

RESEARCH ADVANCE

CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA, GEOQUÍMICA Y COLORIMÉTRICA DE LA CERÁMICA DE EL OCOTE (AGUASCALIENTES, MÉXICO)

Magnetic, Geochemical and Colorimetric Characterization of the Pottery from El Ocote (Aguascalientes, Mexico)

Rafael García,¹ Rubén Cejudo,^{1,2} Ana Pelz Marín,³ María del Sol Hernández-Bernal,⁴ Francisco Bautista,² Avto Gogutchachvili,¹ Juan Morales¹

¹ Servicio Arqueomagnético Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM, México; ² Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental, Instituto de Geofísica y Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, México; ³ Centro INAH Aguascalientes, México; ⁴ Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, México (avto@geofisica.unam.mx)

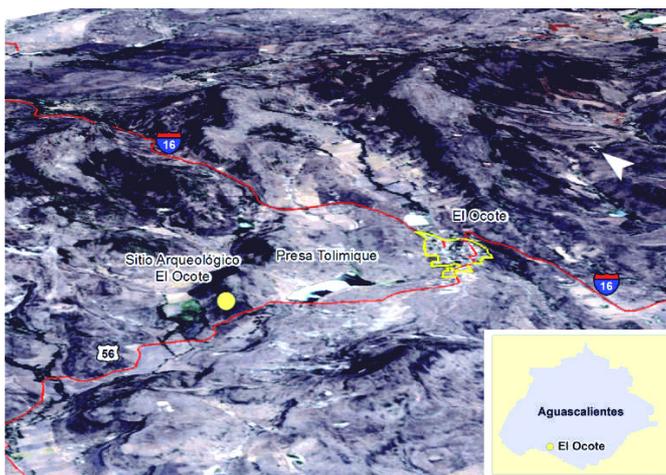


Figura 1. Localización georreferenciada del sitio arqueológico El Ocote en Aguascalientes, México (21.777° LN, 102.538° LO).

RESUMEN. En este estudio se realizó un análisis de las características magnéticas, geoquímicas y colorimétricas para ampliar el conocimiento de los artefactos cerámicos del sitio arqueológico El Ocote (Aguascalientes, México). Las muestras analizadas son previamente catalogadas como del tipo Bayo, Café Pulido, Crema, Gris, Guinda, Negro Pulido, Naranja, Rojo Bruñido y Rojo Pulido; correspondientes a cuerpos de olla y cajetes. A las muestras se les aplicaron técnicas de magnetismo de rocas, color y geoquímica para identificar los óxidos de Fe, Mg y Ti presentes, su tem-

peratura de Curie, el color característico y los minerales que las componen. Las temperaturas de Curie van desde 465 hasta 606 °C, lo que indica la presencia de titanomagnetitas con hematitas. Los parámetros de color permitieron asignar una nueva nomenclatura. Adicionalmente, se determinó que los cambios de color más significativos se dan en las muestras de los tipos Naranja, Rojo Bruñido y Negro Pulido. De igual manera, los análisis químicos de elementos traza permitieron observar variaciones notables entre ambos lados de las cerámicas, donde V, Zn y Zr son los elementos con mayor variación; mientras que Pb, Ni y Y son los de mínima variación.

PALABRAS CLAVE. Cerámica; Epiclásico; estilo cerámico; magnetismo de rocas; geoquímica; color.

ABSTRACT. We report the results of combined magnetic, geochemical, and colorimetric analyses carried out in order to expand the knowledge of the ceramic artifacts from El Ocote archaeological site (Aguascalientes, Mexico). The samples studied were previously classified as Bayo, Polished Brown, Cream, Gray, Cherry, Polished Black, Orange, Burnished Red, and Polished Red; corresponding to pot bodies and bowls. Rock magnetism, color, and geochemistry techniques were applied to determine the oxidation degree, Curie temperature, color, and mineralogy of the samples. Curie temperatures range from 465 to 606 °C,

Recibido: 15-5-2020. Aceptado: 30-6-2020. Publicado: 7-7-2020.

indicating the presence of titanomagnetites with hematites. New color parameters allowed us to assign new nomenclature. In addition, the most significant color changes were found to occur in the Orange, Burnished Red, and Polished Black samples. Similarly, the chemical analyses of their trace elements allowed us to observe notable variations between both sides of the pottery; V, Zn, and Zr are the elements with the greatest variation while Pb, Ni, and Y showed minor changes.

