

Características fisicoquímicas de una colección de vidrio arqueológico de la Ciudad de México, México

[Go to English version](#)

DOI: 10.30763/Intervencion.293.v1n29.72.2024 • AÑO 15, NÚMERO 29: 19-41

Postulado: 27.09.2023 • Aceptado: 04.03.2024 • Publicado: 31.07.2024

José Roberto Peralta Rodríguez

Escuela Superior de Medicina-Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México
jperaltaro@ipn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7422-577X>**Arturo García Bórquez**

Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México
a.garciaborquez@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2568-5996>**María de Jesús Alvizar Rodríguez**

Museo del Templo Mayor (MTM), Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

alvirro@yahoo.com.mx | ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4551-6654>

Corrección de estilo por Alejandro Olmedo

RESUMEN

Este trabajo es un estudio preliminar de análisis químico-físico de 20 fragmentos de vidrio arqueológico de la Ciudad de México, mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) y microanálisis de rayos X, caracterización en vidrio hasta ahora no realizada en el país. El contenido de óxidos y particularidades físicas de las muestras permitió delimitar que: diecisiete coincidieron, relativamente, con los componentes identificados en vidrios europeos previos al siglo XVIII y tres posteriores a éste. Las características físicas microscópicas fueron diversas y manifestaron adherencias resultantes del entorno que genera su degradación. Lo anterior abre un panorama de análisis de contenido de óxidos y mecanismos de degradación del vidrio que permitirá avanzar en la comprensión del proceso de producción de este material en nuestro país.

PALABRAS CLAVE

arqueometría, barrilla, tequesquite, vidrieros, vitrificantes, fundentes, lixiviación

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México, capital novohispana, unía, como centro político y económico, gran parte de la población y demandaba diversidad de productos, entre ellos, los de vidrio, inicialmente, de tipo suntuario. Los primeros vidrieros arribaron a la Nueva España entre 1530 y 1534; a finales del siglo *xvi* laboraban por lo menos ocho de ellos y se promulgaron dos ordenanzas para normar el uso de materia prima; en los siglos *xvii* y *xviii* el número de artesanos se incrementó (Peralta, 2011, pp. 34-72; 2014, pp. 73-78); la existencia de éstos y la identificación, mediante el reconocimiento de testimonios escritos y pictóricos, de hornos en sitios de producción, son prueba de la fabricación local de vidrio plano, alambiques, sublimadores, morteros, matraces, recipientes de características particulares, cornamusas, candelabros con espejos, candiles, cuentas de vidrio, anteojos y otros objetos de uso suntuario, a petición de boticarios, separadores de metales y, en general, la sociedad (Peralta, 2011, pp. 34-72; 2013, [23], pp. 2-25; 2014, pp. 73-78).

La producción continuó, a pesar de la inestabilidad del país durante el movimiento independentista, y en el siglo *xix* había siete centros fabriles en el perímetro de la Ciudad de México, cuyos productos demandaban tanto por establecimientos de consumo de alimentos y bebidas, como de la industrias, lo mismo quienes realizaban actividades profesionales que la población en general.

Entre los siglos *xvi* y *xix* las mercancías elaboradas con este material provenían de España, República Checa, Francia, Inglaterra y el actual Estados Unidos (Peralta, 2011, pp. 34-72; 2021, pp. 5-14). Desde un inicio la producción de vidrio se vinculó con las necesidades del ser humano, así como con aspectos estéticos y con sitios geográficos de localización de la materia prima (estos dos últimos determinaron su fabricación y que el proceso de elaboración se mantuviera en secreto, debido al valor suntuario que se le otorgaba a los objetos). La Revolución Industrial y el conocimiento científico que permitía interpretar la interacción de los compuestos químicos que integran el material vítreo condujeron a que el proceso de producción se modificara notoriamente. Incluso en la actualidad las industrias mantienen reservados algunos aspectos de su producción específica (Alvizar, 2007, pp. 38-46; Peralta, 2018, pp. 3-29).

En la Ciudad de México el legado de la producción de vidrio fue de los artesanos ibéricos y todo hace suponer que aquí el tipo de fabricación fue similar al de allá; al momento se carece de docu-

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

mentación escrita, fórmula o receta exacta de la proporción de los componentes de la materia prima utilizada en la época pre y pos-colonial. Por otra parte, el estudio de objetos de vidrio urbano realizado hasta ahora es desde la perspectiva de las características estéticas de piezas íntegras, que se comparan con las de origen europeo para ubicarlas en un periodo determinado; no obstante, el análisis fisicoquímico de los fragmentos e inconexos de este material, recuperados en rescates arqueológicos, puede ser de utilidad para tratar de precisar su contexto en el tiempo.

Actualmente es posible analizar químicamente todo tipo de material arqueológico mediante diversas metodologías para identificar los componentes moleculares que lo constituyen, con lo que por un lado, puede conocerse la materia prima empleada y, por el otro, se contribuye a la comprensión de los procesos de fabricación y de la evolución de su producción (Cadena, 2018, pp. 28-32; Cárdenas, 2020, pp. 70-72).

Puesto que en nuestro país poco se ha abordado —y, más escasamente aún, desde la perspectiva del análisis químico— la fabricación de vidrio, este trabajo tiene como propósito realizar un análisis preliminar de la composición de óxidos y el estado microscópico de fragmentos de vidrio arqueológico. Esto, en conjunto con la revisión y la observación de las características físicas macroscópicas, para facilitar la determinación del periodo de producción: colonial o posterior a éste.

Los objetivos propuestos son:

- 1) Primero, reconocer en fragmentos de vidrio arqueológico localizados en dos zonas del Centro Histórico de la Ciudad de México, la composición de óxidos vitrificantes, de silicio (SiO_2) y fosfórico (P_2O_5); fundentes como el óxido de sodio (Na_2O) y de potasio (K_2O); estabilizantes como el óxido de calcio (CaO), de magnesio (MgO) y de aluminio (Al_2O_3); colorante como el óxido de hierro (Fe_2O_3), y decolorante como el óxido de manganeso (MnO), mediante microscopía electrónica de barrido, en su variante de emisión de energía de rayos X.
- 2) También se busca comparar el porcentaje de óxidos mencionados con los reportados en trabajos de piezas europeas previos.
- 3) Asimismo, se persigue examinar el estado de deterioro físico microscópico y correlacionarlo con hallazgos documentados anteriormente, y, por último,
- 4) correlacionar la composición química y las características físicas macroscópicas de los fragmentos estudiados.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Los componentes químicos empleados para fabricar el vidrio son óxidos; los básicos conforman el grupo que permite la estructuración molecular reticular, por lo que se los denomina *vitrificantes*. Los *fundentes* son aquellos que facilitan la licuefacción de la materia prima, y los *estabilizantes* consolidan la estructura química; los del grupo secundario son los que otorgan coloración o la suprimen.

Tales compuestos químicos proceden de material geológico y vegetal; ambos tipos requerían lavarse, triturarse, cernirse e incluso calcinarse para lograr su integración molecular a temperatura mayor de 1 000 °C. La falta de cuidado en el proceso de selección, purificación y licuefacción de la materia prima repercutía en las características de la transparencia, brillo y resistencia del vidrio (Peralta, 2018, pp. 3-29).¹

MATERIAL Y PROCEDIMIENTO EMPLEADO

Un total de 55 fragmentos de piezas de vidrio, pertenecientes al Museo del Templo Mayor (MTM) de la Ciudad de México, se obtuvieron del trabajo de rescate arqueológico en las calles Corregidora y Lic. Primo de Verdad, ubicadas en el Centro Histórico. De aquéllos, se seleccionaron 20, con base en los siguientes criterios:

- que formaran parte de un recipiente o envase,
- de color frecuentemente perteneciente a los siglos XVI y XVIII, y
- ser de dimensiones no mayor a 10 cm.

