

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Arquitectura y Diseño
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño
Facultad de Ciencias de la Ingeniería y la Tecnología



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

Estudio de composición química de cenizas vegetales de especies de plantas de la región de Mexicali, que determina su uso potencial en la formulación de vidriados cerámicos para una producción sostenible.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO PRESENTA

Alejandra Janeth Avila Robles

Correo electrónico: alejandra.avila26@uabc.edu.mx
Identificador ORCID: 0009-0007-8258-962X

Director de tesis: Dra. María Angélica Castro Caballero
Identificador ORCID: 0000-0002-8614-7171

Co-Director de tesis: Dr. Jorge Anguiano Lizaola
Identificador ORCID: 0000-0003-3602-2650

Mexicali, Baja California, noviembre 2025.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

Facultad de Arquitectura y Diseño

Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y la Tecnología



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

Estudio de composición química de cenizas vegetales de especies de plantas de la región de Mexicali, que determina su uso potencial en la formulación de vidriados cerámicos para una producción sostenible.

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRA EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO PRESENTA

Alejandra Janeth Avila Robles

Correo electrónico: alejandra.avila26@uabc.edu.mx
Identificador ORCID: 0009-0007-8258-962X

Director de tesis: Dra. María Angélica Castro Caballero
Identificador ORCID: 0000-0002-8614-7171

Co-Director de tesis: Dr. Jorge Ignacio Anguiano Lizaola
Identificador ORCID: 0000-0003-3602-2650

Comité tutorial:

Dra. María Angélica Castro Caballero
Dr. Jorge Ignacio Anguiano Lizaola
Dr. Jorge Alberto Cid Cruz

Comité sinodal:

Dra. María Angélica Castro Caballero
Dr. Jorge Ignacio Anguiano Lizaola
Dr. Jorge Alberto Cid Cruz

Mexicali, Baja California, noviembre 2025.

SEMBLANZAS

L.D.I. Alejandra Janeth Avila Robles, autora.

ORCID: 0009-0007-8258-962X

Licenciada en Diseño Industrial con mención honorífica (2018) por la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma de Baja California. Docente de asignatura en la licenciatura en Diseño Industrial y en el tronco común de la Facultad de Arquitectura y Diseño (2020 - a la fecha). Actualmente tesista de maestría en el programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la FAD, en la línea de investigación de Diseño y Comunicación, con enfoque a los materiales cerámicos. Organizador y participante en el Foro de Divulgación Científica del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, Urbanismo y Diseño (2024). Con experiencia en la impartición de clases y talleres de diseño con materiales cerámicos, formulación de vidriados cerámicos y uso de materiales locales enfocado a la producción cerámica sostenible.

Dra. María Angélica Castro Caballero, Director(a) de tesis.

ORCID: 0000-0002-8614-7171

Doctora en Investigación en Diseño por la Facultad de Bellas Artes, Universidad de Barcelona en Barcelona, España. Licenciatura en Diseño Gráfico, Maestría en Diseño y Estancia Posdoctoral Nacional CONACYT en la Facultad del Hábitat, en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. Profesora de tiempo completo en la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California. Es líder del Cuerpo Académico Diseño Gráfico Aplicado (2019 a la fecha), Responsable de la Divulgación Científica en el Centro de Investigación del Agua de la Universidad Autónoma de Baja California (CIAGUABC, desde 2024 a la fecha), Perfil PRODEP y profesora Investigadora en la Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México. Sistema Nacional de Investigadores 1, (2024-2028), México. Temas de investigación: Análisis y marcos teóricos de la composición visual, epistemología en diseño, teoría de sistemas aplicado a los estudios sobre el diseño gráfico.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, B.C., 3 de noviembre de 2025



Alejandra Janeth Avila Robles



ACTA DE VOTOS APROBATORIOS

EL DÍA 27 DE OCTUBRE DEL AÑO 2025 SIENDO LAS 10:00 HORAS, SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL COMITÉ REVISOR CON EL PROPÓSITO DE HACER LAS OBSERVACIONES PERTINENTES A LA TESIS DE MAESTRÍA:

ESTUDIO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CENIZAS VEGETALES DE ESPECIES DE PLANTAS DE LA REGIÓN DE MEXICALI, QUE DETERMINA SU USO POTENCIAL EN LA FORMULACIÓN DE VIDRIOS CERÁMICOS PARA UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE.

DE LA ALUMNA:

ALEJANDRA JANETH ÁVILA ROBLES

EL COMITÉ DE ESTUDIOS DE POSGRADO DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO, HA DESIGNADO A LOS SIGUIENTES ACADÉMICOS COMO INTEGRANTES DEL COMITÉ REVISOR:

**DRA. MARÍA ANGÉLICA CASTRO CABALLERO
DR. JORGE ANGUIANO LIZAOLA
DR. JORGE ALBERTO CID CRUZ**

QUIENES HICIERON LAS OBSERVACIONES PERTINENTES ANEXAS A LA PRESENTE PARA SER CORREGIDAS, DETERMINANDO SU APROBACIÓN Y PROCEDER A QUE LA DIRECCIÓN DE LA FACULTAD FIJE FECHA DE EXAMEN RECEPCIONAL UNA VEZ CUMPLIDOS LOS REQUISITOS QUE ESTABLEZCA LA COORDINACIÓN DE SERVICIOS ESTUDIANTILES Y GESTIÓN ESCOLAR Y EL REGLAMENTO DE ESTUDIOS DE POSGRADO.


DRA. MARÍA ANGÉLICA CASTRO CABALLERO


DR. JORGE ANGUIANO LIZAOLA


DR. JORGE ALBERTO CID CRUZ

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos van dirigidos a todas las personas que, de una u otra manera, aportaron y mostraron su apoyo durante mi formación como estudiante de maestría.

Quiero comenzar expresando mi gratitud a mi comité tutorial, en especial a la directora de esta tesis, la Dra. María Angélica Castro Caballero, quien me acompañó con dedicación en cada etapa del proyecto. Agradezco profundamente su constante disposición para atender las dificultades que surgieron, así como su paciencia para guiarme y ayudarme a retomar el rumbo cuando me sentí estancada o desorientada. Valoro, además, sus palabras de motivación y las enseñanzas compartidas, que fueron esenciales para impulsar mi avance.

Dentro de este mismo grupo de trabajo, extiendo mi reconocimiento al Dr. Jorge Anguiano Lizaola por apoyar el rumbo de la investigación en los temas más complejos relacionados con los materiales cerámicos, siempre con disposición para ayudar y apoyar mis ideas. Así mismo agradezco al Dr. Jorge Alberto Cid Cruz, quien me asesoró en la primera parte de la tesis con sus consejos y métodos para la búsqueda de lo teórico y práctico que daría fuerza a este proyecto, su disposición y amable atención fueron de gran valor.

Agradezco también a la Facultad de Arquitectura y Diseño y a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por brindarme la valiosa oportunidad de realizar mis estudios de posgrado. Quiero recordar y agradecer a mis profesores de los programas MyDAUD y MyDCI por el apoyo y orientación que me brindaron, así como a mis compañeros con quienes compartí momentos de aprendizaje y conversación que enriquecieron esta experiencia.

Considero de gran importancia el apoyo del Dr. Benjamín Valdez Salas, encargado del área de corrosión y materiales del Instituto de Ingeniería, incluido su equipo de trabajo, por permitirme realizar los análisis químicos de las muestras con el equipo disponible en su laboratorio, por su atención y respuesta a mis dudas.

Deseo expresar un agradecimiento especial a quienes, sin su apoyo, este proyecto no habría podido completarse: la comunidad ceramista de Mexicali. Su colaboración, siempre con la mejor disposición durante aplicación de la encuesta, hizo posible recopilar la información de gran valor para esta investigación.

Finalmente, quiero dedicar un agradecimiento muy especial a mi familia y amigos. A mis padres, María del Rosario y Dean Luciano, quienes con mucho esfuerzo y sacrificio me dieron la oportunidad de iniciar mi camino como estudiante universitario, que más tarde me brindaron todo su apoyo para continuar mis estudios de posgrado. A mis hermanos, Dean Gabriel y Jean Alberto, quienes son parte de mi inspiración y para quienes siempre busco ser un ejemplo. Gracias a ellos, que son mi motivación.

A la persona que más de cerca vivió este proyecto conmigo, acompañándome en cada paso, motivándome a no rendirme y empujándome siempre ser mejor, a no rendirme: Rubén. Gracias por brindarme las herramientas para adaptarme a este ritmo de trabajo desde el lado más personal y por estar presente en cada momento. Eres mi mayor inspiración.

Extiendo también mi gratitud a mis familiares que siempre han mostrado interés en mis logros: Lourdes Plata González, Rubén Alaníz García, Judy Luna y Alberto Luna, así como las familias Robles Camarillo, Viveros Alaníz, Muñoz Alaníz, Rodríguez Plata, Rodríguez Benavides, Rodríguez Estrada. Me gustaría incluir un agradecimiento a mis amistades quienes compartieron conmigo momentos de dificultad, y al mismo tiempo me ofrecieron un espacio ameno, que hizo más ligero este camino.

Y, por último, quisiera incluir a los que más desinteresadamente me ofrecen su cariño y compañía, siempre disponibles están 24/7 para mí, distrayéndome algunas veces, mis gatos, Michelín, Micha y Poncho.

RESUMEN

La comunidad ceramista de Mexicali debe asumir elevados gastos debido a su dependencia de materiales externos, lo que compromete la sostenibilidad de su actividad productiva. En la producción cerámica predominan los vidriados comerciales; sin embargo, las formulaciones propias ofrecen la ventaja de permitir ajustes específicos y un control preciso de las proporciones. En este sentido, las cenizas vegetales se plantean como una alternativa local y sostenible, alineada con el ODS 12, que contribuye a fortalecer la competitividad y la sostenibilidad de la cerámica en Mexicali. En esta investigación se analiza la composición química de cenizas de eucalipto, morero, mezquite y olivo negro mediante fluorescencia de rayos X. A través de la clasificación de óxidos de Seger se identificó que su principal aporte en vidriados corresponde a óxidos básicos. Con base en estos resultados, se diseñaron cuatro formulaciones, una por especie, que fueron preparadas, aplicadas sobre soportes cerámicos y cocidas a 1063 °C para evaluar su desempeño. De forma complementaria, se aplicó una encuesta a ceramistas de Mexicali, cuyos datos se procesaron con ATLAS.ti y estadística descriptiva. Asimismo, se realizó un análisis de costos para valorar la sostenibilidad económica de las propuestas. Los resultados confirman la viabilidad de formular vidriados cerámicos con cenizas vegetales, obteniendo productos estables y replicables. Esta investigación brinda a la comunidad ceramista de Mexicali nuevas recetas adaptables a su práctica, reduciendo la dependencia de insumos comerciales y generando beneficios económicos mediante el aprovechamiento de recursos locales sostenibles.

Palabras clave: vidriados cerámicos, materiales locales, producción sostenible.