KEYWORDS. Pottery; Epiclassic; ceramic style; rock magnetism; geochemistry; colour.

INTRODUCCIÓN

El sitio arqueológico El Ocote es un asentamiento, localizado en el estado de Aguascalientes, en el que se han desarrollado trabajos de investigación desde el año 2000, encontrando vestigios culturales en los alrededores de los terrenos ejidales de uso forestal y de agostadero. La zona arqueológica está cerca de la comunidad El Ocote, a 40 km de la ciudad de Aguascalientes (fig. 1), en la parte alta y alrededor del cerro Los Tecuanes.

Hasta ahora se sabe que el asentamiento perteneció a grupos sedentarios que practicaban la agricultura, la caza, la pesca y la alfarería (Cejudo-Ruiz *et al.* 2019). Son anteriores a los chichimecas (Pelz-Marín y Jiménez-Meza 2013; Pelz-Marín 2014), pues su desarrollo primordial tuvo lugar en el periodo Epiclásico, dentro del intervalo 650 a 900 d. C., según el análisis de la cronología prehispánica. Estos grupos aprovecharon los recursos de su entorno, como la fauna y los bancos de materiales y arcillas, para producir diversos artefactos; entre los que destacan las vasijas, figurillas y ornamentos para uso común o ceremonial. Dichos artefactos han permitido comparar los variados rasgos y pigmentaciones en sus cerámicas con asentamientos contemporáneos ubicados en las cercanías de Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán, Colima y Durango, entre otros; confirmando así el intercambio cultural y comercial observado en ciertos rasgos que comparten en sus cerámicas (Jiménez-Meza 2014).

Dentro del sitio arqueológico El Ocote se han desarrollado diversas intervenciones. Las más recientes fueron realizadas en la cima y al pie del cerro Los Tecuanes, en donde ha sido posible recuperar material cultural como las cerámicas prehispánicas. Dichos fragmentos muestran diferencias entre sí, lo cual ha llevado

a su clasificación con la tecnología denominada *tipo variedad*, como menciona Jiménez-Meza (2014), para establecer un marco de referencia con respecto a sus características físicas y tecnológicas y ubicarlas cronológica y espacialmente como de manufactura local o foránea. Las cerámicas encontradas en la zona de estudio tienen diversos colores contrastantes sobre cajetes y ollas.

La carencia de datos arqueométricos es la principal limitación en los estudios de la cerámica de El Ocote y, en general, de todo el estado de Aguascalientes. El presente estudio tiene como objetivo describir las características magnéticas, geoquímicas y colorimétricas de cada tipo cerámico, descritas hasta hoy solo de forma empírica.

TIPOS CERÁMICOS

La cerámica de Aguascalientes se ha estudiado poco y aún no hay continuidad en su estudio. La mayor parte de los estudios proviene de prospecciones arqueológicas y salvamentos dentro de proyectos de salvamento o prospección (Porcayo-Michelini 2011), vías de comunicación, trabajos de atención en denuncias, identificación de pinturas rupestres, petroglifos, así como de pozos de saqueo. En dichos procesos de recolección solo se hace una mínima mención del método de análisis. Las cerámicas encontradas en el cerro Los Tecuanes son tiestos o tepalcates, que son artefactos arqueológicos con abundante presencia en la región. En estos ob-

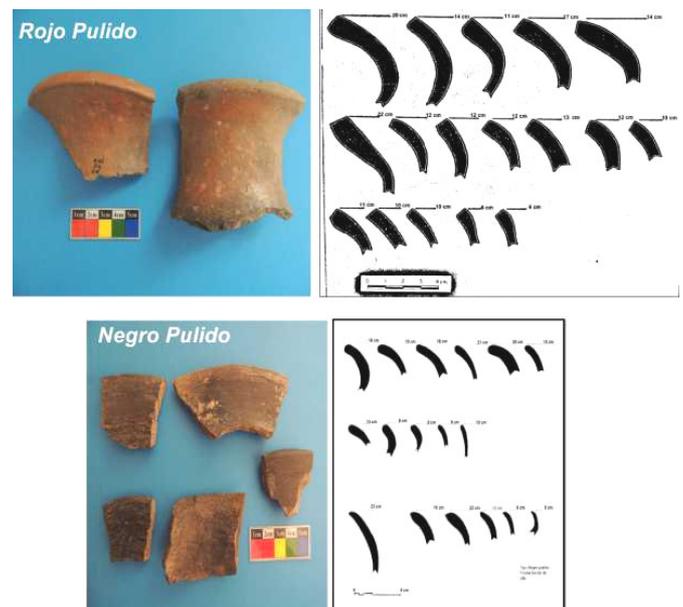


Figura 2. Ejemplos de fragmentos cerámicos de El Ocote.