Cada uno se fotografió y se numeró para su control, con la ubicación en relación con el sitio de rescate, sus características físicas y de color, para conformar el registro. De ellos se obtuvieron muestras pequeñas para el análisis químico (Figura 1).

Los óxidos analizados en forma semicuantitativa fueron: SiO_2 , P_2O_5 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 y MnO y se reportan porcentajes en peso (%p). Se empleó el espectrómetro de rayos X marca EDAX, acoplado al microscopio electrónico de barrido (MEB) de alta resolución marca FEI, modelo SFEG-Sirion XL30. El voltaje de aceleración empleado fue de 5 kV para obtener las imágenes con electrones secundarios; sin embargo para los microanálisis se

¹ Esta investigación fue apoyada por la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) y la Comisión de Fomento de Actividades Académicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), número de registro: 20100708.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

FUNCIÓN *	MUESTRA	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	COLOR	Verde fuerte	Gris obscuro	Rojo hyaith	Opalina	Amarillo meloso	Verde claro	Verde olivo opaco	Verde aguamarina	Gris humo	Verde olivo	Obscura	Azul ultramarino	Ámbar	Verde olivo	Verde	Azul aguamarino	Azul claro opaco	Verde olivo	Verde olivo amarillo	Verde olivo opaco
	ÓXIDO																				
1	SiO ₂	41.21	93.2	65.25	74.71	76.79	71.53	64.57	66.07	57.59	62.55	50.35	62.46	58.16	61.82	71.83	63.80	66.95	64.23	64.44	71.01
	P ₂ O ₅	---	---	0.14	2.98	1.29	1.25	0.16	0.10	0.65	1.11	0.72	---	0.50	1.66	0.06	0.04	0.63	1.43	1.54	0.13
2	NaO ₂	21.66	--	17.49	5.61	7.41	10.31	21.86	23.79	27.03	6.66	7.23	22.41	26.22	12.03	20.18	23.52	21.06	10.62	0.18	9.38
	K ₂ O	0.72	---	3.61	2.24	0.71	2.26	8.19	0.55	1.28	0.96	1.82	0.41	1.69	0.86	0.37	1.09	2.06	0.86	7.21	1.56
3	CaO	1.04	---	0.20	4.21	1.48	2.01	0.80	3.55	3.60	6.92	4.45	0.72	2.56	7.13	4.68	2.29	1.09	26.04	26.04	2.49
	MgO	5.07	2.59	1.10	0.8	5.89	4.79	2.76	1.33	2.73	9.68	6.36	0.20	5.85	6.56	0.26	2.01	4.89	6.97	6.94	3.21
	Al ₂ O ₃	6.45	3.63	10.30	7.86	5.75	0.88	5.74	3.71	5.60	10.02	23.61	1.29	3.97	8.75	1.54	0.25	2.86	6.63	10.28	8.24
4	Fe ₂ O ₃	23.52	---	---	0.32	0.20	0.44	2.08	0.48	2.19	0.44	0.66	0.12	0.48	0.08	0.16	0.64	0.22	0.25	0.39	1.25

*

1= VITRIFICANTE

2= FUNDENTE

3= ESTABILIZANTE

4= COLORANTE

FIGURA 1. Total de fragmentos de vidrio analizados (Número de registro de la muestra = M#) (Fotografía: M. en C. José Roberto Peralta Rodríguez, 2019; cortesía: Escuela Superior de Medicina, IPN, México).

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

emplearon 20 kV, para excitar las líneas K_{α} de todos los elementos presentes incluyendo la del Fe; los espectros se cuantificaron mediante el *software* *Génesis-spectrum*. El análisis se realizó en el área de Ciencias de Materiales de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra el contenido de óxidos cuantificados por fragmento y color. Para facilitar el análisis y la comparación de cifras con otros trabajos, se elaboraron tablas por función de cada uno de ellos (no se incluyen, para moderar la extensión del escrito).



FIGURA 2. Promedio de concentración de óxidos en %p y color de las muestras analizadas (Tabla: M. en C. José Roberto Peralta Rodríguez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Medicina, IPN, México, 2024).

A) Composición química

Uno de los vitrificantes de las muestras fue SiO_2 ; 13 de éstas lo presentaron dentro del rango de 55 a 65 %p, cifras similares a lo cuantificado por otros autores en vidrios de los siglos XII al XVIII

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

(Carmona, García-Heras, Gil y Villegas, 2005, pp. 251-258; Müller, Torge y Adam, 1994, pp. 45-48; Schalm *et al.*, 2004, pp. 1647-1656; Schalm, Janssens, Wouters y Caluwé, 2007, pp. 663-668), una de éstas sale del rango por debajo del valor mínimo; cinco, ligeramente por arriba del máximo, y una, notoriamente lo rebasa (se considera que esta última es de producción reciente). Lo anterior da idea de que las muestras estudiadas se elaboraron con recetas primigenias comprendidas entre los siglos IX y XVIII que no variaron con el tiempo. En relación con la presencia de P_2O_5 , considerado como vitrificante desde el siglo XX (Kreidl y Weyl, 1941, pp. 372-378), se encontró en 13 de las muestras, en concentración entre 0.04 y 0.72 %p, cifras que no concuerdan con las de los vidrios de los siglos IX-XVIII, pues rebasan las cifras de 2.1 %p; la muestra 7 contenía 2.8 %p y la 18, 6.0 %p. Esta discrepancia en el contenido de P_2O_5 pudiera ser reflejo del tipo de materia prima empleado o de la clase de su sitio de obtención; por lo anterior, se descarta el que fueran vidrios de producción moderna.

Respecto del material fundente, 19 muestras corresponden a la variante de vidrio sódico y una —la muestra 22— a la de potásico, mientras que la elevada concentración de K_2O de esta última hace pensar que corresponde a un objeto ya fabricado en el siglo XVIII. Muy probablemente se emplearon como materia prima, cenizas de encino seco, álamo, pino, abedul y chopo (Peralta, 2018, pp. 3-29), receta primigenia y de procedencia europea. Se considera que en la mayoría de las piezas de tipo sódico se utilizaron cenizas de la barrilla (planta de la familia quenopodiáceas que crece en terrenos salados) o tequesquite (Peralta, 2018, pp. 3-29), material que se obtenía de las proximidades del Lago de Texcoco (Tylor, 1861, pp. 129-161) (también cerca de éste existía desde mediados del siglo XVIII una fábrica de vidrio), o bien, carbonato de sodio, obtenido mediante el procedimiento Solvay, utilizado desde 1861.