SUMMARY

The pottery community in Mexicali faces high costs due to its dependence on external materials, which undermines production sustainability. Although commercial glazes predominate, self-prepared formulations offer advantages by allowing precise adjustment of content and proportions. In this context, ash-based glazes are presented as a sustainable local alternative in line with SDG 12, aiming to strengthen the competitiveness and sustainability of ceramic products in Mexicali. In this study, the chemical composition of ashes from eucalyptus, mulberry, mesquite, and black olive trees was analyzed using X-ray fluorescence. Through Seger's oxide classification, it was determined that their main contribution to glazes was as base oxides. Based on these results, four different glaze formulations were proposed, one for each species. They were prepared, applied on ceramic test supports, fired at 1063 °C, and evaluated. Additionally, a survey was conducted among Mexicali's pottery community. Its results were processed using ATLAS.ti and descriptive statistics, and a cost analysis was carried out to evaluate economic sustainability. The findings confirm the viability of self-formulated glazes using vegetable ashes, resulting in stable and replicable formulas. This research provides new adaptable glaze recipes for Mexicali's pottery community, suited to their practice, reducing dependence on commercial supplies, and increasing economic benefits through the use of local and sustainable resources.

Keywords: glaze, material locals, sustainable production.

Índice

Introducción	1
Contexto y desafío en la producción cerámica de Mexicali	3
Relevancia de la investigación y su impacto en la sostenibilidad local	5
Alcances, límites y enfoque del estudio	5
Diseño de la investigación	6
VARIABLES	6
Preguntas de investigación	7
Objetivos de la investigación	7
Hipótesis	8
Antecedentes de los vidriados cerámicos de ceniza	9
Capítulo 1. Antecedentes de investigación: vidriados de ceniza	9
1.1 Revisión de la temática por visualización de redes heterogéneas	9
1.1.1 Método	10
1.1.2 Aplicación del método	11
1.1.3 Hallazgos	11
1.1.3.1 Comunidades.	12
1.1.3.2 Enfoques de investigación.	12
1.1.3.3 Pautas para la investigación.	14
1.1.3.4 Identificación de la teoría y la práctica.	14
1.1.4 Conclusiones de la investigación y generación de redes	15
1.2 Revisión de literatura especializada: comparativa de métodos de elaboración de esmaltes de ceniza de diversos ceramistas	15
1.2.1 Método	15
1.2.1.1 Búsqueda temática en Biblioteca Central UABC.	16
1.2.1.2 Búsqueda por referencias y bibliografía consultadas manualmente de fuentes primarias.	16
1.2.2 Hallazgos	16
1.2.3 Recolección y organización de datos	18
1.2.4 Conclusiones del capítulo	24
Capítulo 2. Antecedentes históricos: la cerámica en Mexicali	26
2.1 Inicios de la cerámica en Mexicali	26
2.1.1 Grupos indígenas como primeros ceramistas	27
2.1.1.1 Cerámica de los Yumanos.	27
2.1.1.2 Elaboración de objetos cerámicos.	29

2.1.1.3 Obtención de materias primas en el proceso de cerámica tradicional.	30
2.1.1.4 Los materiales en el proceso de cerámica tradicional.	31
2.1.1.5 Técnicas de elaboración de vasijas en el proceso de cerámica tradicional.	31
2.1.2 Muestra de pieza elaborada en el taller por Alejandra Avila	36
2.2 Primeras escuelas que impartieron cerámica en Mexicali	37
2.3 La comunidad ceramista en la actualidad (2025)	37
Enfoques teóricos en la elaboración de vidriados cerámicos	39
Capítulo 3. Bases de la cerámica	40
3.1 Definición de la cerámica	40
3.2 Temperatura de cocción	42
3.3 La cocción	42
3.3.1 Medición de la temperatura de cocción	44
3.3.2 Equivalencias de temperatura Seger y Orthon	45
Capítulo 4. Los vidriados: composición y formulación	46
4.1 Definiciones de barniz, esmalte, vidriado y cubierta	46
4.2 Clasificación de los vidriados	48
4.3 Química aplicada a la cerámica	50
4.3.1 Elementos de la tabla periódica para ceramistas	50
4.3.2 Parámetros de los elementos para el entendimiento de la formación de un vidriado	52
4.3.2.1 Peso atómico.	52
4.3.2.2 Moléculas.	52
4.4 La composición de un vidriado	53
4.4.1 Formación del vidriado	53
4.4.2 Materias primas para los vidriados	55
4.5 Sistemas para la formulación de vidriados cerámicos	56
4.5.1 Límites moleculares	56
4.5.2 Relación alúmina-sílice	58
4.5.3 Relación entre los óxidos R_2O y RO	61
4.5.4 Diagrama de Stull	61
4.6 Diferencia entre receta y fórmula de vidriado	63
4.6.1 Receta de vidriado	63
4.6.2 Fórmula de vidriado	63
4.7 Método de cálculo molecular de Seger	65
4.7.1 Conversión de fórmula a receta	66
4.7.2 Conversión de receta a fórmula	67
4.8 Calculadoras digitales para vidriados	67
4.8.1 Glazy.org	67

4.8.2 Online glaze calculator	71
Capítulo 5. Vidriados de cenizas	72
5.1 Selección de especies de plantas	73
5.2 Proceso de obtención de las cenizas	74
5.2.1 Procesamiento de las cenizas	74
5.2.1.1 Tamizado en seco.	74
5.2.1.2 Lavado y tamizado.	75
5.3 Clasificación de las cenizas	75
Capítulo 6. Análisis químico cuantitativo	76
6.1 Análisis de composición química por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF)	76
6.2 Cálculo de la fórmula de Seger a partir del análisis químico	79
Capítulo 7. Preparación y aplicación de los vidriados	79
7.1 Pesaje	80
7.2 Molienda	80
7.3 Mezcla húmeda	80
7.4 Tamizado	80
7.5 Métodos de mezcla para la preparación del vidriado	81
7.5.1 Variaciones de los componentes	82
7.5.2 Tipos de mezcla	82
7.5.3 Mezcla lineal simple	82
7.5.4 Mezcla volumétrica	83
7.5.5 Mezcla biaxial	83
7.5.6 Mezcla triaxial	84
7.5.7 Método de rejilla	86
7.6 Densidad de la barbotina	86
7.6.1 Densidad de vidriados para diferentes métodos de aplicación	87
7.7 Pruebas de vidriado	87
7.7.1 Losas individuales	90
7.7.2 Sistema de etiquetado	90
7.7.2.1 Técnicas de aplicación sobre muestras de prueba.	90
7.8 Técnicas de aplicación de un vidriado cerámico	91
7.8.1 Inmersión o vertido	92
7.9 Defectos en los vidriados	93
Capítulo 8. Sostenibilidad en la producción cerámica	95
8.1 Principios y objetivos de la producción cerámica sostenible	96
8.2 Importancia de la producción sostenible en la cerámica en Mexicali	97
Marco metodológico, aplicación y resultados	99

Capítulo 9. Identificación, selección y recolección de especies de plantas para la obtención de cenizas	100
9.1 Instrumento para la selección y recolección de especies de plantas de la región para la obtención de cenizas	100
9.1.1 Especies vegetales seleccionadas	103
9.1.2 Ficha técnica de las especies seleccionadas	104
9.2 Proceso de recolección	107
9.2.1 Recolección de residuos de las especies vegetales	108
9.2.2 Selección de las partes de las plantas	108
9.2.3 Unificación del tamaño de los residuos	109
9.2.4 Secado de los residuos	110
Capítulo 10. Composición química de las cenizas de plantas de la región de Mexicali	111
10. 1 Proceso de obtención de las cenizas de especies vegetales	111
10.1.1 Proceso de quema	112
10.1.1.1 Registro de quemas.	114
10.1.1.2 Observaciones de la etapa de quema.	115
10.1.1.3 Características visuales de las cenizas obtenidas.	115
10.2.1 Pesaje inicial de las cenizas obtenidas	117
10.2.2 Eliminación de residuos grandes	118
10.2.3 Pesaje de la muestra de cenizas	118
10.2.4 Lavado y tamizado	118
10.2.5 Secado de las cenizas procesadas	121
10.2.6 Pesaje final de las cenizas en seco	121
10.2.6.1 Registro del pesaje de las cenizas.	122
10. 3 Análisis y registro de composición química de las cenizas por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X	122
10.3.1 Descripción del método	123
10.3.2 Informe del análisis	125
10.3.3 Resultados del análisis	127
10.3.3.1 Composición elemental.	127
10.3.3.2 Contenido de óxidos.	127
10.3.3.3 Variabilidad entre muestras.	127
10.3.3.4 Elementos y óxidos que coinciden en todas las muestras.	128
10.3.3.5 Elementos y óxidos que coinciden sólo en algunas muestras.	128
10.3.3.6 Elementos y óxidos que diferencian a las muestras.	129
10.3.3.7 Elementos de menor proporción.	130
10.3.4 Conclusiones del capítulo	130

Capítulo 11. Formulación de los vidriados	133
11.1 Método para la formulación del vidriado con cálculo Seger y determinación de la temperatura de cocción	133
11.1.1 Límites moleculares	134
11.1.2 Cálculo de pesos molares de la composición química de la ceniza	135
11.1.3 Proponer materiales complementarios	137
11.1.4 Balance de óxidos básicos a la unidad y aporte de óxidos ácidos y anfóteros	139
11.1.5 Revisar la proporción $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$	144
11.1.5 Determinar la zona del vidriado según el diagrama de Stull	145
11.1.6 Revisar la relación $\text{R}_2\text{O}:\text{RO}$	146
11.1.7 Determinar la temperatura de quema	148
11.1.8 Generar la fórmula química del vidriado	150
11.1.9 Características de los vidriados	151
11.2 Comparar los cálculos propios con los datos que se obtienen de la calculadora digital Glazy.org	152
11.2.1 Asesoría con experto externo	153
11.3 Conversión de fórmula a receta de vidriado de ceniza	153
Capítulo 12. Preparación y aplicación de los vidriados	155
12.1 Selección de pastas cerámicas para la elaboración de pruebas de vidriado de ceniza	155
12.1.2 Losas de prueba	156
12.2 Preparación de los vidriados de ceniza	157
12.2.1 Pesaje de los materiales	157
12.2.2 Mezcla y molienda en seco	158
12.2.3 Mezcla húmeda y primera medición de la densidad	159
12.2.4 Tamizado	160
12.2.5 Segunda medición de la densidad	160
12.3 Aplicación de los vidriados y etiquetado de las losas	161
12.3.1 Etiquetado de las losas de prueba	162
12.4 Cocción de los vidriados	163
12.5 Resultados de la quema	165
12.5.1 Acabados	165
12.5.2 Fluidez	166
12.5.3 Análisis descriptivo de los defectos de los vidriados	168
12.5.4 Apariencia de los esmaltes	171
Capítulo 13. Análisis de sostenibilidad	174
13.1 Encuesta a ceramistas de la región de Mexicali: análisis cualitativo.	174
13.1.1 Diseño de encuesta	175