Figura 3. Fragmentos cerámicos analizados en el marco de la presente investigación: Bayo, Café Pulido, Crema, Gris, Guinda, Naranja, Negro Pulido, Rojo Bruñido y Rojo Pulido.

jetos se estableció una secuencia cronológica definida por el color (fig. 2), es decir, rojo/crema, crema, rojo/bayo, naranja pulido, rojo pulido, café pulido, rojo, café/bayo pulido y negro. Los tiestos analizados son del tipo monocromo. Las muestras Bayo y Café Pulido son del tipo *seudocloissonné* por tabicar o hacer celdas sobre una capa después de la cocción (Castillo 1968). A su vez, estos tiestos se clasificaron en borde de olla y cajete, cuerpo de olla y cajete, así como plato y vaso.

Los artefactos del presente estudio son nueve y se clasifican como tipo Bayo, Café Pulido, Crema, Gris, Guinda, Negro Pulido, Naranja, Rojo Bruñido y Rojo Pulido (fig. 3). El Rojo Pulido, Café Pulido y Negro Pulido podrían estar asociados a funciones domésticas, a diferencia del Rojo Bruñido, que es partícipe de funciones ceremoniales e incluso jerárquicas. Las muestras Bayo, Café Pulido, Crema, Guinda, Negro Pulido y Rojo Pulido son del grupo monocromo; siendo las muestras en café las de mayor abundancia y trabajadas, y las muestras en guinda las de menor abundancia.

Las muestras Bayo y Crema son muy parecidas en cuanto a sus formas: ollas con bordes de pared recta divergente, labio biselado y plano; curvo divergente; labio redondeado; ollas con acabados de superficie alisada en el exterior y cajetes con acabado alisado y pulido en el interior y exterior. Las muestras tipo Bayo y Café Pulido se consideran tipo *seudocloissonné* por la pasta que tienen que, al desprenderse del color, deja

expuesta la base donde se aplicó. El Café Pulido se encontró en ollas de soportes cónicos sólidos con acabado de superficies que presenta un pulimento conocido como *a palillos*.

Las cerámicas en crema son alisadas, las cerámicas en gris y naranja se encuentran en baja concentración. Las cerámicas grises tienen un acabado o engobe en tono gris y corresponden a pequeños cajetes curvo-divergentes de labio redondeado. Las cerámicas guindas poseen una textura deleznable o semicompacta, con minerales de grano fino a medio, cocción irregular y presentan técnicas de modelado. Las cerámicas guindas provienen de cuerpos y bordes de olla, así como de cajetes. El color guinda va desde un tono bajo en rojo hasta el color café. Los bordes de olla son de pared curva divergente de labio redondeado, plano y biselado. Los cajetes solo tienen un cuerpo de características similares en acabado a la superficie de las ollas. El Rojo Pulido utiliza una técnica de pintado y pulido interior y exterior a la altura de la boca en las ollas y en los cajetes, tanto en el interior como en el exterior.

PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO

Se analizaron nueve fragmentos cerámicos obtenidos dentro de las más recientes campañas de exploración realizadas en El Ocoate por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). Los fragmentos estudiados fueron elaborados con arcillas producidas *in situ* con materias primas del sitio de estudio, utilizando desgrasantes incrustados en las pastas con fragmentos de cuarzo, arena y ceniza volcánica. Estos materiales son observados a simple vista o con la ayuda de una lupa. La cocción de las muestras suele ser irregular.