El empleo de cenizas de madera y otros componentes para producir el vidrio se realizaba en algunas regiones europeas, a la vez que se difundía la utilización de plantas barrilleras, común en las culturas orientales desde la época mesopotámica (Tait, 2004, pp. 78-79). Con estas últimas se reducía la temperatura de fusión, no obstante, la masa vítrea generada era más viscosa y las piezas producidas, más frágiles, pero con el óxido de potasio, el vidrio adquiría mayor brillo (Fernández, 2002, pp. 315-330). El empleo de la barrilla fue paulatino, puesto que este conocimiento era reservado, y es hasta el inicio del siglo IX que se sustituye su empleo por el sistema Leblanc y éste a su vez por el de Solvay, mientras tanto algunos vidrieros utilizaban K_2O presente en las cenizas de arbustos.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Los componentes estabilizantes considerados contribuyeron con el reforzamiento de la estructura molecular generada por los iones alcalinos (Na y K). En relación con el CaO, aparece con mayor concentración en las muestras 21 y 22, lo que concuerda con lo reconocido en vidrios de los siglos IX al XVIII originarios de Alemania, Francia y España (Carmona, García-Heras, Gil y Villegas, 2005, pp. 251-258; Müller, Torge y Adam, 1994, pp. 45-48; Schalm, Janssens, Wouters y Caluwé, 2007, pp. 663-668). Por otra parte, en las muestras 6, 10 y 15 la concentración estuvo por debajo de 1 %p, 14 de éstas lo presentaron en el rango de 1.48 a 7.13 %p, valores reducidos, mas no idénticos a los identificados en muestras de los siglos mencionados (Cagno, Janssens y Mendera, 2008, pp. 1389-1395; Lima, Medici, Pires de Matos y Verita, 2012, pp. 1238-1248; Marrocchino *et al.*, 2020, pp. 819-827; Verita, Renier y Zecchin, 2002, pp. 261-271; Wolf *et al.*, 2015, pp. 660-667); no obstante, estudios de muestras italianas de los siglos XIII al XVI y XVI al XVII reportaron rangos no tan elevados como las de los siglos IX al XVIII, también de la misma procedencia (Cagno, Mendera, Jeffries y Janssens, 2010, pp. 3030-3036; Raedt *et al.*, 2002, pp. 1912-1917); únicamente la muestra 5 carece de ese óxido, por lo que, se deduce, para su elaboración se empleó una receta más actual. Por lo anterior, se puede inferir que la fuente de extracción de calcio fue diferente de acuerdo con la experiencia del artesano incorporando mayor o menor cantidad.

En relación con el óxido de magnesio, los valores reconocidos en los fragmentos fueron mayores a la unidad, independientemente de si eran vidrios sódicos o potásicos; lo mismo sucede en vidrios italianos y europeos de los siglos IX al XVIII (Cagno, Janssens y Mendera, 2008, pp. 1389-1395; Cagno, Mendera, Jeffries y Janssens, 2010, pp. 3030-3036; Carmona, García-Heras, Gil y Villegas, 2005, pp. 251-258; Lima, Medici, Pires de Matos y Verita, 2012, pp. 1238-1248; Marrocchino *et al.*, 2020, pp. 819-827; Müller, Torge y Adam, 1994, pp. 45-48; Schalm, *et al.*, 2004, pp. 1647-1656; Schalm Janssens, Wouters y Caluwé, 2007, pp. 663-668). Exclusivamente dos estudios previos de vidrios itálicos de los siglos VI al XII y de finales del siglo XIII reportan que no rebasan a la unidad. Por su parte, las cifras del Al_2O_3 son marcadamente elevadas en vidrios sódicos, excepto en las muestras 9 y 19, que no rebasan la unidad en %p; las 6, 13 y 22 lo presentaron por arriba de 10 %p y las restantes en un rango de 1.5 a 6 %p. La mayoría de los estudios previos de los siglos VIII-XVIII en los que se considera este óxido, reportan valores por arriba de 2.0 a 7.0 %p, por lo que los datos obtenidos en este trabajo coinciden; no así otros trabajos,

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

que detectaron un rango entre 1.00 y 1.50 %p (Barrera y Velde, 1989, pp. 48-54; Cagno, Janssens y Mendera, 2008, pp. 1389-1395; Carmona, García-Heras, Gil y Villegas, 2005, pp. 251-258; Marrocchino *et al.*, 2020, pp. 819-827; Müller, Torge y Adam, 1994, pp. 45-48; Raedt *et al.*, 2002, pp. 1912-1917; Schalm, Janssens, Wouters y Caluwé, 2007, pp. 663-668). Lo anterior podría deberse a que la materia prima fue de procedencia diferente o, como lo fue el vidrio italiano, manifiestan el refinamiento del conocimiento para producir vidrio de diferentes características estéticas.

Con respecto del Fe_2O_3 , en las muestras 5 y 6 estuvo ausente, 14 muestras entre el rango de 0.08 y 1.00 %p, 3 entre 1.25 y 2.19 %p, y una muestra con valor elevado de 23.52 %p. Esta última cifra se asemeja en parte a lo detectado en vidrios italianos (Cagno, Janssens y Mendera, 2008, pp. 1389-1395; Lima, Medici, Pires de Matos y Verita, 2012, pp. 1238-1248; Marrocchino, 2020, pp. 819-837; Raedt *et al.*, 2002, pp. 1012-1017; Verita, Renier y Zecchin, 2002, pp. 261-271) fechados entre los siglos VII y XVII, y, en menor proporción, en vidrios belgas, suizos y españoles de los siglos VIII al XVIII (Carmona, García-Heras, Gil y Villegas, 2005, pp. 251-258; Schalm, Janssens, Wouters y Caluwé, 2007, pp. 663-668; Wolf *et al.*, 2015, pp. 660-667).

Lo anterior lleva a pensar que muy probablemente la diferencia estriba más en la concentración de otros óxidos que no se identificaron en el presente estudio. El manganeso detectado en 13 muestras estuvo en el rango de 0.01-0.20 %p, 4 entre 0.21-1.00 %p y en la muestra 5, ausente. El bajo rango mencionado es semejante al detectado en los vidrios italianos y más elevado en el resto de los países europeos comentados. Aunque se considera que la sola presencia de hierro otorga al vidrio la coloración verde, esto es relativo, puesto que se encontrará en diferente concentración al reaccionar con el oxígeno, lo que genera otros óxidos, como el ferroso y el férrico, los que, según la proporción en que se encuentren, otorgarán la coloración azul verdoso a verde o amarillo verdoso a amarillo al vidrio. El manganeso puede proporcionar coloración violeta en función de otros óxidos presentes y no solamente actuar como decolorante (García, Gil, Carmona y Villegas, 2003a, pp. 21-34; Mirti, Davit y Gulmini, 2002, pp. 221-239). Otros metales presentes en la arena pueden generar diversas tonalidades. Ante ello se hace necesario ampliar la detección de más óxidos, para correlacionarlos con la coloración del vidrio, o bien, la acción de otros metales con función decolorante.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

B) Deterioro físico microscópico

Aparentemente, se considera que el vidrio es resistente a agentes químicos; no obstante, al estar sometido a modificaciones del medio ambiente, como humedad, temperatura, pH y microorganismos, su integridad se afecta. La exposición al medio húmedo en forma prolongada, ocasiona en su superficie la formación de una capa o película de gel sílice. El entorno y la temperatura generan iones hidronio (H_3O^+) y con ello, un medio ácido que interactúa con los de tipo alcalino (Na y K) de la matriz vítrea. La extracción de estos últimos (desalcalinización) determina la concentración de iones OH^- , lo que incrementa el pH y se rompe la unión entre sílice y oxígeno que conforma el entramado molecular, o causante de la degradación del vidrio. Sin embargo, el deterioro continuo con el ingreso de metales pesados del subsuelo repercute en la apariencia física (García, Rincón, Jimeno y Villegas, 2003b, pp. 173-81; García, Gil, Carmona y Villegas, 2003a, pp. 21-34; Silvestri, Molin y Salvio, 2005, pp. 1338-1349). En observaciones previas se han detectado modificaciones morfológicas notorias causadas por microorganismos que manifiestan afinidad y adhesión a la superficie vítrea, lo que genera un biofilm compuesto de células simples, hifas y filamentos, material extracelular polimérico que, en conjunto con el limo, retiene humedad y favorece la liberación de metales; así, el deterioro químico por producción de ácidos y quelatos cambia el pH, lo que favorece la permanencia de microorganismos y la instauración de otros más (Rölleke *et al.*, 1999, pp. 107-114; Stockmann *et al.*, 2012, pp. 1-18).