13.1.2 Muestra	176
13.1.3 Aplicación de la encuesta	176
13.1.4 Métodos de análisis de la encuesta	176
13.1.4.1 Enfoque deductivo para análisis cualitativo.	177
13.1.4.2 Códigos y categorías para el análisis cualitativo.	178
13.1.4.3 Descripción de los roles.	179
13.1.5 Grupos de códigos para el análisis cualitativo	181
13.1.5.1 Niveles de dominio de conocimiento.	183
13.1.5.2 Vinculación y categorización.	184
13.1.6 Importación de la encuesta	185
13.1.7 Construcción de redes	186
13.1.8 Interpretación de las redes	187
13.1.9 Conclusión del análisis cualitativo	190
13.2 Encuesta a ceramistas de la región de Mexicali: Análisis estadístico descriptivo a partir de datos cuantitativos	191
13.2.1 Resultados del análisis cuantitativo con estadística descriptiva	191
13.2.2 Conclusión del análisis cuantitativo	208
13.3 Análisis de costos	209
13.3.1 Descripción de análisis	209
13.3.2 Condiciones de cálculo de costos	210
13.3.3 Cálculo de costos	210
13.3.4 Diferencia de costos entre la receta base y las recetas con cenizas	212
13.3.5 Diferencia de costos entre esmaltes preparados y las recetas con cenizas	215
13.3.6 Inferencias de los cálculos	215
Conclusiones	217
Referencias	228
Anexos	234

Índice de figuras

Figura 1. Características y aspectos que influyen en la recolección de plantas y su contenido químico	22
Figura 2. Yunque y pala.....	29
Figura 3. Cartel para difusión del taller del Museo de la UABC.....	30
Figura 4. Proceso de formación de la base	32
Figura 5. Diseño y uso del yunque	32
Figura 6. Colocación del yunque para afinado de paredes y conformación del borde	33
Figura 7. Preparación del pozo, leña y encendido del fuego	34
Figura 8. Colocación de vasijas	35
Figura 9. Proceso de quema de vasijas	35
Figura 10. Resultado de la quema	36
Figura 11. Vasija elaborada con técnicas tradicionales yumanas	36
Figura 12. Estructura de la comunidad ceramista	38
Figura 13. Clasificación de las pastas cerámicas.....	41
Figura 14. Estados del barro: plástico y cuero	42
Figura 15. Tipos de cocción: bizcocho y vidriado	43
Figura 16. Termopar	44
Figura 17. Conos pirométricos	45
Figura 18. Elementos de la tabla periódica utilizados en la cerámica	51
Figura 19. Organización de los óxidos por grupos y subgrupos	54
Figura 20. Clasificación de óxidos de Herman Seger.....	55
Figura 21. Cantidades aproximadas de óxidos fundentes en los vidriados de Rhodes.....	58
Figura 22. Sistema de coordenadas de alúmina y sílice.....	60
Figura 23. Cantidades aproximadas de alúmina y sílice en los vidriados de Rhodes.....	60
Figura 24. Influencia de sílice y alúmina en vidriados de porcelana de la constante RO.....	61
Figura 25. Recetas de la comunidad de Glazy.org.....	68
Figura 26. Nueva receta en Glazy.org	68
Figura 27. Análisis molecular de los componentes de la receta.....	69
Figura 28. Gráfico UMF.....	69
Figura 29. Relación R2O:RO	70
Figura 30. Nivel de boro.....	70
Figura 31. Interfaz de la calculadora Online glaze calculator	71
Figura 32. Proyección de los Rayos X.....	77
Figura 33. Ejemplo de informe de análisis químico de una muestra.....	78
Figura 34. Ejemplo de gráfico del espectro de una muestra.....	78
Figura 35. Mezcla lineal	82
Figura 36. Mezcla volumétrica.....	83
Figura 37. Diagrama biaxial	84
Figura 38. Diagrama triaxial.....	85
Figura 39. Método de rejilla	86
Figura 40. Tipos de soporte de pasta cerámica para pruebas de vidriado	88
Figura 41. Técnicas de etiquetado para pruebas de vidriados cerámicos	91
Figura 42. Técnica de inmersión	93
Figura 43. Defectos de los vidriados.....	93
Figura 44. Marco metodológico de la tesis	100

Figura 45. Instrumento de selección de especies vegetales	102
Figura 46. Ficha técnica del árbol eucalipto	104
Figura 47. Ficha técnica del árbol morero.....	105
Figura 48. Ficha técnica del árbol mezquite.....	106
Figura 49. Ficha técnica del árbol olivo negro.....	107
Figura 50. Proceso de recolección	107
Figura 51. Evidencias de mantenimiento de áreas verdes	108
Figura 52. Recolección de especies vegetales	109
Figura 53. Tamaño de las ramas	109
Figura 54. Secado de los residuos	110
Figura 55. Pesaje de las especies.....	111
Figura 56. Clima el día de la quema	112
Figura 57. Esquema del proceso de quema	113
Figura 58. Proceso de quema	114
Figura 59. Burbujeo en la quema de mezquite.....	115
Figura 60. Características de las cenizas	116
Figura 61. Método para el procesamiento de las cenizas	117
Figura 62. Pesaje inicial de las cenizas	117
Figura 63. Eliminación de residuos grandes	118
Figura 64. Pesaje de las cenizas sin residuos.....	118
Figura 65. Lavado de las cenizas	119
Figura 66. Sedimentación de las cenizas	120
Figura 67. Residuos flotantes	120
Figura 68. Tamizado de las cenizas.....	120
Figura 69. Pesaje de las cenizas obtenidas en seco	121
Figura 70. Equipo de laboratorio Shimadzu EDX-7000	123
Figura 71. Montaje de muestras para analizar	124
Figura 72. Colocación de las muestras	125
Figura 73. Método para la formulación de vidriados	134
Figura 74. Proporción de SiO ₂ :Al ₂ O ₃	145
Figura 75. Determinación de la zona de los vidriados de ceniza	146
Figura 76. Posiciones de la relación R ₂ O:RO de las fórmulas de vidriados de ceniza.....	147
Figura 77. Losas de prueba en forma de “L”	157
Figura 78. Pasos para la preparación de los vidriados.....	157
Figura 79. Pesaje de materiales para los esmaltes	158
Figura 80. Mezcla y molienda.....	159
Figura 81. Mezcla húmeda y medición de la densidad	159
Figura 82. Tamizado con malla no. 100	160
Figura 83. Aplicación del esmalte por inmersión	161
Figura 84. Piezas de prueba esmaltadas previo a la quema	162
Figura 85. Sistemas de etiquetado.....	162
Figura 86. Horno.....	163
Figura 87. Anotaciones del registro de quema.....	164
Figura 88. Acabado de las losas de prueba.....	166
Figura 89. Fluidez de las muestras de vidriado.....	167
Figura 90. Defectos en los vidriados.....	171

Figura 91. Relación entre técnicas y procesos cerámicos con los niveles de dominio identificados en la comunidad ceramista.....	184
Figura 92. Codificación de encuestas por ATLAS.ti	186
Figura 93. Red “perfiles”.....	187
Figura 94. Red “Ceramista artista”	188
Figura 95. Red “Ceramista diseñador”	188
Figura 96. Red “case 2”	189
Figura 97. Red “case 15”	190
Figura 98. Rangos de edad.....	192
Figura 99. Grados académicos	192
Figura 100. Carrera que estudia.....	193
Figura 101. Perfiles	193
Figura 102. Roles	194
Figura 103. Lugar de desarrollo	194
Figura 104. Actividades que realiza.....	195
Figura 105. Técnicas de producción utilizadas	196
Figura 106. Materiales para modelar	197
Figura 107. Materiales para esmaltar.....	197
Figura 108. Materiales para obtener color	197
Figura 109. Tipo de materiales.....	198
Figura 110. Materiales comerciales y materiales de elaboración propia	198
Figura 111. Proceso de horneado.....	199
Figura 112. Conocimiento y dominio del tema	200
Figura 113. Variedad de defectos en la producción	201
Figura 114. Frecuencia de los defectos.....	201
Figura 115. Etapa de la ocurrencia de los defectos	202
Figura 116. Mayor presencia de defectos	202
Figura 117. Repercusión en la calidad	203
Figura 118. Importancia de los esmaltes	203
Figura 119. Frecuencia de pruebas de esmaltes	204
Figura 120. Criterios para elegir esmaltes	204
Figura 121. Porcentaje de presupuesto destinado a la compra de esmaltes	205
Figura 122. Porcentaje del costo total de la pieza que representa el material	205
Figura 123. Relación costo del material y precio de venta.....	206
Figura 124. Precio de venta promedio	206
Figura 125. Variación de la producción	207
Figura 126. Volumen de producción de piezas al mes	207
Figura 127. Consideración del valor de la cerámica local.....	208

Índice de tablas

Tabla 1. Búsquedas en scopus	11
Tabla 2. Conceptos teóricos y técnicos de la investigación documental	14
Tabla 3. Recursos disponibles y enfoques	17
Tabla 4. Contenidos de los recursos disponibles	18
Tabla 5. Especies estudiadas por diferentes ceramistas	19
Tabla 6. Procesamiento y clasificación de las cenizas por los ceramistas	20
Tabla 7. Métodos que se mencionan en las publicaciones de los ceramistas	21
Tabla 8. Clasificación de las cenizas por su contenido químico	23
Tabla 9. Equivalencias de temperaturas Orthon por Skutt	46
Tabla 10. Glosario de términos	47
Tabla 11. Clasificación de los vidriados según diferentes autores	48
Tabla 12. Conversión de peso atómico a masa molecular	52
Tabla 13. Materias primas para los vidriados	56
Tabla 14. Literatura que describe y establece límites moleculares	57
Tabla 15. Expresión de una receta de vidriado	63
Tabla 16. Expresión de una fórmula de vidriado	64
Tabla 17. Aspectos para la selección y recolección de especies de plantas para la obtención de cenizas	73
Tabla 18. Publicaciones sobre contenidos químicos de cenizas vegetales	79
Tabla 19. Métodos de mezcla por diferentes autores	81
Tabla 20. Formas comunes para pruebas de vidriado en cerámica	88
Tabla 21. Técnicas de aplicación de un vidriado cerámico	92
Tabla 22. Defectos de los defectos de los vidriados	94
Tabla 23. Datos de las especies seleccionadas	103
Tabla 24. Registro de quemas	114
Tabla 25. Registro de pesos	122
Tabla 26. Informe de análisis XRF de muestras de ceniza	126
Tabla 27. Elementos y óxidos que coinciden en todas las muestras (con oscilaciones)	128
Tabla 28. Elementos y óxidos que coinciden sólo en algunas muestras (con oscilaciones)	129
Tabla 29. Elementos y óxidos que diferencian a las muestras (con porcentajes)	129
Tabla 30. Elementos y óxidos presentes en menor proporción	130
Tabla 31. Clasificación de los óxidos contenidos en las cenizas	131
Tabla 32. Límites moleculares para vidriados alcalinos con boro 05-5	135
Tabla 33. Cálculo de pesos molares de ceniza de eucalipto	136
Tabla 34. Cálculo de pesos molares de ceniza de mezquite	136
Tabla 35. Cálculo de pesos molares de ceniza de morero	136
Tabla 36. Cálculo de pesos molares de ceniza de olivo negro	137
Tabla 37. Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de eucalipto	137
Tabla 38. Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de mezquite	138
Tabla 39. Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de morero	138
Tabla 40. Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de olivo negro	138
Tabla 41. Balance de óxidos (ceniza de eucalipto)	140
Tabla 42. Balance de óxidos (ceniza de mezquite)	141
Tabla 43. Balance de óxidos (ceniza de morero)	142