Se obtuvieron curvas de susceptibilidad magnética vs. temperatura con el equipo *Bartington MFK1* para estimar las temperaturas de Curie de cada tipo cerámico (fig. 4). Se realizó análisis de color utilizando un colorímetro *Konica Minolta CR-5* con un observador a 2° y un iluminante D65 en los nueve fragmentos cerámicos. Se obtuvieron los parámetros de color en los sistemas CIE-L*a*b* y Munsell, donde el parámetro L* representa la luminosidad, a* es la coordenada de rojo a verde, b* la coordenada de amarillo a azul; por su parte, el sistema Munsell permite etiquetar las cerámicas con un nombre. Los parámetros de color muestran las diferencias entre ambas caras de las cerámicas:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)} \quad (1)$$

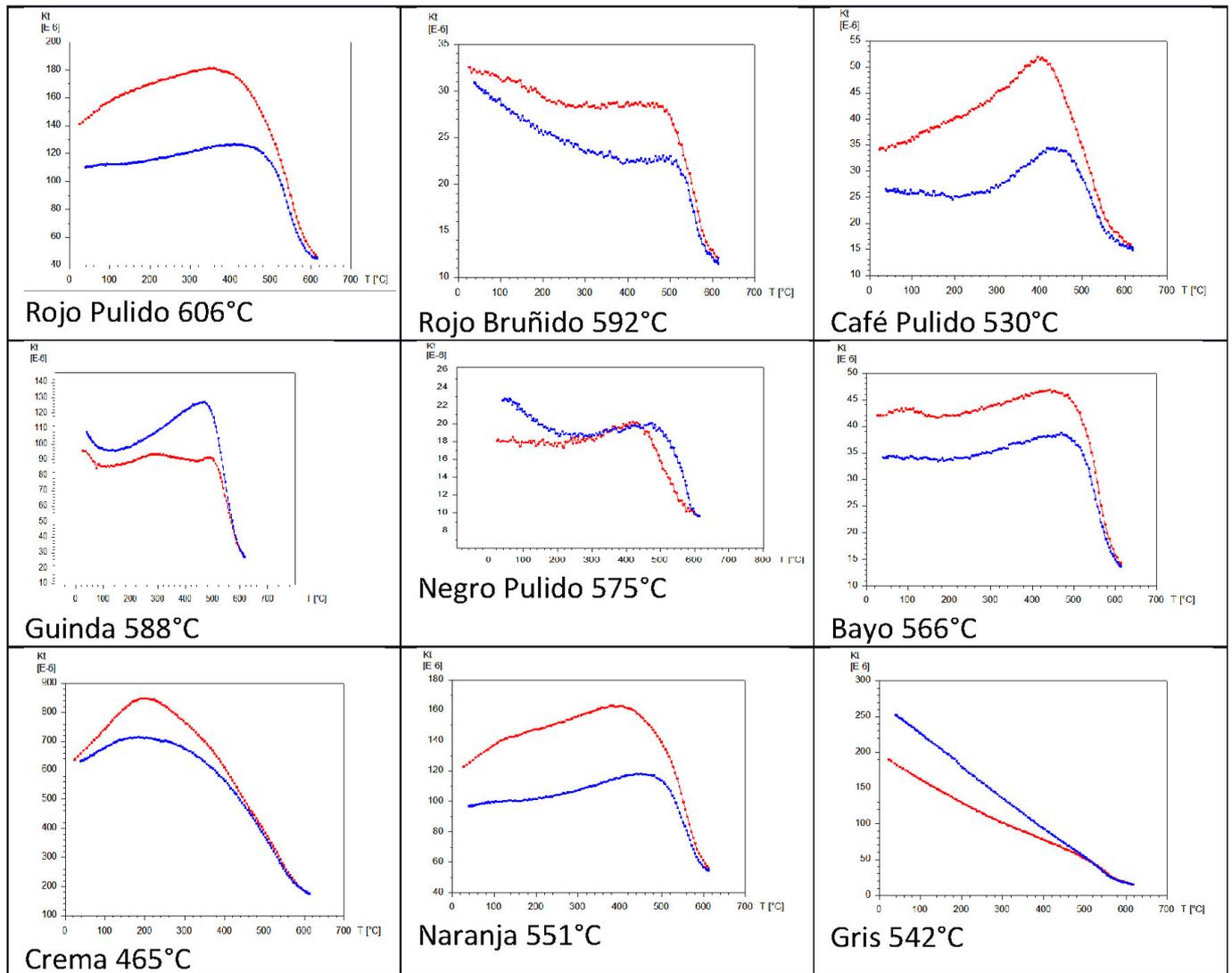


Figura 4. Susceptibilidad vs. temperatura de las muestras por tipo cerámico.