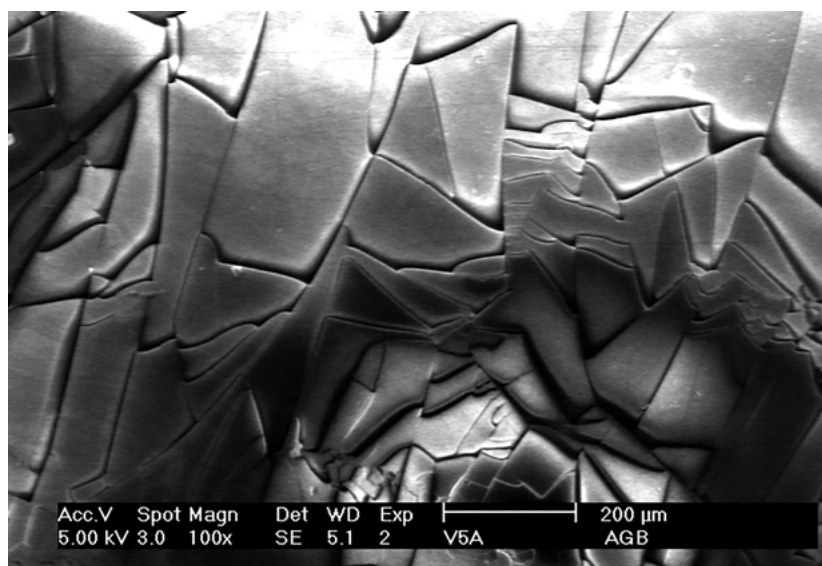
Específicamente en las muestras analizadas en el presente trabajo se detectó a simple vista iridiscencia de tonalidades amarillenta y azulosa en su superficie, desprendimiento de delgadas fracciones en forma de escamas, adherencias de color café claro y rayaduras. Al observarse fracciones pequeñas al microscopio electrónico de barrido se detectaron manifestaciones en el relieve de la superficie. Las muestras 5 y 6 presentaron superficies irregulares, con patrón de angulación (Figura 3) y curvilínea a manera de piezas de rompecabezas, aspecto que no se observó en el resto de los fragmentos. Es probable que notorias variaciones de los integrantes químicos detectadas en estas muestras repercutan en la organización molecular y, a su vez, en la estructura física microscópica, como ocurre en el caso de la muestra 5, que presentó alto porcentaje de SiO_2 , y la muestra 6, por corresponder a un fragmento de vidrio *hyalith*.

Una porción de la muestra 7 clasificada como vidrio opalino presentó, por sus características macroscópicas, superficie rugosa

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

FIGURA 3.
Microfotografía de
la muestra 5 a 100X
que corresponde
a la porción de la
base de un envase
de color gris oscuro
con decantador.
Su alto contenido
de SiO_2 le otorga el
arreglo molecular
que se manifiesta
en esta imagen y
que no se asemeja
al resto de las
muestras analizadas
(Micrografías: Dr.
en C. Arturo García
Bórquez, 2020;
cortesía: Escuela
Superior de Física
del IPN, México).



muy semejante a una muestra estudiada anteriormente (García, Rincón, Jimeno y Villegas, 2003b, pp. 173-181); sus autores atribuyen esta característica al alto contenido de SiO_2 y CaO , lo que coincide en cierta forma con los valores del SiO_2 de las muestras analizadas en el presente trabajo, pero no con las de CaO , que es mucho menor.

El resto de las muestras, independientemente de que sean vidrios sódicos o cálcicos presentan modificaciones en los relieves de las superficies ocasionadas por excavaciones puntiformes pequeñas, unas con bordes regulares como la muestra 13 (Figura 4A) y otras de borde irregular interpuestas entre surcos tortuosos, como en las muestras 10 y 19 (Figura 4B). Trabajos previos han reportado que los vidrios sódicos son más resistentes al medio ambiente que los potásicos (Bettembourg, 1976, pp. 36-42), sin embargo, esto no fue así en el presente estudio, lo cual podría deberse a las características del medio y el tiempo de exposición a éste.

La muestra 11 presentó zonas con excavaciones amplias, de bordes curvos, uniformes, que, hacen suponer, fueron por burbujas de aire resultantes de la mezcla inadecuada de la materia prima, o bien, por temperatura insuficiente para la fusión del material vítreo.

En las muestras 4 y 20 (Figuras 5A y 5B respectivamente) se aprecian excavaciones ocupadas por estructuras poliédricas, que quizá sean cristales inorgánicos de calcio, oxalatos, óxidos, sulfatos o de otros componentes, formados por la interacción del entorno. Asimismo, en la superficie lisa de las muestras 6 y 10 se observa adherencia en forma de barra, y en la 14, de estructura esférica. En las muestras 10, 16, 17 y 18 (Figura 6) las adheren-

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

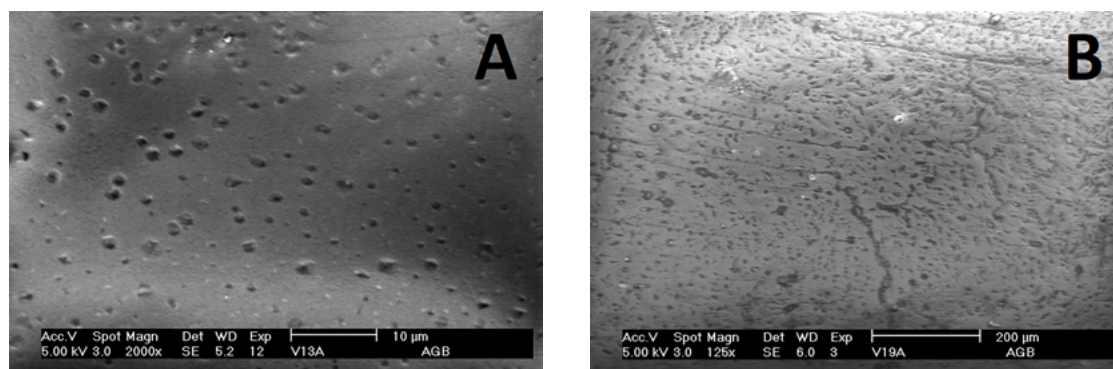


FIGURA 4. Microfotografía A de la muestra 13 a 2000X de una porción pequeña del cuello de una botella con bajo contenido de NaO_2 que exhibe el deterioro de su superficie que difiere al de la imagen B que es de la muestra 19 a 125X, fracción de cuello y hombro de un envase con mucho mayor contenido del óxido referido. La diferencia del deterioro probablemente es disímil, por el tiempo de exposición a la humedad y componentes del subsuelo (Micrografías: Dr. en C. Arturo García Bórquez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Física del IPN, México).

