 2 y 3 (variedades de tobas vítreas) no sufrieron modificaciones significativas en el peso mientras que en las muestras 4 y 5 (variedades de dolomía silicificada) se observó una tendencia a una pérdida mayor desde los 200°C.

3. Aparición de Lustre

Para observar cambios en las características internas se lascaron las muestras, distinguiéndose modificaciones internas relacionadas aparentemente con la capacidad de reflexión de la luz. Esto se manifiesta especialmente en la muestra 4 a partir de los 300°C, independientemente del cambio de color en la superficie. Está ausente en las muestras 1, 2, 3 y 5. (Tabla 2)

4. Daño Térmico

Pudo observarse una variedad de daños en las 5 muestras. Estos aparecieron a distintas temperaturas y con características diferentes (Tabla 2).

Fracturamiento regular

En las muestras 1 y 5 no se produjeron hoyuelos. La muestra 2 sólo a los 550°C sufrió

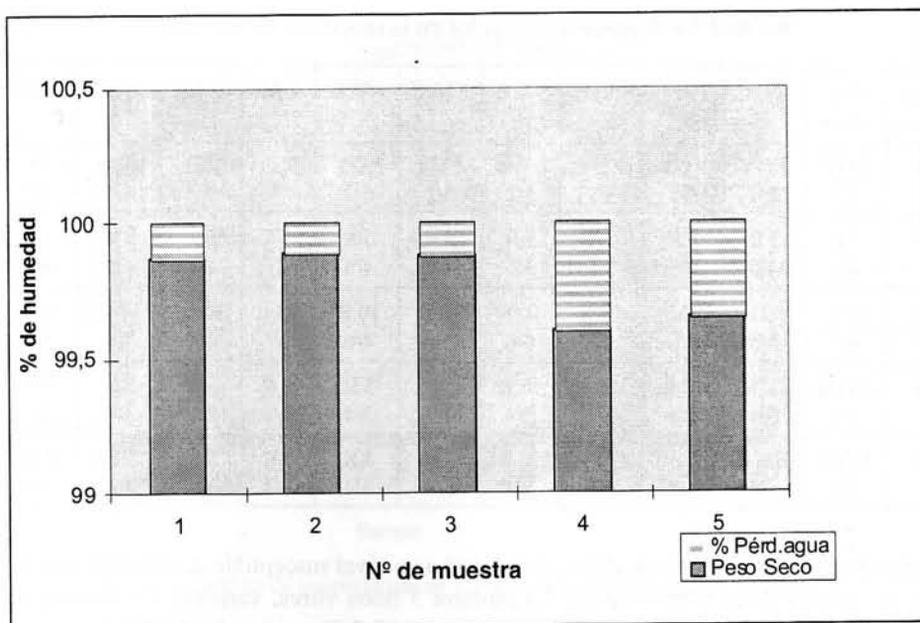


Figura 3. Gráfico de porcentaje de pérdida de humedad en los 5 tipos de rocas.

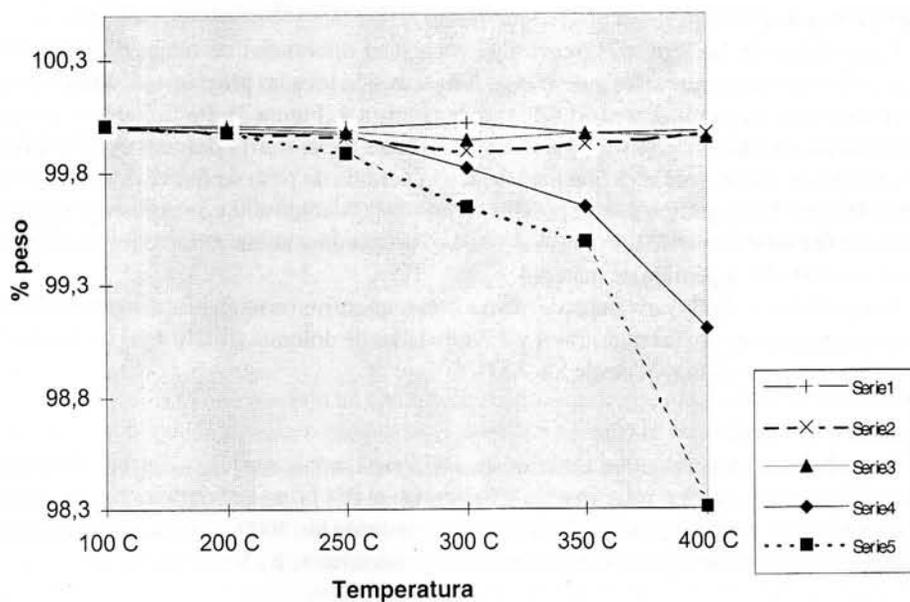


Figura 4. Gráfico de las tendencias en la pérdida de peso a distintas temperaturas: serie 1: toba vítrea (variedad A); serie 2: toba vítrea (variedad B); serie 3: Toba Vítrea (variedad C); serie 4: Dolomía Silicificada (variedad A); serie 5: Dolomía Silicificada (variedad B).

Tabla 2 Observaciones sobre modificaciones registradas en las muestras experimentales.