Donde ΔE indica la magnitud de la diferencia de color, ΔL la diferencia en claridad (+) y oscuridad (-), Δa la diferencia en rojo (+) y verde (-), Δb la diferencia en amarillo (+) y azul (-).

La composición química de las muestras fue determinada por la técnica de fluorescencia de rayos X (FRX) usando un espectrómetro portátil de dispersión de energía (*ED-XRF*, por sus siglas en inglés) *Genius 7000XRF* de *Skyray Instruments*, con tubo Rh y detector de berilio, en el Laboratorio Universitario de Geofísica Ambiental (LUGA).

PRINCIPALES RESULTADOS Y CONSIDERACIONES FINALES

Mediante el método diferencial de Tauxe (1998) se obtuvieron las temperaturas de Curie de cada fragmento

cerámico. Los valores calculados van desde 465 (Crema) hasta 606 °C (Rojo Pulido), indicando la presencia de soluciones sólidas de la serie de las titanomagnetitas, con una contribución de hematitas o titanohematitas en colores marcadamente rojos oxidados (fig. 4). La mayoría de las muestras tienen un comportamiento similar al obtenido al calentar y un comportamiento posiblemente superparamagnético en la muestra Gris.

Los parámetros de color permiten obtener el índice de rojez RI (Kirillova *et al.* 2015; Vodyanitskii y Savichev 2017), utilizado ampliamente en estudios de suelos para identificar la presencia de hematita, característica por su tono rojo. Mediante los parámetros de Munsell se identificó la diferencia que hay en las muestras asignándoles un nombre nuevo.

Los parámetros de color indican contrastes entre la región frontal y la posterior. Las muestras Rojo Pulido tienen un color café rojizo en el exterior y café en el

Tabla 1. Con un colorímetro *CR-5* se obtuvieron los parámetros de color del sistema Munsell, con el cual se asignó una etiqueta o nombre a cada muestra. El nombre que se le otorga se pone en gris en la tabla, siendo el nombre correspondiente a la cara superior de cada una de las muestras. Asimismo, se obtuvo el sistema CIE-L*a*b*, el cual permite obtener el índice de rojez; dicho índice se utiliza en suelos para determinar la hematita en los suelos. Se obtuvieron valores significativos para las muestras Rojo Pulido, Rojo Bruñido, Guinda y Naranja. Las diferencias significativas están marcadas en amarillo.

Muestra	H	V	C	L*	a*	b*	RI	Color
rojop_inf	8.6YR	4.89	2.69	50.42	5.99	15.75	3.90071745	marrón
rojop_sup	2.5YR	4.08	3.89	42.01	15.43	16.63	38.2921822	marrón rojizo
cafep_inf	9.7YR	4.33	1.58	44.66	3.03	10.03	3.98928034	marrón grisáceo oscuro
cafep_sup	9.5YR	4.13	2.04	42.54	4.24	12.98	7.52656405	marrón grisáceo oscuro
rojob_inf	1.3Y	3.71	0.92	38.22	1.16	6.14	3.78729686	gris rojizo
rojob_sup	2.1YR	3.78	3.95	38.89	16.24	16.31	66.2432153	marrón rojizo
guinda_sup	3.3YR	3.33	2.46	34.23	10.03	10.96	84.5224909	gris rojizo oscuro
guinda_inf	2.2Y	3.13	0.68	32.08	0.67	4.41	6.21761541	gris muy oscuro
gris_inf	0.9Y	4	0.92	41.18	1.29	6.24	2.70121514	gris oscuro
gris_sup	0.5Y	4.42	1.11	45.58	1.69	7.31	1.93440548	gris oscuro
negrop_sup	9.4YR	3.24	0.55	33.23	1.29	3.34	10.270702	gris muy oscuro
negrop_inf	9.7YR	5.03	1.72	51.89	3.03	10.58	1.61457427	marrón grisáceo
bayo_inf	9.4YR	5.78	2.61	59.41	4.59	16.1	1.08548563	marrón pálido
bayo_sup	8.5YR	5.15	3.46	53.11	7.57	20.17	3.60291296	marrón pálido
naranja_inf	9.5YR	4.67	2.34	48.15	4.55	14.47	3.82743444	marrón grisáceo
naranja_sup	2.4YR	4.41	5.4	45.49	20.24	22.86	30.5071667	Rojo
crema_inf	9.3YR	5.95	2.95	61.15	5.23	18.02	1.04156093	marrón pálido
crema_sup	1.0Y	5.36	1.92	55.19	2.32	12.62	0.83472402	marrón grisáceo