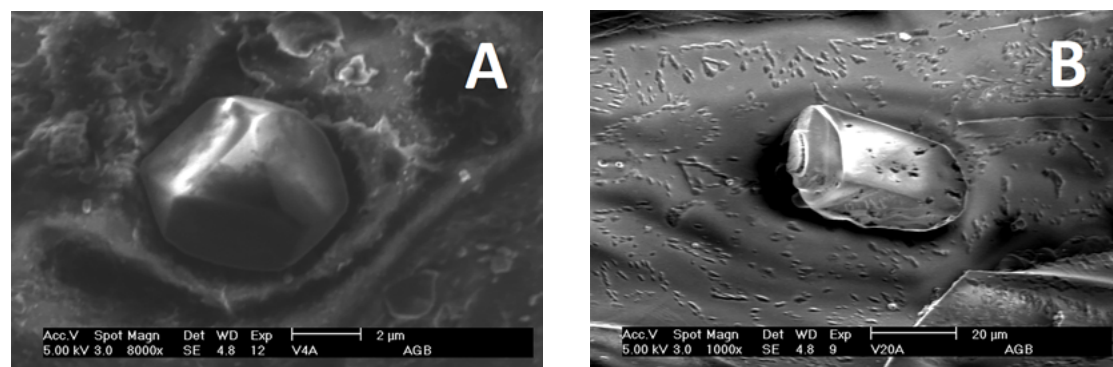


FIGURA 5. La microfotografía A es de la muestra 4 a 8 000X, porción de licorera de forma semiesférica con amplio deterioro de su superficie; posee contenido reducido de SiO_2 y mayor de Fe_2O_3 que la muestra 20, cuya imagen B es a 500X y perteneciente a fracción de licorera. Las incrustaciones en sus superficies son de forma poliédrica (Micrografías: Dr. en C. Arturo García Bórquez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Física del IPN, México, 2024).

cias son de forma irregular, por lo que, se supone, son de origen biológico. Investigaciones previas de esto reportan adherencias de este tipo; sin embargo, los registros fotográficos no presentan similitud a lo observado en la presente investigación, por lo que es posible que las variaciones resulten de la presencia de diferentes bacterias u otros microorganismos que ameriten ser cultivados en condiciones semejantes para su identificación. El fragmento de la muestra 9 presenta en su superficie adherencia de tipo grumoso y filamentoso, que podría ser la manifestación de una colonia de hongos (Figura 7), semejante a la reportada en investigaciones anteriores (Andrejevna y Aldona, 1999, pp. 181-191).

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

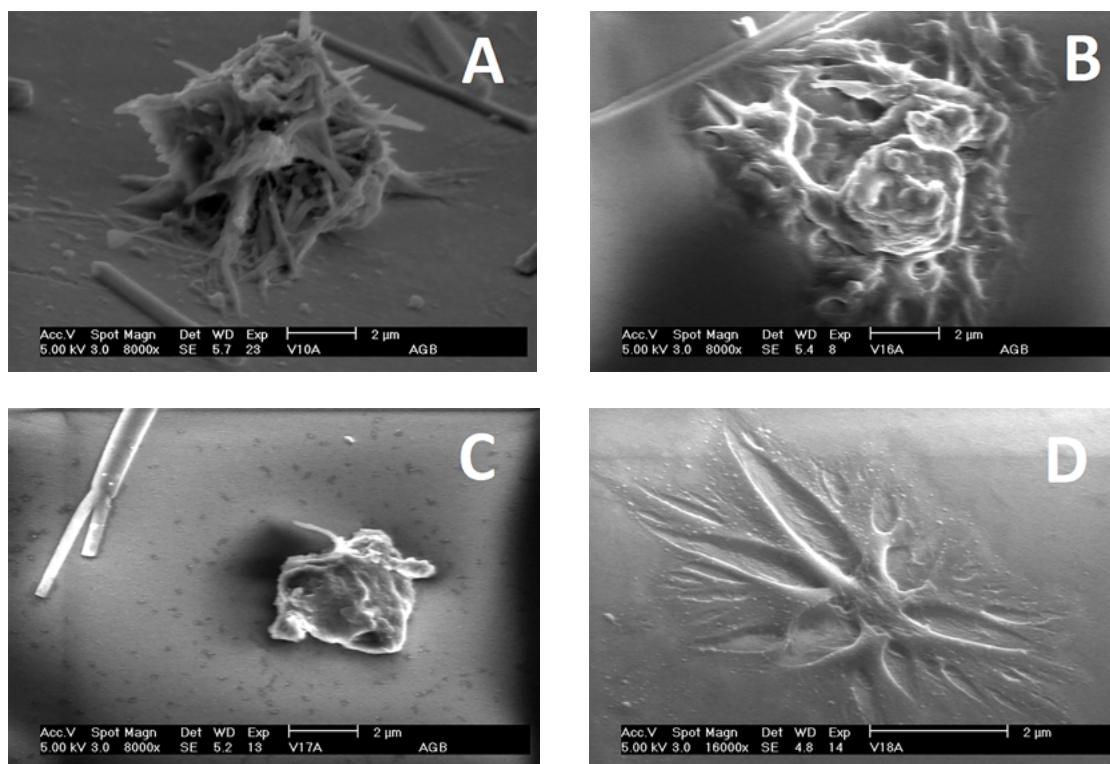
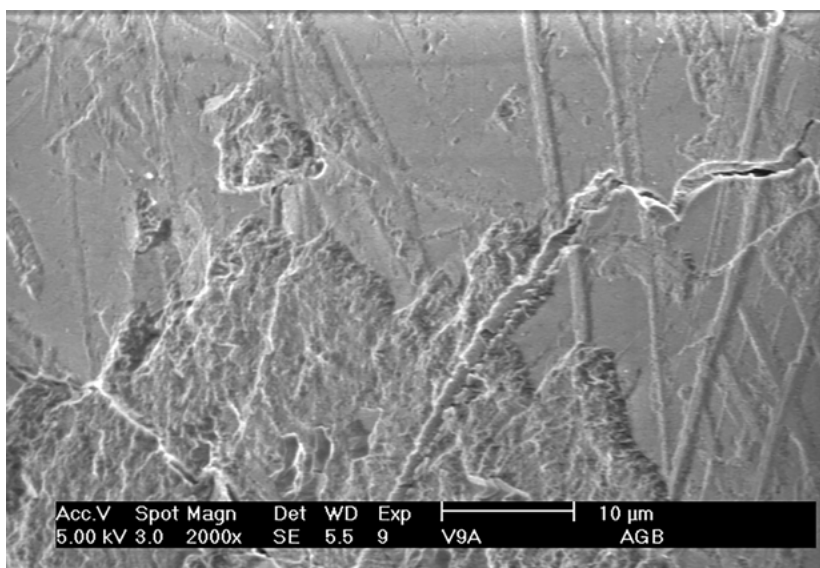


FIGURA 6. Micrografías A, B, C, D, respectivamente de las muestras 10 (fondo de licorera), 16 (porción de aguja de tejer), 17 (fragmento de envase) y 18 (fracción de lente). Exhiben adherencias en la superficie de morfología particular que podrían ser de tipo biológico; las tres primeras imágenes son de 8 000X y la última de 16 000X (Micrografías: Dr. en C. Arturo García Bórquez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Física del IPN, México, 2024).