ATRIBUTOS	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C
Color	—	—	4-5	4-5	4-5	4-5	1-4-5	1-4-5	1-4-5
Lustre	—	—	4	4	4	4	4	4	4
Hoyuelos (fractura regular)	—	—	—	—	4	4	3-4-5	2-3-4	3-4-5
Escamaciones (fractura regular)	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Fracturas transversales /desintegración (fractura irregular)	—	—	—	—	—	—	3-5	2-3-4-5	2-3-4
Agrietamientos (fractura irregular)	—	—	—	—	—	—	3	4	1- 2- 3- 4

desprendimientos y éstos fueron superpuestos. Algunos fragmentos no terminaron de desprenderse, formando en consecuencia, escamaciones. La muestra 3, desde los 500°C presentó múltiples hoyuelos de diversos tamaños. En este caso también a veces no llegaron a desprenderse totalmente. En el caso de la muestra 4 los hoyuelos comenzaron a aparecer en escasa cantidad desde los 400°C hasta ser múltiples en las mayores temperaturas. Excepcionalmente en las zonas altamente silicificadas (en algunos sectores de la muestra 5 por ejemplo) se generaron gran cantidad de hoyuelos. En esos casos la superficie de la concavidad es mas lisa. (Tabla 2; Figuras 5 y 6)

Fracturamiento irregular

Esta modalidad de fragmentación no se produjo en las muestras 1 y 5. En el resto de los casos aparecieron múltiples fracturas en las mayores temperaturas, asociadas a agrietamientos (Tabla 2). En el caso particular de la muestra 3 predominó una fracturación angulosa. En todos los casos, los

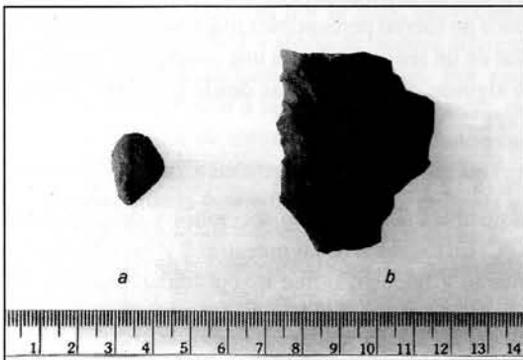


Figura 5. Muestra de toba vítrea (variedad C) expuesta A 600° C. Detalle: a) cono de desprendimiento, b) hoyuelo.

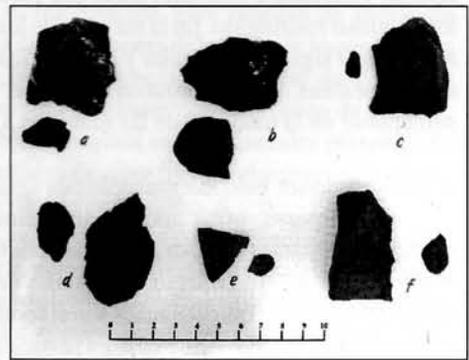


Figura 6: Hoyuelos y conos: a, b y c dolomía silicificada (variedad A) (400° C, 450° C y 500° C respectivamente); d toba vítrea (variedad B) a 550° C; e y f toba vítrea variedad C) a 500° y 600° C respectivamente.

desprendimientos que generaron los hoyuelos se produjeron previamente a la fracturación irregular o angulosa de la pieza.(Figura 7)

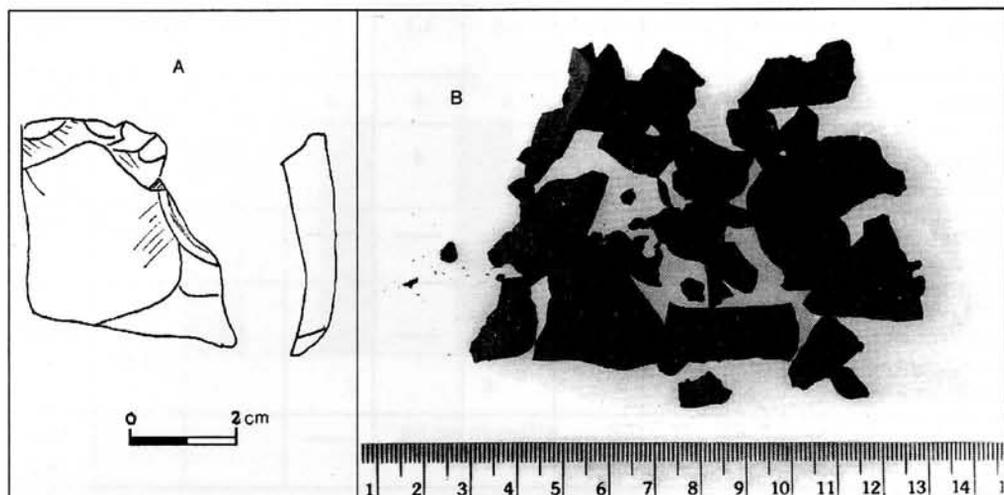


Figura 7: Muestra de toba vítrea (variedad B): A. Lasca original; B. Se observan fracturamiento irregular total de la lasca en pequeños bloques y fragmentos granulares. (expuesta a 500° C)

Observaciones microscópicas

Las observaciones se realizaron con lupa binocular Olympus B061 desde 0,8 a 4 aumentos, con microscopio petrográfico Olympus BH-2 desde 5 hasta 30 aumentos, y con microscopio electrónico (SEM) de 200 a 2600 aumentos, aunque en casos especiales se llegó hasta 25.000 aumentos.