Tabla 44. Balance de óxidos (ceniza de olivo negro)	143
Tabla 45. Ejemplo de cálculo de relación R ₂ O:RO (fórmula de ceniza de eucalipto)	147
Tabla 46. Relación R ₂ O:RO de las fórmulas de vidriado de ceniza	147
Tabla 47. Aporte al punto de fusión de los óxidos en la fórmula de vidriado de ceniza de eucalipto	148
Tabla 48. Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de eucalipto	149
Tabla 49. Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de mezquite	150
Tabla 50. Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de morero	150
Tabla 51. Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de olivo negro	150
Tabla 52. Fórmula química de los vidriados de ceniza	151
Tabla 53. Características de los vidriados	151
Tabla 54. Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de eucalipto a receta	154
Tabla 55. Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de mezquite a receta	154
Tabla 56. Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de morero a receta	154
Tabla 57. Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de olivo negro a receta	155
Tabla 58. Pastas y barbotinas disponibles para pruebas de vidriado	156
Tabla 59. Peso de los materiales por receta	158
Tabla 60. Medición de la densidad	160
Tabla 61. Defectos comunes encontrados en las losas de prueba	169
Tabla 62. Defectos en los esmaltes	170
Tabla 63. Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de eucalipto	172
Tabla 64. Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de mezquite	172
Tabla 65. Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de morero	173
Tabla 66. Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de olivo negro	173
Tabla 67. Diseño de encuesta	175
Tabla 68. Tipo de análisis de la encuesta	177
Tabla 69. Perfiles de los ceramistas en Mexicali	178
Tabla 70. Definiciones de las actividades por roles	179
Tabla 71. Según el lugar de estudio y carrera	181
Tabla 72. Según las actividades que realiza cada rol	182
Tabla 73. Relaciones	185
Tabla 74. Costos de materias primas	210
Tabla 75. Costos de receta base por proveedor	211
Tabla 76. Estimación de costos de obtención de las cenizas	211
Tabla 77. Costo por kilogramo de cada tipo de ceniza	212
Tabla 78. Receta con ceniza de eucalipto	213
Tabla 79. Receta con ceniza de olivo negro	213
Tabla 80. Receta con ceniza de mezquite	214
Tabla 81. Receta con ceniza de morero	214
Tabla 82. Costo de esmaltes preparados	215

Introducción

La producción cerámica en Mexicali B.C., durante los años 2020-2025, se caracteriza por la elaboración y venta de piezas que emplean principalmente pastas y esmaltes comerciales. Estos materiales son adquiridos de proveedores externos, tanto nacionales como internacionales, debido a la localización fronteriza de la ciudad y la limitada disponibilidad de insumos locales. Esta dependencia repercute directamente en la sostenibilidad económica de la producción cerámica, pues incrementa los costos de fabricación y de venta, por lo que la comunidad ceramista enfrenta un problema común relacionado con la adquisición y el traslado de materiales.

Ante esta situación, surge la necesidad de buscar alternativas sostenibles que fortalezcan la actividad productiva de los ceramistas locales. Una de estas propuestas es la elaboración de vidriados a partir de cenizas de plantas de la región de Mexicali. De acuerdo con Ros i Frigola (2017), un vidriado se define como una “capa de vidrio preparada a partir de mezclas con distintos materiales que en la fusión se unen íntimamente a un soporte cerámico”, por lo que las cenizas actúan como componente de dicha mezcla que forma al vidriado.

Según Rogers (2023) los primeros esmaltes de ceniza aparecieron de manera accidental en China hacia el 1500 a. C., durante el período Shang, cuando la ceniza de la leña caía sobre las piezas calientes y reaccionaba con la sílice y la alúmina de la arcilla, formando superficies vítreas brillantes. Con el tiempo, los alfareros aprendieron a controlar este fenómeno, desarrollando efectos decorativos y protectores en las piezas. Estos materiales aportaban coloraciones verdosas o amarillentas, debido a óxidos de hierro y titanio, además de mayor resistencia. Durante las dinastías Zhou y Han, los artesanos incorporaron deliberadamente mezclas de ceniza y arcilla, logrando una amplia variedad de estilos, entre ellos los célebres celadones. Posteriormente, los vidriados de ceniza se difundieron con variantes regionales en China (Yue, Jun, Chun), Japón (Sueki, Bizen, Shigaraki, Seto), Corea y, más tarde, en el sureste de Estados Unidos, donde fueron adaptados a las tradiciones locales. En Occidente, el uso de la ceniza se generalizó a partir del siglo XVIII, aunque no fue sino hasta el siglo XX que ceramistas

como Bernard Leach y Katherine Pleydell-Bouverie (1981) realizaron investigaciones sistemáticas sobre el comportamiento de diferentes cenizas vegetales como fundente.

Diversos ceramistas e investigadores han contribuido de manera significativa al desarrollo de los vidriados a base de ceniza, aportando enfoques tanto empíricos como metodológicos. Entre ellos Norton (1975), Calude Vittel (1978), Ray Thomas Stull (1912), Daniel Rhodes (1989) y Wolf Matthes (1990) realizaron aportes fundamentales al estudio de los vidriados: desde la comprensión técnica de los materiales y las posibilidades estéticas en taller, hasta el desarrollo de herramientas como el diagrama de Stull para predecir comportamientos, la sistematización de procesos y la aplicación práctica de cenizas como fundentes naturales.

Autores recientes como Rogers (2023), Forrest (2013), Chavarría (2014) y Ros i Frigola (2017) han enriquecido el estudio de los vidriados de ceniza mediante aportes empíricos y técnicos, que van desde la documentación práctica y accesible hasta compendios actualizados que integran lo estético y lo funcional en la cerámica. Mientras que autores como Currie (2001), Morales (2005), Vázquez (2005), Katz (2016) y Bloomfield (2022) presentan actualizaciones, metodologías y enfoques sistemáticos para el estudio de vidriados, desde herramientas experimentales, estudios regionales, hasta fundamentos científicos y actualizaciones que vinculan la química con la práctica cerámica.

Aunque en muchos casos las investigaciones de estos autores se enfocan en métodos empíricos, algunos han resaltado la importancia de la caracterización química de las cenizas. Fournier y Torres (1981) definen este análisis como la “partición química de un material en sus óxidos constituyentes” (p. 19), lo que permite el desarrollo de formulaciones moleculares de vidriados y, con ello, la preparación de esmaltes a partir de materiales naturales disponibles en cada región. Este enfoque resulta clave para la sustitución de insumos comerciales por recursos locales.

Con base en estos antecedentes, el presente proyecto de tesis propone una solución local a la escasez de materiales cerámicos, promoviendo la sostenibilidad económica mediante el aprovechamiento de residuos naturales y la inversión en conocimiento para la elaboración de materiales cerámicos alternativos. Se busca así reducir la dependencia de insumos comerciales y

fortalecer la producción cerámica en Mexicali.

Para el desarrollo de la investigación se tomaron como referencia los métodos y técnicas propuestos por los autores mencionados, adaptándolos a un enfoque experimental que permitiera formular y evaluar vidriados a partir de cenizas vegetales de plantas locales. La metodología de trabajo se estructuró en doce pasos: selección y recolección de especies (1), obtención (2) y procesamiento de cenizas (3), análisis de composición química mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X (4), formulación de vidriados (5) con el cálculo de Seger (con dos posibles iteraciones), comparación de resultados con la herramienta digital Glazy.org (6), conversión de fórmulas químicas a recetas (7), preparación (8) y aplicación (9) de vidriados en soportes cerámicos, cocción en horno eléctrico y análisis de resultados (10). Adicionalmente, se aplicó una encuesta a la comunidad ceramista de Mexicali (11), cuyos datos se procesaron con el software ATLAS.ti y estadística descriptiva. Esto permitió comprender la relevancia de los vidriados en la producción local y caracterizar las prácticas de los ceramistas. Finalmente, se llevó a cabo un análisis comparativo de costos (12) entre vidriados comerciales, vidriados preparados con materias primas comerciales y vidriados elaborados con cenizas, lo que posibilitó evaluar la sostenibilidad económica de la propuesta.

Contexto y desafío en la producción cerámica de Mexicali

La limitada disponibilidad de insumos a nivel local representa un problema para la comunidad ceramista de Mexicali. Obliga a los ceramistas a adquirir materiales en diferentes localidades, tanto nacionales como internacionales al ser una ciudad fronteriza. Algunos pequeños negocios de la región se abastecen de proveedores externos, lo que permite a los ceramistas contar con una opción más cercana para la compra de insumos, aunque esto implica la compra en pequeñas cantidades. Los ceramistas que optan por adquirir insumos en mayor volumen, realiza la compra directa a los proveedores externos, lo que implica costos por envío. Esta situación incrementa los costos de producción y venta final. Como consecuencia, se corre el riesgo de generar un desequilibrio entre la producción y la demanda del mercado local.

En esta comunidad predomina la tendencia a adquirir vidriados comerciales ya preparados y listos para su uso, ofrecidos por distintas marcas especializadas en insumos para ceramistas. Como alternativa, los ceramistas pueden optar por elaborar recetas de vidriados basadas en fórmulas moleculares previamente establecidas o, incluso, desarrollar sus propias formulaciones a partir de materias primas. En cualquiera de estas opciones, la composición del vidriado debe integrar tres componentes esenciales provenientes de las materias primas: formadores de vidrio, fundentes y estabilizadores (Vázquez, 2005).

Aunque estas materias primas también constituyen insumos, ofrecen la ventaja de permitir la preparación de vidriados en cantidades precisas y medibles. Además de la posibilidad de ajustar las propiedades de los esmaltes de acuerdo a necesidades específicas, por lo que la formulación y preparación de los vidriados tiene podría tener ventaja económica sobre los esmaltes comerciales.

Dado que la formulación y preparación de vidriados permite la flexibilidad de uso de las materias primas, existe la posibilidad de sustituir insumos comerciales por materias primas locales. Una opción de sustituto en los vidriados cerámicos son las cenizas de residuos biológicos, estos vidriados son conocidos como vidriados a base de cenizas (Ros i Frigola, 2016). Su uso en la elaboración de vidriados cerámicos puede ser prometedora para asegurar una producción sostenible.

Por otro lado, un problema que surge en este contexto es el desconocimiento de la composición química de las cenizas, lo que implica una falta de control sobre los componentes de la receta y, en ocasiones, la pérdida de información para su posterior reproducción. Esta situación representa un desafío adicional para garantizar la calidad y uniformidad en la manufactura de vidriados cerámicos. Diversos autores como Rogers (2023), Morales (2005) y Matthes (1990) coinciden en señalar que la ausencia de un conocimiento preciso obliga a los ceramistas a trabajar mediante procesos empíricos de prueba y error. De ahí la importancia de contar con análisis químicos cuantitativos.