FIGURA 7. Microfotografía de la muestra 9 a 2 000X que al parecer forma parte de la base de una copa y con contenido elevado de K_2O , en las que se muestra el crecimiento de hifas (Micrografías: Dr. en C. Arturo García Bórquez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Física del IPN, México, 2024).



Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Se observó una característica particular en las muestras 9, 19, 22 y 23: ésta fue la organización laminar recta; mientras que en las muestras 8, 18 y 20 fueron de forma concéntrica de radio amplio (Figuras 8A y 8B). En el trabajo de Cox y Ford (1993, pp. 5637-5647) se reportó esta característica en vidrios potásicos, pero concéntrica de radio corto, ante lo que se propone que es consecuencia de la erosión de la humedad en zonas puntuales por lixiviación de sodio, potasio y magnesio. Sin embargo, las variantes observadas en esta investigación podrían corresponder a la zona del fragmento de la pieza de vidrio; es decir, si la organización laminar es recta, podría tratarse de un pedazo de la pared de un frasco y si la distribución es concéntrica podría ser una pieza perteneciente a la zona del hombro o del labio de una botella.

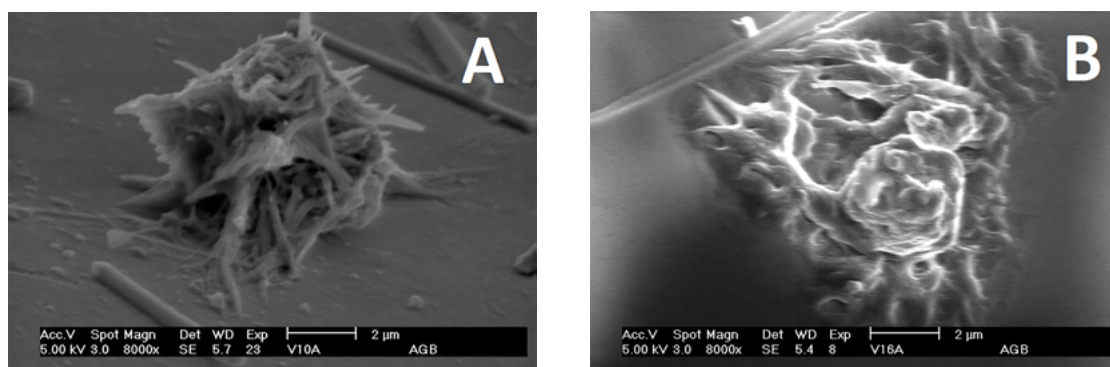


FIGURA 8. Micrografías de las muestras 8 (A) que corresponde al fondo de licorera circular y la 18 (B) es la base de una copa, la primera es de tipo sódico y la segunda potásica con alto contenido de SiO_2 . En ambas imágenes a 1 000X, se manifiesta el arreglo molecular. En la imagen A se observa al centro y sin escotaduras la disposición recta, y en la B lineal convexa, que son el probable resultado de la forma de las zonas de cada una de las piezas (Micrografías: Dr. en C. Arturo García Bórquez, 2020; cortesía: Escuela Superior de Física del IPN, México, 2024).

C) Descripción de fragmentos y color

La determinación de tonalidad de las muestras se consideró como particularidad macroscópica de referencia, y no con el fin de determinar el óxido u óxidos que la genera.

Muestras de color único

El fragmento 7, por su tonalidad lechosa y opaca, se consideró como *opalina*; su ligera convexidad induce a pensar que corresponde a un recipiente. Este tipo de vidrio se produjo en Francia entre 1810 y 1890, aunque desde mediados del siglo XVI se fabricó en Venecia (Corning Museum of Glass, 2023). La muestra 6 se

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

catalogó como *rojo hyalith*; variante de vidrio opaco producido en Bohemia entre 1830 y 1840 (Stanislas, s. f.); porción que presenta caras lisas y de alguna curvatura, por lo que podría corresponder a un fragmento de copa o envase. Los fragmentos mencionados fueron seguramente de piezas producidas en el extranjero y no nacionales.

La muestra 8, de tonalidad *amarillo meloso*, corresponde al fondo de una licorera de forma circular, con deterioro y diversas adherencias de color café claro.

La muestra 16, de color ámbar, es fragmento de una aguja de tejer. Su grosor y forma recta es semejante al ejemplar completo de color azul localizado con anterioridad en un féretro de monja del convento de Santa Teresa la Antigua de finales del siglo XVIII o inicios del XIX (Fernández, 1990, p. 297); casualmente, el fragmento aquí analizado se encontró en la calle donde se ubicaba este convento. Este tipo de piezas son reducidas en número: hasta el momento se han identificado otros ejemplares semejantes de color azul, forma aplanada y longitud variada, que, junto con otras de piezas de vidrio, integran un collar, ornamento expuesto en el Museo del Vidrio de Monterrey, Nuevo León, México.

Muestras de coloración múltiple

Las muestras de tonalidad gris, como la número 5, es de tinte oscuro y corresponde al fondo incompleto de un frasco pequeño y circular con decantador (*“kick up”* o *“push up”*) cónico sin marca del puntal, lo que supone la utilización de un molde para su fabricación; este tipo de particularidad se introdujo a inicios del siglo XIX (Dungworth, 2012, p. 38). La muestra 12, de tonalidad “humo”, es el fragmento de un cuerpo de botella, que presenta una porción delgada, que corresponde a la pared del cuerpo, y la más gruesa, al borde de su base.

Las muestras de color negro son: la 10, 13 y 14. La primera es la fracción del fondo de una licorera; la 13 corresponde a una pequeña porción de collar y, en su parte superior, a un labio delgado, y la 14, clasificada como escoria de vidrio, es una masa vítrea de apariencia rocosa y superficie rugosa con zonas puntuales pequeñas de color rojo, que en la microfotografía se perciben como adherencias de forma esférica.

Tres fragmentos catalogados de color azul y diferente tonalidad son: el 15, que es de fondo plano, quizás sea de una licorera de color azul ultramarino; el 19, correspondiente a la porción superior de una botella de color azul aguamarina, de cuello corto, con

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

labio no uniforme y una porción del hombro plano en declive. En éste se observan a simple vista burbujas alargadas, causadas por la fusión incompleta del material vítreo. El fragmento restante, el 20, de color azul claro y opaco, es de forma rectilínea, con uno de sus bordes de alguna concavidad que induce a pensar que corresponde al fondo cuadrangular de un envase. El lado opuesto a este borde formaría parte del cuerpo de una licorera, y presenta descamación e iridiscencia leve así como pequeñas burbujas; al microscopio electrónico se observan adherencias en forma de pequeños grumos.

El grupo más numeroso concierne al color verde con tonalidades diferentes; las muestras fueron: la 4, 9, 11, 17, 18, 21, 22 y 23. La número 4 es verde fuerte y corresponde a una porción semiesférica de hombro de licorera con un severo deterioro en su superficie y desprendimiento de pequeñas lascas. La muestra 9, verde claro, de forma irregular, decorada con tres líneas blancas de grosor intermedio, pareciera ser, por su moderada concavidad, la base de una copa. La 11, verde aguamarina, es un fragmento del fondo de una licorera. La 17, de color verde olivo y de forma irregular, hace suponer que es una fracción de hombro de licorera, cuya superficie es de aspecto rugoso con adherencias e irisación en tonalidades de azul. La muestra 18, de color verde oscuro, es de forma oval, convexidad apenas visible y grosor delgado, con superficies deterioradas: por estas características, correspondería a un trozo de lente. La 21, de verde intenso, es un fragmento amplio de botella con labio no uniforme y cuello corto, por lo que formaba parte de un frasco contenedor de algún material de laboratorio, cuya cara interna es rugosa y con ligera iridiscencia. La muestra 22, verde olivo amarillento, se supone, por su convexidad, que es fragmento de botella: su superficie externa presenta irisación y adherencias informes. La 23, de color verde opaco que, por ser convexa, hace suponer que corresponde a un fragmento de botella, presenta perforaciones pequeñas y burbujas numerosas.