interior, al ser más oscuro con tendencia al rojo. La cerámica Café Pulido tiene un color marrón grisáceo oscuro en ambos lados de la muestra, con un tono moderado en rojo. La cerámica Rojo Bruñido es un café rojizo en el exterior y tiene un color gris rojizo oscuro en el interior, con una tendencia más al rojo en el exterior. La muestra Guinda cambia a marrón rojizo oscuro en el exterior y gris oscuro en el interior, con una mayor luminosidad en el exterior, tendiendo al rojo. La muestra Gris mantiene su color en el exterior e interior como gris oscuro, siendo más luminoso en el exterior con un pobre contenido de rojo. La cerámica Negro Pulido cambia a café grisáceo oscuro en el interior y el exterior es más oscuro, con un pobre contenido en rojo. La muestra Bayo mantiene en el exterior e interior el color marrón pálido, siendo más oscuro en el exterior. La cerámica Naranja tiene un color grisáceo por dentro y rojo por fuera; es la muestra que tiene el cambio de color más significativo. En la muestra Crema es más oscuro por fuera (marrón grisáceo), con una tonalidad en rojo; por dentro es de color marrón pálido. Las cerámicas con cambios de color más significativos son las

muestras Naranja, Rojo Bruñido y Negro Pulido (tabla 1).

Con la técnica de FRX se analizó el contenido de elementos traza en la superficie inferior y superior de cada fragmento. De acuerdo con los datos de la tabla 2, se observa que algunas piezas muestran grandes variaciones en el contenido de algunos elementos en ambas superficies.

En la figura 5 a) se muestra el contenido total de los elementos analizados. Los valores máximos y mínimos de cada elemento se localizan en la tabla 2. Se observa que el V, el Zn y el Zr son los elementos con mayor variación; el Rb y el Sr presentan una variación más moderada, mientras que el Pb, el Ni y el Y son los de mínima variación en todas las muestras. En la misma figura, la gráfica b) corresponde a la muestra *Café Pulido*, con prácticamente la misma concentración en ambas superficies; en la gráfica c) de la muestra *Guinda* se observan variaciones moderadas del contenido de Cr, Zn y Zr y variación importante en el contenido de V; en la gráfica d) de la muestra *Crema* hay variación moderada de Ni, Rb y Zr y variación importante de Sr, V

Tabla 2. Concentración de elementos traza en la porción inferior y superior de fragmentos de cerámicas. Las celdas marcadas en tonos de gris indican los elementos con mayor (más oscuro) y moderada variación (más claro).