Este proyecto propone la caracterización de las cenizas como una herramienta práctica que permita identificar con exactitud la proporción de óxidos presentes en las cenizas y a su vez generar una base científica que facilite su integración en los vidriados.

Relevancia de la investigación y su impacto en la sostenibilidad local

Esta investigación adopta el compromiso del cumplimiento del objetivo 12 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) Producción y consumo responsables, específicamente en el punto 12.8 que dice: De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza (Naciones Unidas, 2023).

Ceramistas como Ros i Frigola (2017), Chavarría (2014) y Rogers (2023) mencionan que las cenizas vegetales contienen componentes formadores de vidriados cerámicos. Una de las principales ventajas de los vidriados cerámicos hechos con cenizas vegetales, es que permite el uso de residuos naturales sin necesidad de explotarla, ya que por ejemplo pueden utilizarse las podas de mantenimiento que se realizan regularmente por temporadas.

A raíz de las investigaciones de otros ceramistas que respaldan el uso de residuos orgánicos para la elaboración de esmaltes de ceniza, y el uso de técnicas y métodos para conocer la composición química, podemos decir que es posible analizar los materiales y determinar su potencial para la formulación de esmaltes cerámicos.

En particular, la intención es encaminar a la comunidad ceramista a la adquisición de conocimientos para incorporar de manera efectiva en la producción de cerámica. Este conocimiento puede generar nuevas oportunidades de mercado y fortalecer la competitividad de los productos cerámicos mexicalenses en el ámbito nacional y fronterizo.

Alcances, límites y enfoque del estudio

La presente investigación se centra en el análisis de la composición química de cenizas vegetales y su aplicación en la formulación de vidriados cerámicos sostenibles. El estudio se

delimita al contexto de la comunidad ceramista de Mexicali, Baja California, considerando principalmente especies vegetales locales utilizadas como fuente de cenizas. Temporalmente, la investigación abarca el periodo 2023–2025, correspondiente al trabajo de investigación documental y experimental. Metodológicamente, se acota al uso de técnicas de caracterización química (Fluorescencia de Rayos X) y a la aplicación de métodos para la formulación y preparación de vidriados. Asimismo, se evalúa la viabilidad económica de los vidriados de ceniza en comparación con aquellos elaborados metarias primas comerciales o vidriados ya preparados. De esta manera se demuestra que el aporte que esta práctica puede ofrecer a la sostenibilidad de la producción en la comunidad ceramista de Mexicali.

Los límites de este proyecto se establecen en función de los recursos tecnológicos de análisis químico accesibles y materiales disponibles en la región. Los resultados se enfocan en comprobar la viabilidad del uso de cenizas en la formulación de vidriados y en analizar su relación con la sostenibilidad en la producción cerámica. No obstante, se deja abierta la posibilidad de profundizar en estudios posteriores sobre aspectos específicos, como los defectos en los vidriados, sus propiedades físicas y la validación de los resultados en talleres cerámicos de la región.

Diseño de la investigación

Variables

En esta investigación se consideran dos tipos de variables. Por un lado, las variables dependientes son la *composición química de las cenizas* y la *fórmula molecular de los vidriados*. Estas proporcionarán la información esencial para determinar cómo influyen las cenizas de distintas especies vegetales en la formulación de vidriados cerámicos.

Por otro lado, las variables independientes son las *especies de plantas de la región* y la *producción sostenible*. La primera permitirá seleccionar y analizar las especies locales como fuente de cenizas, mientras que la segunda servirá para evaluar el impacto que estas formulaciones pueden tener en la sostenibilidad de la producción cerámica de la comunidad.

Preguntas de investigación

Pregunta general: ¿Cómo afecta la composición química de las cenizas vegetales de diferentes especies de plantas de la región de Mexicali en la formulación de vidriados cerámicos, y en qué medida esta formulación contribuye a una producción cerámica más sostenible?

Preguntas particulares:

1. ¿Qué características hacen a las especies de plantas de la región de Mexicali, elegibles para la producción de ceniza?
2. ¿Cuáles son los principales componentes químicos presentes en las cenizas vegetales de las especies de plantas de la región de Mexicali?
3. ¿Cuáles son los métodos de formulación de vidriados y de qué manera se incorporan las cenizas vegetales para obtener sus correspondientes fórmulas químicas?
4. ¿Cómo influye la proporción de cenizas vegetales en la apariencia y acabados del vidriado cerámico?
5. ¿De qué manera la utilización de cenizas vegetales en vidriados cerámicos contribuye a la sostenibilidad del proceso productivo?

Objetivos de la investigación

Objetivo general:

Analizar cómo la composición química de las cenizas vegetales de diferentes especies de plantas de la región de Mexicali influye en la formulación de vidriados cerámicos, con el fin de evaluar en qué medida estas formulaciones contribuyen al desarrollo de una producción cerámica más sostenible.

Objetivos específicos:

1. Identificar y seleccionar las especies vegetales de la región de Mexicali con potencial para la obtención de cenizas, considerando criterios y recomendaciones de la literatura especializada.

2. Recolectar, procesar y calcinar los residuos vegetales para la producción de cenizas para analizar su composición química con el fin de determinar su uso en la formulación de vidriados cerámicos.
3. Proponer fórmulas de vidriados balanceados utilizando métodos de cálculo y ajuste basados en fórmulas moleculares, incluyendo a las vegetales como materia prima.
4. Preparar, aplicar los vidriados en losas de prueba, con el propósito de evaluar el comportamiento de las formulaciones y los resultados obtenidos.
5. Estudiar y describir el proceso productivo de la comunidad ceramista de Mexicali.
6. Comparar los costos de producción de los vidriados elaborados con cenizas frente a los de materias primas comerciales y vidriados preparados, para valorar su viabilidad económica.

Hipótesis

Es posible elaborar vidriados cerámicos a partir de cenizas vegetales obtenidas de especies de plantas de la región de Mexicali dada su composición química. Esto representa una alternativa sostenible para la producción de objetos cerámicos.

Antecedentes de los vidriados cerámicos de ceniza

Capítulo 1. Antecedentes de investigación: vidriados de ceniza

Este capítulo describe la revisión de los antecedentes de investigación del tema de tesis, dicha revisión se presenta dos partes. Primero con la realización de una búsqueda temática en artículos indexados a través de SCOPUS cuyos resultados se interpretaron utilizando la visualización por redes heterogéneas por medio del programa de acceso libre Gephi. Con este método de investigación documental se espera encontrar literatura relevante relacionada al tema de investigación y conocer de qué manera se hace investigación en este campo particular dentro de la comunidad científica.

La segunda parte de los antecedentes se hizo mediante una investigación bibliográfica de literatura especializada, de la que se presenta un análisis descriptivo y comparativo sobre los métodos utilizados por diversos ceramistas para la elaboración de esmaltes de ceniza incluyendo métodos, procesos y técnicas.

Los hallazgos constituyen las bases teóricas, esenciales para guiar el método de trabajo. Asimismo, los resultados de la revisión de antecedentes muestran la perspectiva del campo de estudio, y facilitan la comprensión de las tendencias actuales, los enfoques metodológicos predominantes y las teorías relevantes en el ámbito de los esmaltes cerámicos.

1.1 Revisión de la temática por visualización de redes heterogéneas

La investigación se llevó a cabo mediante la búsqueda de literatura a través del uso de palabras clave relacionadas con el título de tesis: Estudio de la composición química de cenizas vegetales de especies de plantas de la región de Mexicali, que determina su potencial uso en la formulación de esmaltes cerámicos para una producción sostenible. Esta indagación consistió en la exploración de la base de datos de Scopus, seguida de un análisis descriptivo, con apoyo en el uso herramientas de visualización de redes heterogéneas para identificar las conexiones entre autores y palabras clave en la investigación.

Al utilizar palabras clave específicas, se espera identificar a los autores a expertos en el campo que han realizado investigaciones o temáticas similares. La búsqueda con palabras clave

permite identificar diferentes enfoques y perspectivas en el tema, esperando que encontrar teorías, metodologías y enfoques que existen en el campo de la cerámica que ayuden a contextualizar el tema y aportar un marco teórico a la investigación. También puede revelar lagunas en el conocimiento existente. Se espera que esta búsqueda permita identificar áreas o aspectos del tema que requieren una investigación adicional y que puedan tomar parte en el enfoque de la investigación actual.

1.1.1 Método

El siguiente método detalla el proceso de búsqueda de autores y palabras clave en la base de datos Scopus y su posterior análisis utilizando diversas herramientas, incluyendo Sciences PO Medialab, Gephi y Adobe Illustrator, para visualizar y comunicar hallazgos y resultados (Bastian et al., 2009; *ScienceScape*, n.d.).

Paso 1: Búsqueda de autores y palabras clave en Scopus: inicialmente, se realizaron búsquedas en la base de datos Scopus para identificar autores y términos clave relacionados con un tema de investigación específico.

Paso 2: Aplicación de filtros: se aplicaron filtros en Scopus para delimitar la cantidad de documentos a incluir en el análisis. Estos filtros pueden incluir criterios como el rango de años, temas específicos, tipos de documentos, entre otros.

Paso 3: Exportación de búsquedas como archivos .CSV: cada búsqueda se exportó como un archivo .CSV para facilitar el manejo de datos y su posterior análisis.

Paso 4: Procesamiento en Sciences PO Medialab – Get Networks: se ingresó a la plataforma Sciences PO Medialab y mediante la herramienta Get Networks de ScienceScape se procesaron los archivos .CSV para extraer y representar las redes de autores y palabras clave. Estas redes se guardaron en formato .gexf, compatible con el programa de código abierto Gephi.

Paso 5: Análisis y procesamiento de redes en Gephi: los archivos (.gexf) generados en Get Networks se abrieron en el programa Gephi. Dicho programa proporciona una variedad de herramientas y algoritmos para explorar, analizar y visualizar las redes. Se procesaron las redes utilizando herramientas como Force Atlas 2 para distribuir nodos de manera óptima,

modularidad para identificar comunidades, filtros como EGO para enfocarse en subredes específicas, y modos de distribución para ajustar la visualización.

Paso 6: Exportación de resultados en formato de Adobe Illustrator (.AI): los resultados del análisis de redes se exportaron en formato (.AI) desde Gephi.

Paso 7: Organización y generación de imágenes en Adobe Illustrator: se organizaron los diferentes gráficos obtenidos de Gephi. Se generaron imágenes y visualizaciones que se utilizarán para demostrar los hallazgos y resultados del análisis de redes.

1.1.2 Aplicación del método

Siguiendo este método se realizaron cuatro búsquedas, las cuales se muestran en la tabla 1 y se describen en el anexo 1. Se omitieron los pasos 3 y 6 que consisten en la exportación de archivos.

Tabla 1

Búsquedas en scopus

Palabras clave utilizadas	Número de documentos encontrados
Ceramic, ashes, glazes	79 documentos
Pottery, ash, glazes	16 documentos
Ash glazes, ceramics	61 documentos
Chemical composition, ash glazes	15 documentos

Nota. Elaboración propia.