En relación con la tipificación de color de los fragmentos, es necesario apoyarse en un procedimiento estandarizado, como la espectrofotometría, o en catálogos como el de Gaffer® Casting Color o SPEC-TRUE. Con respecto de los fragmentos de vidrio, las características de algunos de ellos no permiten precisar el tipo de recipiente al que pertenecen; por lo mismo, en su calidad de pieza única, es necesario reconsiderar su almacenamiento, a menos que se encontraran con otros objetos que formen parte de todo un contexto.

CONCLUSIONES

La determinación de la temporalidad del vidrio mediante la concentración de óxidos como único parámetro, es poco certera, puesto que, en términos generales, las recetas o fórmulas tienen un periodo de conservación de varios siglos, debido al interés por reservar el sustrato de producción. Sumado a ello, las fuentes de obtención de materia prima difieren grandemente, según la región geográfica en la que se obtengan, y, por lo mismo, los valores de concentración de óxidos identificados y comparados en el presente trabajo son coincidentes sólo parcialmente; por otra parte, los vidrieros pudieron variar la proporción de componentes básicos o añadir otros para obtener piezas de diferente calidad. La diversidad de la materia prima y de su forma de empleo se generó a partir del último tercio del siglo xix: posterior a este, la complejidad de incorporar otros elementos químicos fue considerable. Si no, véase el siguiente rango: diecisiete de los fragmentos analizados fueron producidos antes del siglo xviii, sin precisar alguno en particular, y tres son de centurias posteriores.

De este estudio preliminar surge la necesidad de ampliar el número de óxidos por analizar, en piezas de las que se tenga, siquiera, idea del siglo al que pertenecen, y de origen nacional, con el fin de conformar un patrón de referencia propio con que discernir de otras épocas de producción. Se hace inevitable, entonces, considerar más óxidos, entre ellos, los que confieran color particular, con el fin de clasificar objetivamente la tonalidad de las piezas.

El análisis de las características microscópicas de muestras de vidrio es importante, ya que se exhibe la conformación física del arreglo molecular generado entre fundentes, estabilizantes y vitrificantes; de igual forma, esto permite reconocer con mayor detalle las modificaciones de estructura y superficie que se manifiestan macroscópicamente. Asimismo, da la pauta para progresar en el mecanismo que genera adherencia de material biológico en cristales mediante modelos experimentales, producido por la interacción con el entorno, y que propicia la degradación del material vítreo.

La consideración de características macroscópicas de fracciones inconexas de vidrio complementa la información microscópica y de componentes químicos, principalmente, cuando el fragmento corresponde a una de las porciones relevantes de las piezas. No obstante, aquellas de dimensiones pequeñas también la aportan, primordialmente, por el color particular o algún grabado o decorado de superficie, y debido a eso, al momento de su obtención podrán almacenarse en tanto que se procede a su análisis.

REFERENCIAS

Alvizar, R. M. J. (2007). Análisis de material vítreo proveniente de las excavaciones del Antiguo Palacio de Odontología de la UNAM (Tesis de Licenciatura). Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Andrejeva, G. A. y Aldona, P. K. (1999). Biodeteriorative process on glass: Experimental proof of the role of fungi and cyanobacteria. *Aereobiologia*, 15, 181-191. <https://doi.org/10.1023/A:1007616614172>

Barrera, J. y Velde, B. (1989). A Study french medieval glass composition. *Journal glass studio*, (31), 48-54. https://www.persee.fr/doc/arc-me_0153-9337_1989_num_19_1_953

Bettembourg, J. M. (1976). Composition et altération des verres de vitraux anciens. *Verres Réfract*, 30(1), 36-42.

Cadena, A. C. (2018). Metodología para la caracterización de vidrios históricos aplicada a la colección de la ex hacienda del siglo XIX San Pedro Cholula (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. https://repositorio.unam.mx/contenidos/metodologia-para-la-caracterizacion-de-vidrios-historicos-aplicada-a-la-coleccion-de-la-ex-hacienda-del-siglo-xix-san-p-250247?c=ElZr7&d=false&q=*&i=6&v=1&t=search_0&as=2

Cagno, S., Janssens K. y Mendera, M. (2008). Compositional analysis of Tuscan glass samples: in search of raw material fingerprint. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391, 1389-1395. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00216-008-1945-8>

Cagno, S., Mendera, M., Jeffries, T. y Janssens, K. (2010). Raw materials for medieval to postmedieval Tuscan glassmaking: new insight from LA-ICP-MS analyses. *Journal Archaeological Science*, 37, 3030-3036. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.06.030>

Cárdenas, K. C. (2020). Glass Production in Colonial México: Technology Transfer, Adoption and Adaptation (Tesis de Doctorado). University of California. <https://escholarship.org/uc/item/9zw282c1>

Carmona, N., García-Heras, M., Gil, C. y Villegas, Ma. (2005). Vidrios y grisallas del S. XV de la Cartuja de Miraflores (Burgos). Caracterización y estado de Conservación. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica V.*, 44(4), 251-258.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Corning Museum of Glass. (30 de abril de 2023). Lithyalin glass. <https://search.cmog.org/?keyword=hyalith%20red>

Cox, G. A. y Ford, B. A. (1993). The longterm corrosion of glass by ground-water. *Journal of Materials Science*, 28, 5637-5647. <https://doi.org/10.1007/BF00367840>

Dungworth, D. (2012). Three and a half centuries of bottle manufacture. *Industrial Archaeology Review*, 34(1), 37-50. <https://doi.org/10.1179/0309072812Z.00000000002>

Fernández, P. J. (2002). Algunas especies vegetales de uso industrial en la época romana. En *Artiflex. Ingeniería romana en España* (pp. 315-330). Ministerio de Educación Cultura y Deporte-Secretaría General Técnica-Museo Arqueológico Nacional.

Fernández, M. Á. (1990). *El vidrio en México*. Centro de Arte Vitro.

García, M., Gil, C., Carmona, N. y Villegas, Ma. (2003a). Efectos de la meteorización sobre los materiales de las vidrieras históricas. *Materiales de Construcción*, 53(270), 21-34. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2003.v53.i270.271>

García, M., Rincón J. Ma., Jimeno, M. A. y Villegas, Ma. (2003b). Estudio arqueométrico de cuentas de vidrio procedentes de la Necrópolis de Numancia (S. II a. C.). *Trabajos de Prehistoria*, 60(1), 173-181. <https://tp.revistas.csic.es/index.php/tp/article/view/129/130>

Kreidl, N. J. y Weyl, W. A. (1941). Phosphates in ceramic ware: IV, Phosphate glasses. *Journal of the American Ceramic Society*, 24(11), 372-378.