Elemento [ppm]	Cr	Cu	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	V	Y	Zn	Zr
Bayo_Inf	42.6	23.7	13.1	32.3	26.8	178.7	250.4	24.4	39.4	147.3	390.1
Bayo_Sup	35.9	20.8	22.8	28.9	23.7	174.3	235.9	54.4	37.3	129.1	375.3
CaféP_Inf	38.8	25.0	38.1	45.4	23.9	160.8	263.5	133.2	40.1	143.6	530.1
CaféP_Sup	65.0	26.8	33.5	42.4	22.7	171.8	255.9	147.5	39.5	170.2	535.0
Crema_Inf	35.1	17.9	22.1	34.6	25.0	236.7	218.4	84.6	36.6	136.0	459.9
Crema_Sup	39.8	14.9	25.5	52.7	23.6	204.5	314.7	276.9	44.2	325.7	402.8
Gris_Inf	44.8	28.4	21.8	42.1	24.4	135.7	305.2	151.7	43.3	110.5	475.3
Gris_Sup	43.0	51.8	36.5	41.7	23.3	224.5	306.0	316.1	42.9	407.6	463.9
Guinda_Inf	30.0	13.4	13.5	30.7	23.4	177.2	276.4	97.6	40.8	100.6	235.9
Guinda_Sup	91.6	18.3	17.4	34.2	19.2	157.4	260.6	525.1	38.3	77.7	274.3
Naranja_Inf	49.2	23.1	26.0	40.5	24.5	152.3	163.9	175.0	32.1	92.5	368.9
Naranja_Sup	41.0	23.2	21.2	42.4	26.0	159.5	209.2	117.8	35.8	117.6	361.3
NegroP_Inf	29.2	19.8	21.1	30.0	29.9	212.2	161.5	33.1	33.1	137.8	456.9
NegroP_Sup	33.5	25.4	35.9	34.2	25.2	195.4	182.4	50.6	33.7	141.1	441.8
RojoP_Inf	46.6	19.4	27.3	40.7	24.6	149.6	275.9	51.5	40.6	112.1	376.9
RojoP_Sup	58.6	19.7	21.4	40.0	23.3	143.1	267.9	168.7	40.0	103.2	367.8
RojoB_Inf	27.4	31.7	37.4	31.5	25.9	156.1	238.3	57.3	38.5	138.3	497.1
RojoB_Sup	30.6	26.6	32.6	38.3	20.6	125.1	220.8	93.1	36.5	138.4	490.4
Máximo	91.6	51.8	38.1	52.7	29.9	236.7	314.7	525.1	44.2	407.6	535.0
Mínimo	27.4	13.4	13.1	28.9	19.2	125.1	161.5	24.4	32.1	77.7	235.9

y Zn; en la gráfica e) de la muestra *Naranja* se aprecian variaciones importantes en Sr y V, así como variación moderada en Zn; finalmente, en la gráfica f) de la muestra *Gris* hay variaciones moderadas en Cu y Nb, así como altas en Rb, V y Zn. Estas variaciones podrían corresponder a pigmentos utilizados en la decoración de la cerámica, ya que siempre es la porción superior la que contiene mayor concentración de algunos elementos. La variación fuerte y moderada del contenido de

elementos traza en ambas caras de las muestras *Naranja*, *Negro Pulido* y *Rojo Bruñido* corresponde a las muestras que presentan la mayor variación de color de la escala CIE-L*a*b*.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por los proyectos CONACYT n.º 252149 y UNAM-PAPIIT n.º IN101920.