1.1.3 Hallazgos

Se han identificaron varias coincidencias significativas. Primero, el número limitado de documentos encontrados (171) indica que existen pocos grupos autores trabajando en estas áreas. Además, se detectaron comunidades de investigación que comparten enfoques y temáticas, lo que sugiere una relación entre sus líneas de trabajo. A pesar de la escasez de comunidades identificadas, se observó una diversidad en las palabras clave, incluyendo algunas que no se habían considerado en la búsqueda inicial (véase anexo 2).

1.1.3.1 Comunidades.

A través de una minuciosa revisión de las áreas temáticas presentes en las diversas redes generadas, se desarrolló un resumen de las comunidades que forman parte de un contexto de investigación general, definido a partir de las palabras clave interconectadas y relacionadas entre sí. A continuación se describen.

Conocimiento de materiales: Engloba aquellas comunidades con interés en las características y propiedades de los materiales cerámicos, así como el análisis de la composición química, el estudio de los efectos de las diferentes materias primas y el comportamiento de los mismos.

Conocimiento de origen e historia: Aquellas comunidades que investigan las influencias y procedencia de la cerámica.

Conocimiento de innovación y materiales sustentables: Comunidades que coinciden en la investigación de nuevos materiales obtenidos a partir del uso de residuos, su preparación y tecnología para la elaboración y aplicación.

Estas comunidades están interconectadas, lo que se manifiesta claramente en las redes a través de la proximidad de unos grupos a otros. Las comunidades de autores que guardan una relación directa con el tema muestran una baja producción de material de investigación, lo que permite hacer una revisión detallada de los documentos disponibles.

1.1.3.2 Enfoques de investigación.

Los enfoques de investigación permiten entender de qué manera se hace investigación en el tema y dónde se ubicaría la investigación de la tesis. A continuación, se describen.

1. **Enfoque de composición y características cerámicas:** Este enfoque se centra en el estudio detallado de la composición, propiedades y características de la cerámica, así como en los objetos cerámicos y los esmaltes utilizados en esta producción. Investigadores en esta comunidad buscan comprender los materiales y técnicas empleados en la cerámica.
2. **Enfoque de análisis químico de la cerámica:** Este enfoque se dedica al análisis químico de la cerámica con el objetivo de conocer su composición química y procedencia.

Investigadores en esta área emplean técnicas analíticas de difracción de Rayos X para identificar los componentes químicos de las cerámicas y rastrear su origen.

3. Enfoque de efectos de materias primas en los esmaltes: Aquí, la atención se dirige a los efectos que tienen las diferentes materias primas en los esmaltes cerámicos, incluyendo el estudio de las técnicas y procesos de formación de colores. Se investiga cómo los componentes impactan en las propiedades de los esmaltes.
4. Enfoque de cerámica China: Dirigido al estudio de la cerámica china, explorando sus influencias, procedencia, características y composición. Los investigadores se sumergen en la historia y la tradición de la cerámica china.
5. Enfoque de diseño de nuevos esmaltes: La investigación gira en torno al diseño y desarrollo de nuevos esmaltes cerámicos, incluyendo la preparación y tecnología aplicada en su creación. Los investigadores trabajan en la innovación de esmaltes cerámicos.
6. Enfoque de aplicación de residuos en la cerámica: Se centra específicamente en la utilización de residuos en la producción de cerámica sustentable. Los investigadores exploran cómo los residuos pueden ser reutilizados en la fabricación de cerámica, lo que tiene implicaciones para la sostenibilidad y la gestión de residuos.
7. Enfoque del uso de cenizas en esmaltes cerámicos: En esta comunidad, la investigación se orienta hacia el descubrimiento y aplicación de cenizas en la formulación de esmaltes cerámicos. Los investigadores buscan entender cómo las cenizas pueden ser empleadas en la producción de esmaltes cerámicos y sus beneficios en términos de propiedades y sostenibilidad.

Esta investigación se ubica en las comunidades con interés en los materiales cerámicos y dentro de los enfoques de análisis químico de la cerámica, efectos de materias primas en los esmaltes y el uso de cenizas en esmaltes cerámicos.

1.1.3.3 Pautas para la investigación.

Se consideró necesario hacer una revisión de los siguientes grupos de autores son de interés para llevar a cabo la investigación de antecedentes y marco teórico.

- Zhang, Y., Zhang, M., Liu, C., Yu, Y., Xia, X., & Wu, L., (2022).
- Wu, J.-M., Ma, H.-J., Qian, W., Zheng, N.-Z., & Hai, J.-X., (2019).
- Hu, S., Yu, Y., Wu, L., Yuan, F., & Li, Q., (2022).

1.1.3.4 Identificación de la teoría y la práctica.

En el análisis de las redes se identificaron los conceptos asociados a la investigación y se clasificaron por conceptos teóricos y técnicos (Véase Tabla 2). Los cuales dan pauta para identificar aquellos elementos conceptuales que podrían conformar al marco teórico, así como a los elementos prácticos que sugieren el tipo de instrumento adecuado para utilizar en la investigación.

Tabla 2

Conceptos teóricos y técnicos de la investigación documental

Teóricos	Técnicos
Materias primas	Análisis y síntesis de fragmentos cerámicos
Temperaturas de cocción	Fabricación de esmaltes
Vidriado de ceniza	Difracción de rayos X (EDXRF)
Ceniza vegetal	Fluorescencia de rayos X (XRF)
Composición química	Microscopía electrónica de barrido
	Sinterización
	Análisis espectroscópico
	Procesamiento de las cenizas

Nota. Elaboración propia.

Dentro de los conceptos teóricos que se identifican básicos para el marco teóricos son: vidriado de ceniza, temperaturas de cocción, y composición química. Mientras que, de los conceptos técnicos, se identifican como base el análisis de difracción de rayos X y Fluorescencia de rayos X que permiten llevar a cabo conocer los elementos químicos y la composición de los materiales.

1.1.4 Conclusiones de la investigación y generación de redes

Se revela que existe poca literatura relacionada al tema de investigación. Sin embargo, las redes muestran la colaboración entre autores, la importancia y la centralidad de los temas de elaboración y estudio de objetos cerámicos, así como el análisis de los materiales. La diversidad de los enfoques de investigación, tales como la composición y características cerámicas, análisis y efectos de los materiales, procedencia y el diseño de nuevos materiales, refleja los distintos intereses de las comunidades científicas.

La distinción de conceptos teóricos y técnicos facilitan la construcción de la estructura conceptual, que, a su vez, guía la selección de metodologías y herramientas analíticas apropiadas.

Es preciso mencionar que existen lagunas en el conocimiento del campo del diseño de esmaltes de ceniza que necesariamente tendrán que abordarse desde otro tipo de investigación que permita fundamentar otros métodos involucrados en el procesamiento y elaboración de esmaltes cerámicos de ceniza.

1.2 Revisión de literatura especializada: comparativa de métodos de elaboración de esmaltes de ceniza de diversos ceramistas

Esta segunda investigación documental realizó con el objetivo de detectar literatura enfocada al tema de elaboración de esmaltes cerámicos de cenizas. Se buscó información relevante, que incluyó métodos, procesos y técnicas que proporcionaron una base metodológica que influye en la experimentación del proyecto.

1.2.1 Método

Se realizó una búsqueda de libros especializados en la producción de cenizas y elaboración de esmaltes cerámicos a partir de especies vegetales. Se llevó a cabo mediante la base de datos de libros de la biblioteca central de la Universidad Autónoma de Baja California (Catálogo cimarrón), y posteriormente a través de referencias y bibliografía consultadas

manualmente de las fuentes primarias. Una vez localizadas las fuentes de interés se procedió a la consulta para analizar su contenido.

Una vez identificados los recursos relevantes, se elaboró un registro de la información, que incluyó el título, autor, año y temas de interés.

Finalmente, se consultaron los recursos seleccionados para obtener información detallada sobre los enfoques de las publicaciones y realizar la investigación a detalle.

1.2.1.1 Búsqueda temática en Biblioteca Central UABC.

Se ingresó a la página en línea de la base de datos de la Biblioteca Central de la Universidad Autónoma de Baja California. La búsqueda se llevó a cabo utilizando las palabras: cerámica, esmaltes y ceramista. Se limitó la búsqueda al catálogo Cimarrón, abarcando el período de 1980 a 2023 y seleccionando filtros por materia y tipo de publicación en libros (véase anexo 3). Tras aplicar los filtros mencionados, se revisó la lista de resultados, de los cuales se obtuvieron 22 recursos utilizando la palabra *cerámica*, 16 recursos utilizando la palabra *esmaltes* y 4 utilizando la palabra *ceramista*.

Con esos resultados, se realizó una revisión individual de los contenidos y se seleccionaron aquellos que específicamente contienen información sobre esmaltes cerámicos y esmaltes de ceniza.

1.2.1.2 Búsqueda por referencias y bibliografía consultadas manualmente de fuentes primarias.

Una vez delimitadas las fuentes primarias obtenidas de la búsqueda en la base de datos de la biblioteca central de UABC, se realizó la consulta y selección de las referencias y bibliografía que específicamente contiene el tema de esmaltes de ceniza. Ya encontradas las fuentes, se localizaron y fueron adquiridos por diferentes vías para su posterior consulta.

1.2.2 Hallazgos

Se encontraron 9 fuentes que mencionan contenidos específicamente de los procesos para la elaboración de esmaltes cerámicos y esmaltes de ceniza, de los cuales se observaron dos enfoques principales.

Enfoque de método experimental: Se centra en la realización de experimentos para probar hipótesis. Implica manipular variables y observar los efectos de estas manipulaciones en un entorno controlado. Tiene como objetivo establecer relaciones causales entre variables. Por ejemplo, en un experimento para probar la eficacia de una receta de esmalte, una variable (la receta) se manipula mientras que otra variable (el comportamiento de los materiales) se observa y mide. Comúnmente usado para realizar pruebas rápidas de materiales de conocimiento previo en cuanto su comportamiento. Los métodos experimentales varían según el autor, de los más utilizados son la mezcla de dos o más componentes por método lineal, biaxial, triaxial, entre otros.

Enfoque de método sistemático: Se refiere a un enfoque ordenado, paso a paso, en la experimentación de los esmaltes cerámicos. Implica seguir un proceso complejo y de conocimientos de técnicas, cálculos y análisis para llegar a una conclusión. Este método no se limita a la experimentación; puede incluir la revisión de literatura, la recopilación y análisis de datos. Entre los métodos más utilizados se encuentran el cálculo de Seger en conjunto con el uso de límites moleculares, diagrama de Ray Thomas Stull, entre otros.

En las tablas 3 y 4 se muestran las fuentes consultadas, enfoques y los contenidos de sus publicaciones.