Lima, A., Medici, T., Pires de Matos, A. y Verita, M. (2012). Chemical analysis of 17th century *Millefiori* glasses excavated in the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, Portugal: comparison with Venetian and *façon-de-Venise* production. *Journal Archaeological Science*, 39, 1238-1248. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.01.006>

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Marrocchino, E., Telloli, C., Caraccio, S., Guarnieri, C. y Vaccaro, C. (2020). Medieval Glasworks in the City of Ferrara (North Eastern Italy): The Case Study of Piazza Municipale. *Heritage*, 3(3), 819-827. <https://doi.org/10.3390/heritage3030045>

Mirti, P., Davit, P. y Gulmini, M. (2002). Colourants and opacifiers in seventh and eighth century glass investigated by spectroscopic techniques. *Analytical and Bionalytical Chemistry*, 372, 221-239. <https://doi.org/10.1007/s00216-001-1183-9>

Müller, W., Torge, M. y Adam, K. (1994). Ratio of Ca/K₂O as Evidence of Special Rhenish Type Medieval Stained Glass. *Glastech Ber Glass Sci Technol*, 67(2), 45-48.

Peralta, J. R. (2018). Materia prima, hornos y utillaje en la producción de vidrio de la Ciudad de México, s. XVIII. *Estudios de Historia Novohispana*, 58, 3-29. <https://doi.org/10.22201/iih.24486922e.2018.58.63036>

Peralta, J. R. (2011). *El vidrio en la Ciudad de México. Productores y productos novohispanos, siglos XVI-XVIII*. Editorial Académica Española.

Raedt, D., Janssens, K., Veeckman, J., Vincze, L., Vekemans, B. y Jeffries, T. E. (2002). Trace analysis for distinguishing between Venetian and façon-de-Venise glass vessels of the 16th and 17th century. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 16, 1912-1917.

Rölleke, S., Gurtner, C., Drewello, U., Drewello, R., Lubitz, W. y Weissmann, R. (1999). Analysis of bacterial communities on historical glass by denaturing gradient gel electrophoresis of PCR-amplified gene fragments coding for 16S rRNA. *Journal of Microbiological Methods*, 36(1-2), 107-114. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(99\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(99)00015-9)

Schalm, O., Janssens, K., Wouters, H. y Caluwé D. (2007). Composition of 12th-18th Century Window Glass in Belgium: Non-Figurative Windows in Secular Buildings and Stained-Glass Windows in Religious Building. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 62, 663-668.

Schalm, O., Caluwe, D., Wouters, H., Janssens, K., Verhaeghe, F. y Pieters, M. (2004). Chemical composition and deterioration of glass excavated in the 15th-16th century fishermen town of Raversijde (Belgium). *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 59(10-11), 1647-1656. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2004.07.012>

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

Silvestri, A., Molin, G. y Salviulo, G. (2005). Archeological glass alteration products in marine and land-based environments: morphological, chemical and microtextural characterization. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 351(16-17), 1338-1349. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2005.03.013>

Stanislas, A. (s. f.). L'opaline française au milieu du Ke siècle. Consultado el 30 de abril de 2023. http://institutions.ville-geneve.ch/fileadmin/user_upload/ariana/documents/Expositions/Opaline_francaise_milieu_XIXe_siecle_-_feuille_de_salle.pdf

Stockmann, G. J., Shirikova, L., Pokrovsky, S., Bénézet, P., Bovet, N., Gislason, S. R. y Oelkers, H. (2012). Does the presence of heterotrophic bacterium *Pseudomonas reactans* affect basaltic glass dissolution rates? *Chemical Geology*, 296-297, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.chem-geo.2011.12.011>

Tait, H. (2004). *Five Thousand Years of Glass*. University of Pennsylvania Press.

Tylor, E. B. (1861). *Anáhuac or México and the Mexicans Ancient and Modern*. Logman, Green.

Verita, M., Renier, A. y Zecchin, S. (2002). Chemical analyses of ancient glass finding excavated in the Venetian lagoon. *Journal of Cultural Heritage*, 3(4), 261-271.

Wolf, S., Cordula, K., Jürg, G., Trümpler, S. y Degryse, P. (7-11 de septiembre de 2015). *The early medieval stained glass windows from St. John Müstair: materials, provenance and production technology*. Annales du 20^e Congrès de l'association internationale pour l'histoire du Verre, 660-667. AINV. ISBN: 978-3-86757-024-4.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

SOBRE LOS AUTORES

José Roberto Peralta Rodríguez

Escuela Superior de Medicina-Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,

Instituto Politécnico Nacional (IPN), México

jperaltaro@ipn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7422-577X>

Maestro en Ciencias del IPN y especialidad en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Sus líneas de investigación se enfocan en: el desarrollo histórico de la atención de la salud visual en México y la producción de vidrio y lentes oftálmicos en la Ciudad de México, siglos XVII y XIX. Publicaciones recientes: (2020) Anteojos y su disponibilidad en la Ciudad de México durante el Porfiriato. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 41(163), 82-96. (2021) Industria del vidrio en la Ciudad de México, 1830-1890. *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*, 62, 5-14.

Arturo García Bórquez

Escuela Superior de Física y Matemáticas,

Instituto Politécnico Nacional (IPN), México

a.garciaborquez@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2568-5996>

Doctor en Ciencias con especialidad en Física (1994). Tiene más de 50 publicaciones arbitradas internacionales con 400 citas y 27 tesis de posgrado dirigidas. Coautor de tres libros. Miembro de: la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), Sistema Nacional de Investigadores (SNI, nivel II), las Sociedades Mexicanas de Física (SMF), Cristalografía (SMCR) y Microscopía y Microanálisis (Ammmicro). Acreedor a becas de Conahcyt, Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), Organización Internacional de Energía Atómica y Comisión Europea (OIEA). Moderador en congresos nacionales e internacionales. Organizador del ciclo de conferencias internacionales en nanoestructuras. Dictaminador de revistas científicas nacionales e internacionales. Evaluador de proyectos de investigación de posgrados del Conahcyt, de becas DAAD y de Conahcyt para estudios en Alemania.

Intervención

ENERO-JUNIO 2024
JANUARY-JUNE 2024

María de Jesús Alvizar Rodríguez

Museo del Templo Mayor (MTM),

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México

alvirro@yahoo.com.mx

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4551-6654>

Licenciada en Arqueología por Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) del INAH. Profesora investigadora INAH. Ha participado en excavaciones de las zonas de Teotihuacan y Tlatelolco. Especialista dedicada a la investigación en materiales de vidrio del Centro Histórico de la Ciudad de México. Ha presentado ponencias sobre producción de vidrio en México a partir de la Colonia. Coautora del artículo El vidrio en la Casa del Apartado, siglos XVI-XVII. *Procesos Históricos*, 18 (julio-diciembre, 2020).



Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=355680322002>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la
academia

José Roberto Peralta Rodríguez, Arturo García Bórquez,
María de Jesús Alvizar Rodríguez

**Características fisicoquímicas de una colección de vidrio
arqueológico de la Ciudad de México, México**

**Analysing the Physicochemical Characteristics of an
Archaeological Glass Collection from Mexico City, Mexico**

Intervención (México DF)

vol. 15, núm. 29, p. 19 - 64, 2024

Instituto Nacional de Antropología e Historia, Escuela
Nacional de Conservación, Restauración y Museografía,

ISSN: 2007-249X

DOI: [https://doi.org/10.30763/
Intervencion.293.v1n29.72.2024](https://doi.org/10.30763/Intervencion.293.v1n29.72.2024)