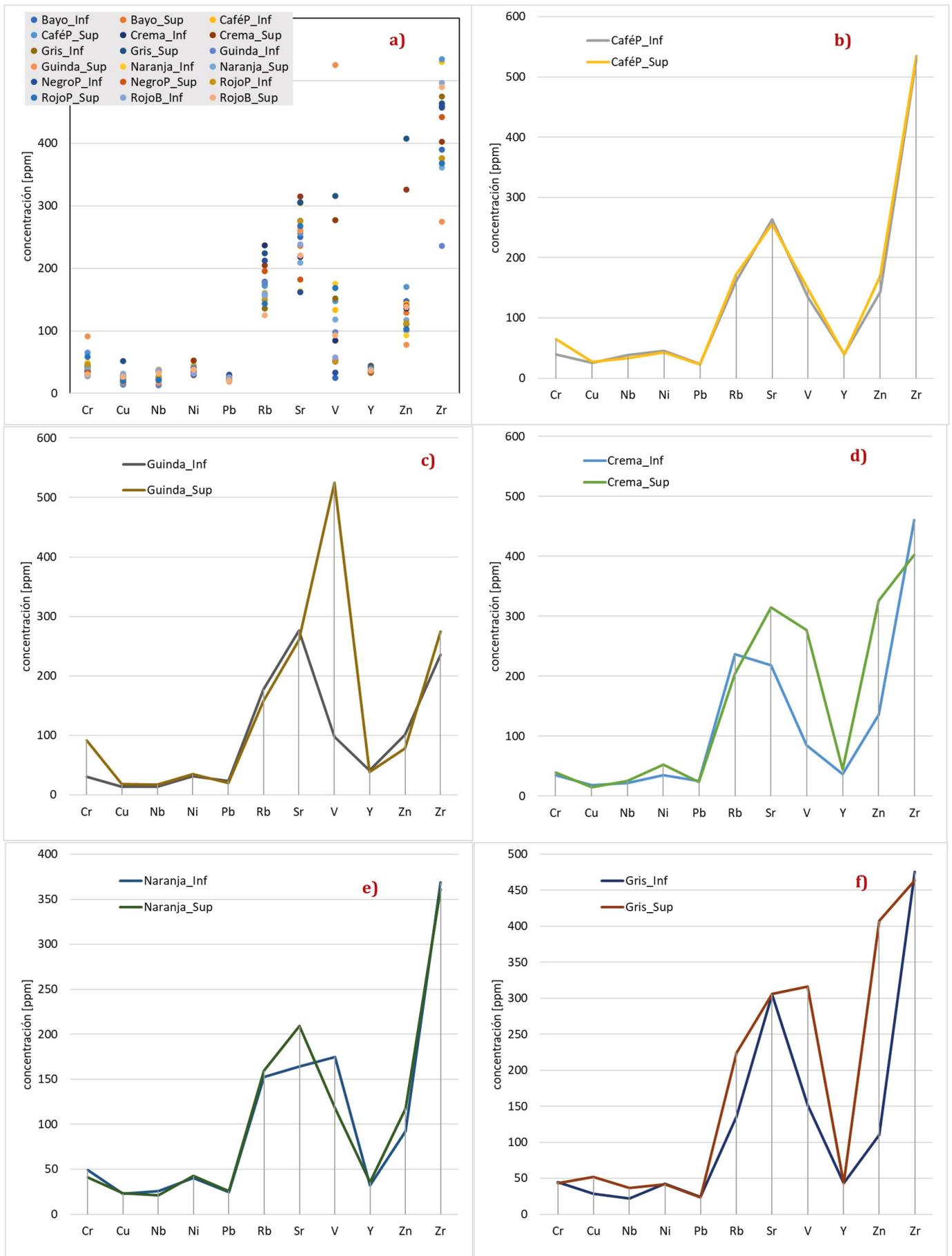


Figura 5. Concentración de elementos traza en diferentes piezas de cerámica (ver texto para mayores detalles).

REFERENCIAS

- CASTILLO, N. 1968. *Algunas técnicas decorativas de la cerámica arqueológica de México*. Serie Investigaciones 16. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- CEJUDO-RUIZ, R., R. GARCÍA-RUIZ, A. PELZ-MARÍN, A. GOGUITCHAICHVILI, J. MORALES, M. CERVANTES-SOLANO, F. BAUTISTA-ZÚÑIGA. 2019. Intervención arqueomagnética en El Ocote (Aguascalientes, México): implicaciones cronológicas absolutas. *Arqueología Iberoamericana* 44: 3-9.
- JIMÉNEZ-MEZA, J. L. 2014. *Informe preliminar de cerámica: El Ocote, Aguascalientes. Proyecto Investigación Arqueológica El Ocote, Aguascalientes*. Centro INAH Aguascalientes.
- KIRILLOVA, N. P., Y. N. VODYANITSKII, T. M. SILEVA. 2015. Conversion of Soil Color Parameters from the Munsell System to the CIE-L*a*b* System. *Eurasian Soil Science* 48: 468-475.
- PELZ-MARÍN, A. M. 2014. *Proyecto Arqueológico El Ocote, Aguascalientes. Informe Técnico Parcial Temporada 2013*. Informe al Consejo de Arqueología. Archivo del C. INAH-Aguascalientes.
- PELZ-MARÍN, A. M., J. L. JIMÉNEZ-MEZA. 2013. *Investigación Arqueológica El Ocote, Aguascalientes. Informe Técnico Parcial Temporada 2012 y Propuesta de Investigación*. Informe al Consejo de Arqueología. Archivo del C. INAH-Aguascalientes.
- PORCAYO-MICHELINI, A. 2001. *Gasoducto del Bajío. Informe Final para el Consejo de Arqueología*. DSA-INAH Abril. Archivo del C. INAH-Aguascalientes.
- TAUXE, L. 1998. *Paleomagnetic Principles and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- VODYANITSKII, Y. N., A. T. SAVICHEV. 2017. The influence of organic matter on soil color using the regression equations of optical parameters in the system CIE-L*a*b*. *Annals of Agrarian Science* 15/3: 380-385.
<https://doi.org/10.1016/j.aasci.2017.05.023>.