1. Observaciones bajo lupa binocular

Principalmente se observaron agrietamientos superficiales, que se presentaron de manera aislada, bifurcada o múltiple, todas con escaso grado de separación de partes y con un desarrollo longitudinal restringido. En la mayoría de los casos no fueron perceptibles macroscópicamente. El trazado que siguen es irregular y pueden finalizar en un fenocristal o en una oquedad. Este tipo de modificaciones que comenzaron a aparecer en algunas de las muestras desde los 500°C, fueron perceptible en la totalidad de las muestras a 600°C.

2. Observaciones bajo microscopio petrográfico (a 12 y 65 aumentos)

Para observar otros tipos de alteraciones posibles se realizaron secciones y descripciones petrográficas para las muestras de la serie de 600°C. En los casos de las muestras 2 y 3 se observaron evidencias de fracturamiento en cristales de cuarzo y feldespato que no continúan más allá del límite del cristal; en muchos casos son el resultado de anisotropías preexistentes, por ejemplo líneas de inclusiones fluidas. En un caso en particular, en la muestra 2, un cristal de feldespato mostró una fracturación radial a partir de una inclusión de un cristal de epidoto.

3. Observaciones bajo Microscopio Electrónico de Barrido SEM (de 200 a 2.600 aumentos)

A través del microscopio electrónico de barrido se observaron alteraciones no registrables bajo lupa binocular y microscopio petrográfico sobre superficies aparentemente homogéneas.

Estas están representadas por los mismos agrietamientos descritos anteriormente, pero en donde la separación entre las partes es del orden de 1 μ . Pueden tomar forma semilunar y, aún atravesar fenocristales.

A muy alta magnificación, hasta 25.000 aumentos, no se observaron características de superficie que pudieran contribuir a definir la presencia del lustre.

4. Análisis por difracción de rayos X

Para corroborar y complementar las determinaciones mineralógicas, así como para ver los cambios en las especies mineralógicas tratadas térmicamente, se realizaron difractogramas sobre las muestras originales y sobre las expuestas a 600°C (que probablemente mostraran las mayores variaciones). La irradiación se realizó en un Difractómetro Rigaku Geiger Flex Mac III a 35 Kv y 15 Ma usando radiación Cu-K α y Monocromador. Los difractogramas se realizaron de 3° a 60° 2 θ y a una velocidad de barrido de 2° 2 θ /min.

DISCUSIÓN

Las rocas seleccionadas para la experiencia, pueden ser clasificadas en general, como homogéneas, de grano fino y con silicificación avanzada. Sin embargo, registramos que hay materias primas en las cuales las alteraciones térmicas son más fácilmente detectables.

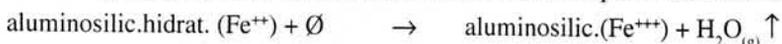
Es necesario discutir en este momento el contexto en el cual las alteraciones se produjeron y cuales fueron las posibles causas que las generaron.

Consideramos que el fracturamiento, las variaciones de color y la presencia de lustre son las alteraciones macroscópicas que en el universo de nuestras muestras, así como en el registro arqueológico, resultan elementos diagnósticos para evaluar la presencia de alteraciones térmicas. Por otro lado, las modificaciones registradas en el peso, así como los cambios mineralógicos, si bien resultaron elementos mensurables en nuestro diseño, en el caso del registro arqueológico son difíciles de evaluar.

El fracturamiento tiene lugar al superarse los límites de elasticidad térmica de las materias primas y en diferentes momentos, de acuerdo al rango de temperaturas críticas que poseen las rocas (Joyce 1985; Patterson 1995). Es un proceso que puede iniciarse a partir de factores tales como anisotropías (por ej. la presencia de microfracturas producto de la talla) o la presencia de cristales. El origen se encontraría en causas físicas, relacionadas a las diferencias en los coeficientes de dilatación de los componentes presentes. Esto produce diferenciales de tensión que no pueden ser absorbidos en su totalidad por la roca, provocando su fracturación. Este proceso de alteración generalmente es gradual, y afecta de manera diferente a distintas partes de la roca por lo que podrían no inhibir la manufactura de artefactos. Por ejemplo, la presencia únicamente de pequeños hoyuelos, al no afectar a la totalidad de la pieza, permitiría continuar con el proceso de talla.

Los cambios de color están representando cambios químicos en los minerales presentes en cada tipo de roca. En las muestras observadas las variaciones de color fueron relevantes sólo en una de las tobas vítreas (variedad A) y en la dolomía silicificada (variedades A y B).

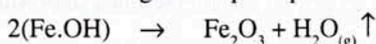
El análisis de los difractogramas de rayos X, así como el estudio de secciones delgadas de la roca realizados en la toba vítrea (variedad A) sin calentar, permitió definir la presencia de minerales del grupo de las Esmectitas, en particular Montmorillonita (un grupo de minerales aluminosilicatados con proporciones variables de hierro y magnesio). En general puede decirse que los cationes magnesio y hierro en estado reducido, son los responsables del color verde característico de la montmorillonita y que a su vez imprimen, por lo menos en parte, la tonalidad verde de la roca. Los procesos de calentamiento en esta roca, provocan una oxidación progresiva del hierro, además de la pérdida de agua y grupos oxhidrilos, transformando los compuestos en una reacción general:



La variación de color en las dolomías silicificadas (variedad A y B), desde tonos marrón amarillento moderado hasta rojo negruzco puede ser interpretado a través de procesos de cambio en los óxidos e hidróxidos de hierro presentes. El análisis de los difractogramas de rayos X en las dolomías silicificadas revela que las muestras originales tienen dos componentes principales: Cuarzo (Si_2O) y Goethita ($\text{FeO}\cdot\text{OH}$). La fórmula química general con que puede representarse a la goethita es $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ o $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$; en la que el hierro actúa en estado oxidado (Fe^{+++}). El estudio a través del microscopio petrográfico y SEM no permitió definir goethita bien desarrollada y cristalizada, aunque si se estableció que los óxidos de hierro probablemente estarían como finos agregados y/o como una capa superficial recubriendo al cuarzo. Esto estaría en concordancia con el color de la muestra que cuando se encuentra bien cristalizada y pura su color es negro parduzco, pero cuando está presente como cristales finos en agregados coloidales, y en conjunto con algunas impurezas, tiende a absorber agua y variar su color hacia tonos más claros (marrón claro) denominándose las genéricamente "limonitas".

En el análisis de los difractogramas realizados a las muestras de dolomía silicificada sometidas a 600°C se determinó el reemplazo de la variedad goethita (oxohidróxido) por hematita (óxido). Los procesos que actúan sobre la goethita, en el rango de temperaturas experimentados, se relacionan, por un lado, con una ganancia en el peso en el proceso de transformación de oxohidróxido a óxido y por otro lado con la pérdida de agua y oxhidrilos que conlleva un cambio en la coloración.

La reacción general que representa esto es:



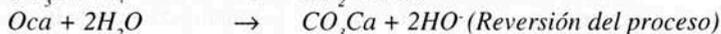
En las dolomías silicificadas, además del cambio en la coloración, se observó una modificación en la translucencia hasta el color blanco de la sílice como calcedonia (tipo plumosa y tipo salpimienta). Esto puede ser explicado a partir de modificaciones en el tamaño de la celda unidad, debido a un mejoramiento en el grado de cristalinidad como producto de la exposición al calor. Otra explicación puede estar relacionada con modificaciones en inclusiones microcristalinas que pueda contener la muestra. Esto es, alteraciones a muy pequeña escala que produzcan una difusión de la luz (por ej. estallido de microinclusiones fluidas o sólidas).

En el caso de las muestras de color rojo denominadas Tobas Vítreas (Variedades B y C), no se han producido cambios de color importantes. En estas muestras el color está determinado por un teñido general de óxidos de hierro, determinado como hematita mediante análisis de rayos X, que no son afectados por la temperatura y que en consecuencia no modifican el color original de la roca.

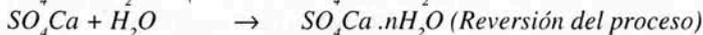
En todos los casos observados, el cambio de color se produce desde la superficie hacia el interior (Patterson 1979; Joyce 1985). Esto fue advertido en las piezas de mayor tamaño, en relación con el tiempo de exposición y el volumen de las mismas. Es por este motivo que esta característica puede resultar relevante a la hora de analizar el registro arqueológico debido a que el producto final de talla pudo haber perdido todo indicador de esta variación en el proceso de reducción.

Otro aspecto relevante es que experimentalmente se ha observado que siempre hay pérdida de peso, en mayor o en menor grado. Aunque estas modificaciones no puedan controlarse en el registro arqueológico, creemos que estos datos pueden servirnos para generar ideas y expectativas en relación a las características que va a lograr una roca al ser tratada térmicamente.

En las muestras 2 y 3, donde el cambio de color no fue observado, las diferencias mínimas de peso podrían ser explicadas por diversos procesos: en primer lugar la transformación de calcita a óxido de calcio, por pérdida de dióxido de carbono:



en segundo término, la transformación de yeso a anhidrita por pérdida de moléculas de agua



De este tipo de modificaciones, sólo algunas pueden ser consideradas relevantes a la hora de analizar el registro arqueológico ya que algunas de las reacciones planteadas son reversibles, y en consecuencia, no se conserva la modificación original.

En las muestras de dolomías silicificadas se observó un proceso de oxidación del hierro. Este cambio se realiza con una ganancia en peso, del orden de 0,11 mg. por cada mg. de FeO oxidado, por lo que este adicional debe ser tomado en cuenta al realizar la interpretación de las variaciones en el peso de la muestra total.

En el caso de la toba vítrea (variedad A) las transformaciones en el peso son determinadas por minerales del grupo de las arcillas, que cambian a otras especies mineralógicas por pérdida de moléculas de agua y oxhidrilo, con el consecuente colapso de su estructura en capas. Esta deshidroxilación sucede progresivamente de acuerdo a las temperaturas y a las estructuras de los minerales de arcilla.

La presencia de *lustre* se observa solo en una de las variedades de dolomía silicificada, desde 300°C hasta la máxima temperatura de exposición. El origen de este proceso estaría relacionado a cambios en las caras cristalinas del mineral de hierro presente, al transformarse de goethita a hematita, y que provocaría un aumento en la superficie de reflexión de la luz (Schindler 1982:535). Sin embargo, las observaciones realizadas con fuerte magnificación por SEM no permitieron corroborar esta idea, probablemente por el escaso desarrollo de la hematita generada. Esto alertaría a buscar otras explicaciones posibles para determinar el origen del lustre. El hecho de que el lustre se haya manifestado solo en la variedad más silicificada y compacta de las dolomías, induce a pensar en una combinación de varios factores para producirlo.