Tabla 3

Recursos disponibles y enfoques

No.	Título	Autor	Año	Enfoque
1	Manual del ceramista	Bernard Leach	1981	Método experimental
2	Esmaltes	Joaquim Chavarría	2014	Método experimental
3	Natural Glazes	Miranda Forrest	2013	Método experimental
4	Cerámica artística	María Dolors Ros i Frigola	2017	Ambos
5	Stoneware glazes	Ian Currie	1986	Ambos
6	Vidriados cerámicos	Wolf E. Matthes	1990	Método sistemático
7	Ash glazes	Phil Rogers	2023	Ambos
8	Cerámica para el artista alfarero	F. H. Northon	1981	Método sistemático
9	Tecnología de los materiales cerámicos	Juan Morales Güeto	2005	Método sistemático

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4*Contenidos de los recursos disponibles*

Autor	Contenidos													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Bernard Leach	X	X	X	X		X	X			X			X	
Joaquim Chavarría		X		X	X	X				X		X		
Miranda Forrest	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
María Dolors Ros i Frigola	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	
Ian Currie	X					X	X	X		X	X		X	
Wolf E. Matthes									X		X			
Phil Rogers	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
F. H. Northon								X	X					
Juan Morales Güeto								X	X					

Notas: Contenidos de la tabla que el autor menciona.

A: Aspectos que influyen en la recolección de plantas

B: Aspectos que influyen en el contenido químico de las cenizas

C: Clasifica las cenizas

D: Menciona las especies de plantas que ha estudiado

E: Estructura de la planta útiles para la que producción de cenizas

F: Menciona el proceso de obtención y preparación de las cenizas

G: Menciona los métodos de ensayo que utiliza en la preparación de esmaltes de ceniza

H: Menciona métodos sistemáticos y cálculos que utiliza en la preparación de esmaltes de ceniza

I: Menciona técnicas e instrumentos distintos para conocer la composición química de las cenizas

J: Menciona o hace referencia a los contenidos químicos de cenizas vegetales

K: Menciona el diseño de muestras para las pruebas de esmaltes

L: Muestra resultados de sus pruebas

M: Menciona a otros autores

N: Da sugerencias e información adicional para ceramistas nuevos en el campo

Elaboración propia.

1.2.3 Recolección y organización de datos

Con la revisión de las fuentes y la identificación de contenidos, se recopilaron los datos más relevantes y que tienen mayor coincidencia entre autores y relación con las variables de esta investigación. Dichos datos se organizaron en tablas para facilitar el acceso y consulta de la información.

La consulta de la literatura facilitó la identificación de diversas plantas estudiadas en el campo de la cerámica, como se detalla en la tabla 5. Esta clasificación se ha realizado agrupando las plantas según su familia botánica, “Taxón constituido por varios géneros naturales que poseen gran número de caracteres comunes” (Real Academia Española, 2014). Además, se ha logrado identificar y documentar los procesos de tratamiento, las propiedades

químicas y la clasificación de las cenizas de acuerdo con los autores (véase tabla 6). Se incluyen también los métodos de análisis utilizados por los ceramistas, abarcando tanto enfoques experimentales como sistemáticos (véase tabla 7). Esto proporciona una vista general de los usos potenciales de las familias botánicas estudiadas según la composición química y la clasificación de las cenizas.

Tabla 5

Especies estudiadas por diferentes ceramistas

Fuente	Ceramista	Familia de plantas utilizadas	
Manual del ceramista	Katherine Pleydell-Bouverie	Fagaceae	Sapindaceae
		Ulmaceae	Rutaceae
		Ericaceae	Araliaceae
		Buxaceae	Oleaceae
		Aquifoliaceae	Fabaceae
		Adoxaceae	Taxaceae
		Rosaceae	Juglandaceae
		Pinaceae	Grossulariaceae
		Poaceae	Lamiaceae
		Urticaceae	
	Bernard Leach	Dennstaedtiaceae	Ulmaceae
		Poaceae	Myrtaceae
		Fagaceae	
Esmaltes	Joaquim Chavarría	Poaceae	Myrtaceae
Natural Glazes	Miranda Forrest	Apiaceae	Fabaceae
		Juncaceae	Polygonaceae
		Asteraceae	Athyriaceae
		Dennstaedtiaceae	Equisetaceae
		Poaceae	Iridaceae
		Urticaceae	Typhaceae
Cerámica artística	María Dolors Ros i Frigola	Oleaceae	Pinaceae
		Ericaceae	Fagaceae
Stoneware glazes	Ian Currie	Meliaceae	Myrtaceae
		Annonaceae	Casuarinaceae
		Cunoniaceae	Lauraceae
		Rutaceae	

Fuente	Ceramista	Familia de plantas utilizadas	
Vidriados cerámicos	Wolf Matthes	Rosaceae	Dennstaedtiaceae
		Sapindaceae	Pinaceae
		Betulaceae	Poaceae
		Fagaceae	Adoxaceae
		Buxaceae	Aquifoliaceae
		Oleaceae	Fabaceae
		Araliaceae	Acoraceae
	Harrison/Mayer	Betulaceae	Ericaceae
		Moraceae	Poaceae
		Salicaceae	Ulmaceae
Ash glazes	Phil Rogers	Rosaceae	Juglandaceae
		Pinaceae	Salicaceae
		Fagaceae	Salicaceae
		Pinaceae	Poaceae
		Rosaceae	

Nota: Solo se consideraron a los autores que sí mencionan especies estudiadas. Elaboración propia.

Tabla 6

Procesamiento y clasificación de las cenizas por los ceramistas

Autor	Procesamiento de las cenizas	Clasificación de las cenizas
Katherine Pleydell-Bouverie	Quema, lavado, tamizado (120) y preparación del esmalte; cenizas, feldespato y arcilla de pike.	De acuerdo al color y calidad
Bernard Leach	Quema, lavado, tamizado (primero a 60 y después a 100) y preparación de esmalte.	Dura, media y suave; tales indicados por la proporción de alúmina y sílice en relación a los álcalis una vez lavada y tamizada la ceniza.
Joaquim Chavarría	Quema, lavado, tamizado y preparación de esmalte.	No las clasifica
Miranda Forrest	Quema, tamizado y preparación de esmalte. (Utiliza las cenizas húmedas, sin lavar).	Por contenidos (sílice, alúmina, fundentes)
M. Dolors Ros i Frigola	Quema, lavado, tamizado (50) y preparación de esmalte.	Básicas (fundentes), ácidas (refractarias) y mixtas.
Ian Currie	Sigue el procesamiento de Leach	No las clasifica
Wolf Matthes	Quema, lavado, tamizado y preparación del esmalte.	No las clasifica
Phil Rogers	Quema, lavado / sin lavar, tamizado y preparación del esmalte.	No las clasifica
F. H. Northon	No menciona el procesamiento	No las clasifica
Juan Morales Güeto	No menciona el procesamiento	No las clasifica

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7*Métodos que se mencionan en las publicaciones de los ceramistas*

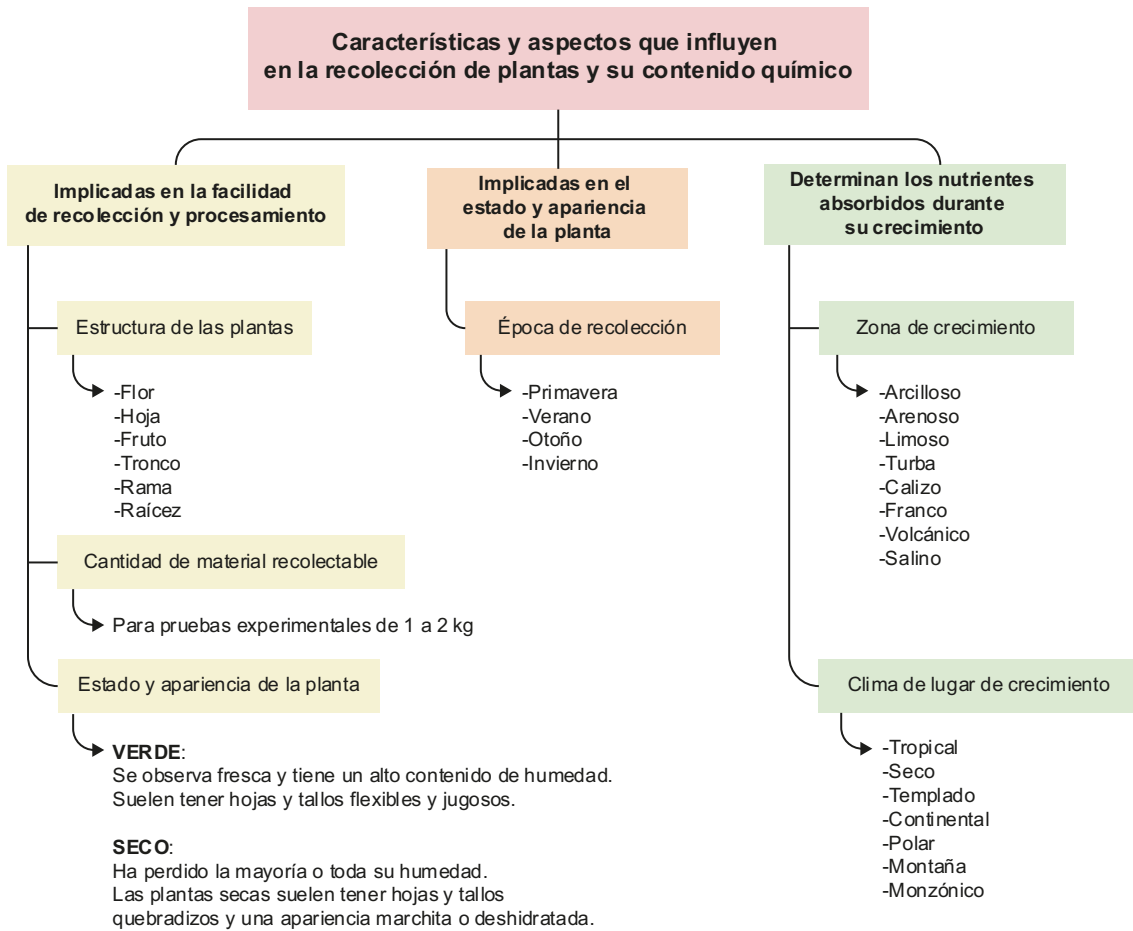
Autor	Métodos experimentales	Métodos sistemáticos
Katherine Pleydell-Bouverie	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Método empírico.	No menciona
Bernard Leach	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Método empírico.	No menciona
Joaquim Chavarría	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Método empírico.	No menciona
Miranda Forrest	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Método empírico.	No menciona
M. Dolors Ros i Frigola	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Método empírico.	Cálculo Seger
Ian Currie	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes. Mezcla volumétrica. Losa de experimentación. Método empírico.	Cálculo Seger, Fórmulas límites, Gráfico de Stull.
Wolf Matthes	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes.	Cálculo Seger, Fórmulas límites.
Phil Rogers	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes.	Cálculo Seger
F. H. Northon	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes.	No menciona
Juan Morales Güeto	Mezcla de variación de uno, dos o tres componentes.	Cálculo Seger, Análisis químico cuantitativo (XRF)

Nota. Elaboración propia.

Además de ubicar qué enfoques y métodos, también se realizó un análisis de las características y aspectos a considerar en la selección de las plantas con potencial para la recolección y procesamiento de plantas, según lo que los autores consideran relevante (véase figura 1).