Arqueológicamente el lustre es una variable que permite establecer si hubo alteración térmica. Sin embargo es importante mencionar que, por ejemplo, en las rocas silíceas de Patagonia se observa lustre *externo*, producto de otro tipo de alteraciones: por meteorización física (viento) o química. El lustre superficial es común en las rocas expuestas a condiciones de superficie, que sufren transformaciones químicas (cambios en los minerales como resultado de la oxidación, reducción, solución, precipitación, hidratación) y mecánicas (fracturas en las rocas por acción biológica, abrasión por sedimentos, y expansión-contracción debida a cambios en la temperatura).

En el caso del lustre, en consecuencia, habría que diferenciar las causas variadas que lo generan y que a simple vista pueden parecer semejantes. El uso de técnicas adecuadas permitiría establecer que el lustre en el material arqueológico, responde a alteración térmica siempre que haya material de las fuentes de aprovisionamiento, o desechos de talla en el lugar, de la misma pieza. Detectada la fuente de materia prima en la cual los artefactos han sido elaborados, hay mayores posibilidades de corroborar las hipótesis.

CONCLUSIONES

El programa de experimentación permitió evaluar las alteraciones térmicas presentes en el material experimental y de este modo, se convirtió en una guía para la observación del material arqueológico.

En primer lugar, debemos considerar que las rocas respondieron de manera diferente a la exposición a temperaturas medias-altas, observándose un espectro de cambios macro y microscópicos que varían desde aquellos imperceptibles, hasta cambios de magnitud en una o más de las variables consideradas.

Las alteraciones que demostraron ser más significativas macroscópicamente para detectar alteración térmica fueron, en primer lugar el daño térmico, y en segundo lugar el color y el lustre. Cada una de ellas provee elementos relevantes para el análisis del material arqueológico.

Las fracturas son el elemento diagnóstico más generalizado para detectar procesos de alteración térmica. En general son indicadores claros de que estamos en presencia de una alteración

térmica no intencional. Aunque debemos ser cautelosos en esta afirmación, ya que daños leves (en general hoyuelos) pueden no interrumpir el proceso de talla. Esta variable es un indicador importante para observar la funcionalidad de un sitio, ya que permite considerar la presencia de una fuente de calor cercana, aún en ausencia de carbón.

Los resultados observados respecto a las variaciones en el color, nos llevan a concluir que es una variable a considerar cautelosamente, ya que depende en alto grado de la composición química-mineralógica de la materia prima y en consecuencia sólo variará en determinados casos. Generalmente el rango de valores en el cambio de color, aunque no en todas las rocas, varía hacia tonos más oscuros en relación al aumento de temperatura. Por otro lado, debemos tener presente que al producirse el cambio de color de la superficie al interior, es posible que parte del instrumental arqueológico terminado no posea rastros de la coloración debido al calor como consecuencia del proceso de talla.

El lustre, por el contrario, es una alteración que se produce en el interior de la roca tratada, y es observable en los instrumentos terminados o en piezas en proceso de reducción. Para considerar esta variable es necesario, al igual que en el caso del color, conocer la fuente de abastecimiento de rocas para observar las características originales de las mismas. De todas maneras al no conocerse con certeza cuales son las causas y procesos que lo generan no puede generalizarse como elemento diagnóstico.

Los resultados del programa de experimentación expuestos en este trabajo nos permitieron por un lado, elaborar una guía de análisis para la observación del material arqueológico, y por otro lado, reflexionar acerca de algunos problemas involucrados en el tema de las alteraciones térmicas.

En primer lugar, cualquier estudio que involucre la problemática de las alteraciones térmicas debe tener en cuenta la base de recursos líticos dentro del marco regional, es decir conocer la fuente de abastecimiento de las rocas para observar las características originales de las mismas. En este sentido consideramos relevante conocer la variabilidad en el color, lustre, pátina de meteorización, patrones de fractura, y la composición química y mineralógica de las rocas.

En segundo lugar, si bien el daño térmico, el color y el lustre mostraron a través de la experimentación ser las variables que más información aportan para analizar el material arqueológico, consideramos que la presencia de los mismos en un sitio no permite, por si mismas, decir algo acerca de la intencionalidad de la exposición de las rocas al calor. Esto sólo es posible de abordar en los contextos líticos regionales, en el marco del análisis de la organización tecnológica de los grupos estudiados. Es indispensable este tipo de enfoque, especialmente si pensamos en la técnica de tratamiento térmico como una técnica tradicional que pudieron o no compartir distintos grupos aborígenes.

Bahía Blanca, mayo de 1997

AGRADECIMIENTOS

A los Departamentos de Metalurgia y Geología de la Universidad Nacional del Sur, especialmente al Lic. Luciano Di Nardo. A la Dra. Laura Miotti. A las Lic. Cristina Bayón y Nora Flegenheimer por su constante apoyo. Al Lic. Hugo Nami por sus comentarios a este trabajo.

NOTAS

- ¹ Corresponde a la materia prima anteriormente denominada ópalo por Ariet, (1988,1991)
- ² Los autores llevaron adelante una serie experimental de fogones tendientes a establecer las características de temperaturas máximas y mínimas con leña de áreas pampeano-patagónicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Amick, Daniel
1994. Technological organization and prhistoric hunter-gatherer mobility examination of Folsom hunting behavior in the American Southwest. *The organization of NorthAmerican prehistoric chipped stone tools technologies*. Phillip J. Carr. Ed *International Monographs in prehistory*. Archaeological Series 7, USA.
- Ariet, Isabel
1988. Empleo de tratamiento térmico en Sociedades Tempranas de la Región Pampeana: un estudio experimental. En *Resúmenes* de las ponencias científicas presentadas para el IX Congreso Nacional de Arqueología Argentina: 105. Buenos Aires.
1991. Tratamiento térmico en grupos tempranos de la Región Pampeana. En *SHINCAL 3*, X Congreso Nacional de Arqueología Argentina, tomo 3:140-144. Catamarca.
- Aschero, C.A. y otros
1989. Arqueología del Chubut. El valle de Piedra Parada. Gobierno del Chubut. Serie Humanidades.
- Binford, Lewis and G. Quimby
1963. Indian sites and chipped stone materials in the northern Lake Michigan Area. *Fieldiana Anthropology* 36: 277-307.
- Binford y O' Conell
1984. An Alyawara Day: The Stone Quarry. *Journal of Antropological Research* 40: 406-432.
- Bordes, Francois
1969. Traitement thermique du silex au Solutrean. *Bulletin de la Societe prehistorique francaise*. 66:197.
- Cattáneo, Roxana
1996. Cadenas operativas prehistóricas: Movilidad, Subsistencia y tecnología en la Localidad Piedra Museo. Meseta central de la Prov. De Santa Cruz. Informe Final de Beca de Perfeccionamiento. MS.
- Clemente Conte, Ignacio
1995. Silex y lustre térmico en el Paleolítico Medio. ¿Alteración o técnica de talla? El ejemplo de Mediona 1. (Alt Penedes, Barcelona) En *Actas de Trabalhos de Antropologia y Etnologia*. 35 (3):37-43. Porto.
- Dunnell and Whittaker
1988. Late Archaic of the eastern lowlands and its regional relations. Paper presentado en el *50th Southeastern Archaeological Conference*. New Orleans. L.A.
- Flegenheimer, Nora.
1991. La Liebre, un sitio de cantera-taller. *Boletin del Centro* 2:58-64. La Plata.
- Holmes, W.
1919. *Handbook of aboriginal American Antiquities. Part 1. Lithic Industries*. Bulletin 60. Bureau of American Ethnology. Smithsonian Institution. Washington DC.
- Joyce, D.
1985. Heat Treatment of Alibates Chalcedony. *Lithic Technology* 14:36-40. Oklahoma.
- Luedke, B.
1992. An archaeologist's guide to chert and flint. *Archaeological Research Tools*. 7. University of California.
- McCutcheon, P.
1990. Archaeological investigations of stone tool heat treatment technology in southeastern Missouri. An experimental Dissertation.
1991. Explaining lithic heat treatment technology. Paper presentado en el 56th Annual Meeting of the SAA.
- Mansur-Francomme, M. Estela
1983. Traces d'utilisation et technologie lithique exemples de la patagonie. Tesis Doctoral. Universidad de Bordeaux 1. Francia. MS.

- Miotti, Laura.
1995. Piedra museo Locality: A special place in the New World. En *Current Research in the Pleistocene* 12: 36-38.
- Nami, Hugo
1992. El subsistema tecnológico de la confección de instrumentos líticos y la explotación de los recursos del ambiente: una nueva vía de aproximación. *SHINCAL* 2:33-53.
- Patterson, Leland
1979a. Quantitative Characteristics of Debitage from Heat Treated Chert. *Plains Anthropologist* 24:255-259.
1979b. Experimental Heat Treating of Flint. *La Tierra* 6 (1):11-13. Texas.
1984. Comments on studies of thermal alteration of Central Pennsylvania jasper. *American Antiquity*. 49(1):168-173.
1995. Thermal damage of chert. *Lithic Technology* 20 (1):72 -80. Oklahoma.
- Pond
1930. Primitive methods of working stone: based on experiments of Halvor L.S. Kalvlen. *Logan Museum. Bulletin* 3 Beloit.
- Pupio, Alejandra
1996. Resultados preliminares del sitio cantera-taller La Liebre. *Jornadas Chivilcoyanas en Ciencias Sociales y Naturales*: 191-194. Chivilcoy, Centro de Estudios en Ciencias Sociales y Naturales de Chivilcoy.
- Purdy, Barbara.
1974. Investigations concerning the thermal alteration of silica minerals: An archaeological approach *Tebiwa* 17(1): 37-66.
1982. Pyrotechnology: Prehistoric applications to chert materials in North America. En *Early pyrotechnology: the evolution of the first fire using industries*. Wertine T. Y S Wertine Eds. Smithsonian Press. Washington DC.
- Schindler, D. J. Hatch, C. Hay and R. Bradt
1982. Aboriginal thermal alteration of a Central Pennsylvania jasper: analytical and behavioral implications. *American Antiquity* n° 47 (3):526-544.
- Tindale
1985. Australian Aboriginal Techniques of Pressure. Flaking Stone Implementos: some personal observations. *Stone Tool Analysis*. Edited by Mark G. Plew, James C. Woods and Max G. Panesic. University of New Mexico Press, Albuquerque.

ANEXO

Estas descripciones corresponden a la materia prima original sin exposición al calor.

Muestra I: Toba vítrea Variedad A

Descripción macroscópica: es homogénea en color, masiva y fuertemente silicificada, con fractura concoidal buena.

Compuesta por una pasta muy fina translúcida y fenocristales de cuarzo y feldespato. Los fenocristales representan aproximadamente el 5% de la roca y el cuarzo es hialino, anhedral y con senos de corrosión. Los feldespatos son escasos y de formas euhedrales a subhedrales.

Descripción microscópica: la roca está compuesta por cristaloclastos (7%) en una matriz original vitroclástica (>90%).

La matriz vitroclástica apenas conserva relictos de la morfología original de las trizas. El vidrio original ha sido reemplazado por completo por sílice microcristalina muy fina.

Se observa en la disposición de los fragmentos una fluidalidad muy débil.

Los cristaloclastos son fundamentalmente cuarzo y feldespatos.

El cuarzo en general presenta bordes curvos por fractura (pueden estar algo corroídos en su periferia) y extinción normal. Se encuentran raros cristales de cuarzo tipo b, con buen desarrollo de tamaño.

Los feldespatos pueden estar maclados y son ehedrales a subhedrales (a veces fragmentados). Cuando están alterados, están reemplazados por calcita y cuarzo, en menor proporción hay sericita y a veces adularia. El cuarzo tapiza el interior de las cavidades de los feldespatos reemplazados. Sin embargo hay cristales frescos de feldespatos, sin rasgos de alteración.

Otros cristales están representados por escasas micas, mafitos (hornblenda?) alterados y opacos (pirita?).

Toda la masa de la roca está fuertemente silicificada con cuarzo microcristalino muy fino (tipo sal-pimienta).

Muestra 2: Toba vítrea Variedad B

Descripción macroscópica: roca masiva, homogénea en color a excepción de algunas bandas difusas con tonos más oscuros y fractura concoidal medianamente buena. Se observa una pasta muy fina con aproximadamente el 5% de fenocristales. Estos son de cuarzo, feldespatos y minerales de alteración. Toda la roca evidencia fuerte silicificación.

El cuarzo se presenta ehedral y hialino (tipo cuarzo b) y a veces como cristales anhedrales y también con brillo vítreo. Algunos feldespatos están bien desarrollados, con maclas observables. Hay evidencias de disolución en algunos minerales que se manifiestan por oquedades.

Algunos fragmentos indeterminados, tal vez estén representando componentes líticos.

Descripción microscópica: la roca está compuesta por vitroclastos (90%) y cristaloclastos (10%).

Los vitroclastos son trizas (70%) y fragmentos pumiceos (30%). El vidrio original ha sido reemplazado por completo por sílice microcristalina y teñido por óxidos de Fe.

Las trizas conservan muy bien su morfología y son del tipo pared de burbuja (tipo Y) y aplanadas, con un tamaño aproximado de 170m .

Los fragmentos pumiceos son de mayor tamaño relativo (hasta 1000m por 600m); observándose los canalículos subparalelos de escape de gases.

Se observa en la disposición de los fragmentos una cierta orientación marcada por individuos elongados de pumicita.

Los cristaloclastos son fundamentalmente cuarzo y feldespatos, aunque se observa una mayor proporción de éstos últimos.

El cuarzo en general presenta bordes curvos por fractura (pueden estar algo corroídos en su periferia así como también tener profundos senos de corrosión) y extinción normal (si bien se observan individuos con extinción ondulosa).

Los feldespatos comunmente están maclados (Carlsbad) y son ehedrales a subhedrales. Pueden estar fragmentados. Fundamentalmente están reemplazados por cuarzo y calcita y minerales arcillosos (caolinita?). Sin embargo hay cristales frescos sin rasgos de alteración.

Otros cristales están representados por escasas micas, mafitos alterados y opacos (pirita?).

Excepcionalmente está representado un grano de arena de cuarzo con crecimiento secundario en continuidad óptica.

Toda la masa de la roca está fuertemente silicificada con cuarzo microcristalino y los límites de las trizas y de los fragmentos pumiceos reemplazados están remarcados por un teñido de óxido de Fe.

Muestra 3: Toba vítrea Variedad C

Descripción macroscópica: roca masiva, homogénea en color, fractura concoidal buena. Toda la roca evidencia silicificación. Se observa una pasta muy fina con fenocristales (aprox. 10%), de cuarzo, feldespatos, minerales opacos, máficos y minerales de alteración.

El cuarzo se presenta ehedral y hialino (tipo cuarzo b), observándose que presenta, en algunos casos, senos de corrosión.

Además, otros cristales anhedrales y con brillo vítreo. Algunos feldespatos están bien desarrollados, con maclas observables.

Los minerales opacos (pirita?) están en parte oxidados generando un halo más oscuro por impregnación de óxidos en la pasta.

Los mafitos (probablemente hornblenda) están muy alterados.

Hay evidencias de reemplazo de minerales por alteración.

Descripción microscópica: la roca está compuesta por vitroclastos (>90%), cristaloclastos (7-10%) y líticos ocasionales (<1%).

Los vitroclastos son trizas (80%) y fragmentos pumiceos (20%). El vidrio original ha sido reemplazado por completo por sílice microcristalina y teñido por óxidos de Fe.

Las trizas son del tipo pared de burbuja y aplanadas, con un tamaño aprox. de 140m por 40m.

Los fragmentos pumiceos son de mayor tamaño (hasta 1600m por 1000m), suelen contener cristales de cuarzo y feldespatos y se observan los canalículos subparalelos de escape de gases.

Los cristaloclastos son fundamentalmente cuarzo y feldespatos.

El cuarzo en general presenta bordes curvos (por fractura), algo corroídos y extinción normal; con tamaño promedio de 340m por 160m.

Los feldespatos comunmente están maclados y son ehedrales a subhedrales. Pueden estar fragmentados y son de tamaño de hasta 800m por 600m. En algunos casos están reemplazados por calcita desde el centro o bien siguiendo las líneas de clivaje. Hay cristales frescos sin rasgos de alteración. Otros cristales están reemplazados por cuarzo y adularia. Otros minerales de alteración es yeso y minerales arcillosos (caolinita?). Otros cristales están representados por escasos opacos (pirita?) que en algunos casos están oxidados provocando un teñido a su alrededor.

Los líticos están representados por granos de cuarzo policristalino con contactos suturales y otros fragmentos de sílice microcristalina.

Toda la masa de la roca está fuertemente silicificada con cuarzo microcristalino y los límites de las trizas y de los fragmentos pumiceos reemplazados están remarcados por un teñido de óxido de Fe.

Muestra 4: Dolomía silicificada Variedad A

Descripción macroscópica: es una roca masiva, densa homogénea en color y con abundantes dendritas de Mn?, que denotan una fracturación que no muestra una orientación predominante. En algunos sectores localizados hay concentraciones de granos de cuarzo hialino redondeados a subredondeados con fractura concoidal muy perfecta. En general no están en contacto unos con otros. En otros sectores se desarrollan estructuras de relleno (tipo geoda) que están manifestadas por un desarrollo de sílice tipo botroidal y sobrecrecimientos de cristales de cuarzo regularmente desarrollados.

En toda la roca se observa una fuerte silicificación, lo que provoca que algunos sectores sean translúcidos y se observen sólo zonas de cuarzo microcristalino y en otras la parte marrón de la roca. La fractura es concoidal buena y corta a los granos de cuarzo.

Descripción microscópica: está compuesta por intercrecimiento de óxidos de hierro (limonita?) con cuarzo microcristalino.

El cuarzo se encuentra dispuesto dentro de formas geométricas (tipo romboedros), reemplazando al mineral original y enmarcado por los óxidos. Es microcristalino (tipo sal-pimienta) y cuando el reemplazo es mayor se completa el relleno por calcedonia tipo plumoso. El conjunto se halla atravesado por venillas rellenas de óxido de Fe-Mn (dendritas).

Los tamaños promedio de los romboedros son de 3mm hasta 0,7 mm.

Ocasionalmente se encuentran tablillas de muscovita.

Hay sectores con una fuerte impregnación por óxido de Fe.

Otros sectores están representados por texturas más abiertas actualmente rellenas por una secuencia de cuarzo microcristalino (tipo sal-pimienta) luego calcedonia (plumosa) y si la oquedad es muy grande culmina con cuarzo bien desarrollado subhedral.

Las formas geométricas romboédricas están menos definidas en algunos sectores de la muestra debido al teñido por la intensa cantidad de óxidos de Fe.

Hay más cantidad de calcedonia tipo plumosa y toda la roca está atravesada por venillas de óxido de Fe.

En un sector definido de la muestra hay granos de cuarzo redondeados, con tamaño de 1,7 mm., y con reborde de cuarzo secundario (en general en continuidad óptica). En algunos granos hay evidencias de corrosión.

En otros sectores de la roca se observan concentraciones de granos de cuarzo monocristalino subredondeados (de tamaños similares) que pueden constituir hasta el 30-40 % de la roca. Puede haber hasta un 1% de cuarzo policristalino.

En general todos los granos están unidos por crecimiento secundario en continuidad óptica y no en contacto. Cuando éste se produce suele ser por contactos tipo cóncavo-convexo o en menor proporción tipo sutural. Muchos de los granos están corroídos. La roca está atravesada por venillas de óxido de Fe.

Muestra 5: Dolomía silicificada Variedad B

Descripción macroscópica: es una roca porosa con fractura irregular, medianamente densa. Tiene un grado de silicificación mediano a pobre y presenta evidencias de disolución?. Se observan algunas texturas tipo geodas teñidas con óxidos de hierro (en particular limonitas). Muy escasamente hay cristales de cuarzo muy bien desarrollados y hialinos.

De manera localizada se observan venillas de relleno de cuarzo hialino que a veces puede desarrollar cristales bien formados. Las venillas no son continuas y están aparentemente relacionadas al relleno de huecos de disolución que a veces están bien desarrollados como bandas.

En algunas rocas se observa un paso transicional a la variedad A, pero en éste caso sin presencia de dendritas. Descripción microscópica: la roca está compuesta por un intercrecimiento de óxidos de Fe y cuarzo microcristalino. Hay una proporción importante de espacios vacíos que alcanza hasta el 50%. Aquellos espacios de menor tamaño han sido totalmente rellenos por cuarzo microcristalino (tipo sal/pimienta) mientras que los mayores solo están tapizados internamente por un delgado crecimiento de cuarzo microcristalino.

En algunos sectores se observa una cierta disposición geométrica con formas romboidales o triangulares, marcadas por óxidos de Fe.

Los óxidos son muy finos y se presentan como una masa de aspecto amorfo, mientras que la sílice se presenta como cristales pequeños que rellenan espacios.

Como minerales accesorios se observa escasa muscovita (< 1%) dispuesta como laminillas alargadas aisladas o como soles.