Figura 1

Características y aspectos que influyen en la recolección de plantas y su contenido químico



Nota. Elaboración propia.

La estructura de la planta, estado y apariencia y cantidad de material recolectable están implicados en la facilidad de recolección y procesamiento. Mientras que la zona y lugar de crecimiento determinan los nutrientes absorbidos durante su crecimiento y a su vez podrían determinar el contenido químico. La época de recolección influye en el estado y apariencia de la planta. Los ceramistas recomiendan tener en cuenta algunas consideraciones que facilitan la toma de decisiones en la búsqueda de vegetación útil para la producción de cenizas tales como: identificar la especie o familia de la planta, el estado de conservación de la especie, la localización de la planta, identificar que parte de la estructura es recolectable y asegurar un

tamaño y población suficiente para las cantidades mínimas de recolección (Forrest, 2013; Rogers, 2023).

El uso que pueden tener las cenizas en la elaboración de esmaltes se determina con la composición química. En la tabla 8 se muestra la clasificación siguiendo la propuesta por Ros i Frigola (2017) en su libro *Cerámica artística*. Teniendo como referencia los diferentes análisis químicos presentados por los ceramistas: Forrest (2013), Matthes (1990), Leach (1981), Currie (2001) y Rogers (2023), véase anexo 4.

Tabla 8

Clasificación de las cenizas por su contenido químico

Básicas ^a	Mixtas ^b	Ácidas ^c
Acoraceae	Adoxaceae	Athyriaceae
Asteraceae	Annonaceae	Dennstaedtiaceae
Casuarinaceae	Apiaceae	Equisetaceae
Cunoniaceae	Aquifoliaceae	Ericaceae
Fagaceae	Araliaceae	Fabaceae
Iridaceae	Betulaceae	Juncaceae
Juglandaceae	Buxaceae	Myrtaceae
Lamiaceae	Grossulariaceae	Poaceae
Lauraceae	Oleaceae	
Meliaceae	Pinaceae	
Moraceae	Polygonaceae	
Rosaceae	Sapindaceae	
Rutaceae	Taxaceae	
Salicaceae	Typhaceae	
Ulmaceae		
Urticaceae		

Nota.

a. Básicas: alto contenido de minerales fundentes como el sodio, potasio y calcio.

b. Ácidas: contenido refractario como el cuarzo, alúmina o magnesio.

c. Mixtas: poseen cantidades tanto de potasio o calcio como de cuarzo, alúmina o magnesio. Elaboración propia.

Esta podría ser una forma útil para dar una aproximación de los contenidos químicos de las especies, dependiendo de la familia y la clasificación de Ros i Frigola. Sin embargo, es importante señalar que los autores coinciden en que una misma planta podría dar resultados diferentes dependiendo de la zona de crecimiento. Tomando en cuenta que la mayoría de los

ceramistas trabajan de forma empírica, la experimentación es necesaria para comprobar la composición química de las especies que se elijan para esta investigación. Según el autor Paul Rogers (2023), la mejor opción es hacer experimentación y comprobar por uno mismo los resultados. Rogers proporciona una tabla de comparación de los contenidos químicos de árbol de manzano de la especie rosaceae según distintos autores (véase anexo 5). Se observa que los contenidos coinciden en que esta especie tiene mayor concentración de óxido de calcio (CaO) y en su mayoría el resto de los componentes químicos mantienen cantidades dentro de un rango similar.

1.2.4 Conclusiones del capítulo

En la búsqueda de literatura especializada se encontraron pocos resultados, pero significativos, lo que sugiere que son pocos autores dedicados al estudio y publicación sobre el uso de especies vegetales en la elaboración de esmaltes cerámicos. Se observó que los ceramistas comparten enfoques y temáticas similares, y que con frecuencia se citan mutuamente, indicando una fuerte conexión entre sus líneas de investigación.

Los ceramistas comparten sus conocimientos sobre las diversas familias de plantas que han experimentado, algunos clasifican las cenizas según su composición química, derivada de sus experimentos. Un aspecto notable es que coinciden sobre la variabilidad de los resultados en la determinación de la composición química de las especies vegetales. Los autores señalan estas diferencias y enfatizan la importancia de realizar experimentos individuales, incluso con referencias previas, ya que se ha demostrado que los resultados no siempre son consistentes.

Con las descripciones de los autores se pueden identificar y entender los métodos utilizados para la experimentación, elaboración y estudio de los esmaltes cerámicos. Además, se destaca que, más allá de la experimentación, existen métodos alternativos para determinar la composición química de los materiales. Técnicas avanzadas como la Fluorescencia de Rayos X ofrecen un análisis detallado y preciso de los elementos constituyentes de un material.

Por otro lado, los ceramistas han identificado características que determinan la idoneidad de una planta para su uso en la creación de esmaltes cerámicos como la estructura de la planta, su estado, clima y localización. Aunado a criterios específicos que permiten la toma de

decisiones para la selección de las especies como, el estado de conservación de la especie y posibles limitaciones.

Los siguientes datos destacan por su relevancia directa con las variables de investigación, cuya información es de utilidad para el desarrollo del marco teórico y metodológico.

Primero, las consideraciones propuestas por los autores en cuanto a la recolección de plantas son esenciales para abordar la variable de *“especies de plantas de la región de Mexicali”*. Estas consideraciones permitirán realizar una selección de especies de manera más eficiente y precisa.

En segundo lugar, las observaciones de los autores acerca de las limitaciones en la determinación de la composición química por medio de la experimentación subrayan la importancia de llevar a cabo análisis cuantitativos detallados para la obtención de datos exactos y fiables sobre la composición química de las cenizas. Esto se vincula directamente con la variable *“composición química de las cenizas”*.

En tercer lugar, el conocimiento profundo de los métodos para la formulación y preparación de esmaltes cerámicos, incluyendo el cálculo de Seger, fórmulas límite, el diagrama de Stull, y las mezclas de componentes, tienen relevancia en lo que concierne a la variable *“formulación molecular del esmalte”*. Estos métodos son fundamentales para determinar la metodología a emplear en el desarrollo experimental de la investigación.

Capítulo 2. Antecedentes históricos: la cerámica en Mexicali

Este capítulo presenta una visión general del desarrollo de la actividad cerámica en Mexicali, desde sus inicios hasta su situación actual (2025). Se discute la formación de espacios educativos que han impulsado esta práctica, así como la consolidación de talleres independientes que han contribuido al crecimiento y conformación de una comunidad ceramista diversa, integrada por actores que se orientan tanto hacia el arte como hacia el diseño industrial, cada uno con enfoques particulares dentro del proceso creativo y productivo.

2.1 Inicios de la cerámica en Mexicali

Desde 2006 se dio inicio al proyecto “Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California - Fase Municipio de Mexicali” a través del Centro INAH Baja California, en colaboración con el Departamento de Registro Arqueológico. Este proyecto tuvo como objetivo principal recopilar información que contribuye a la creación de un registro de los primeros asentamientos humanos en la región. En el marco de este proyecto, se llevaron a cabo visitas sistemáticas a diversos sitios arqueológicos, donde se documentaron hallazgos tanto en superficie como en excavaciones, según Graham et al., (2013) “se recolectaron materiales diagnósticos de superficie, como herramientas de piedra, bordes de cerámica, tiestos decorados o que pudieran sugerir la forma general de la pieza y elementos más especializados”. Entre estos hallazgos, se destacan elementos distintivos de los grupos nómadas de Baja California, como son los fragmentos de cerámica. A través de análisis detallados, se logró identificar los materiales, así como posibles técnicas, formas y funciones, revelando sus orígenes y proporcionando un valioso respaldo histórico y arqueológico sobre los comienzos de la cerámica en la región de Mexicali. Porcayo, (2007) menciona que:

Dentro de la cerámica encontrada se ha visto que hay una gran variedad de técnicas decorativas asociadas, como los son los bordes acanalados, decoraciones con pintura en rojo y los engobes en blanco. Las formas de ollas y cuencos son sumamente abundantes, mismas que les servían para las actividades domésticas de almacenamiento y preparación de alimentos. (p.61)

Este proyecto ha enriquecido el entendimiento de la historia temprana de Mexicali y sus alrededores, formando las bases para futuras investigaciones arqueológicas, incluyendo aquellas involucradas en el área de la cerámica.

2.1.1 Grupos indígenas como primeros ceramistas

Everardo Garduño (2001) relata lo siguiente:

La familia etnolingüística yumana comprende aproximadamente quince grupos étnicos, distribuidos a lo largo de los desiertos de Baja California y Sonora, en México, y Arizona y California en los Estados Unidos. En Baja California, cinco de estos grupos étnicos han sido tradicionalmente asociados a ocho comunidades sedentarias conocidas como ejidos, las cuales se encuentran dispersas dentro de un área geográfica localizada entre los 30 grados latitud norte y la línea fronteriza México-Estados Unidos (p.22).

En la región de Mexicali, Baja California, reside la etnia Cucapá dentro del territorio conocido como Ejido El Mayor Indígena, ubicado a lo largo de las orillas del Río Colorado. Sobre la carretera San Felipe, se sitúa la comunidad Pai pai de Santa Catarina, aunque esta es considerada ubicada dentro del territorio de Ensenada, ambas comunidades étnicas son ejemplos vivientes de la perseverancia de tradiciones ancestrales, particularmente en la cerámica. Este arte, un rasgo característico de su cultura material, se sigue elaborando mediante técnicas tradicionales que emplean el yunque y la pala. Este meticuloso proceso refleja no sólo su destreza artesanal sino también el profundo respeto por las prácticas heredadas de sus antepasados.

2.1.1.1 Cerámica de los Yumanos.

La cerámica tradicional de los grupos étnicos en Baja California es una expresión cultural típicamente asociada al rol femenino. Este arte, que se transmite de generación en generación, refleja no solo la destreza y creatividad de las mujeres, sino también su papel fundamental en la preservación de las técnicas y patrones culturales de su comunidad.

La cerámica Yumana se distingue por una serie de características únicas que reflejan la riqueza de su tradición artesanal. Se realiza a baja temperatura, lo que confiere a las piezas una gama de colores que varía según la región de origen de la arcilla y el área específica de ubicación dentro del horno, donde se colocan durante la cocción. Los patrones de manchas presentes en algunas piezas son resultado directo de los materiales combustibles utilizados, como la yuca y el estiércol de vaca, que aportan un toque distintivo y orgánico a la cerámica. Para aumentar la resistencia de las vasijas, especialmente aquellas destinadas al uso culinario, se incorpora mica a la mezcla, reforzando las uniones moleculares de la arcilla. En cuanto a los adornos, se utilizan técnicas como el pastillaje y el esgrafiado, aplicadas cuando la arcilla está fresca, así como la adición de óxido de hierro, lo que aporta a estas creaciones una belleza y funcionalidad que perduran a través del tiempo.

Entre 2008 y 2009, el Centro INAH Baja California en Mexicali, bajo la dirección del arqueólogo Antonio Porcayo Michelini y con la colaboración de su equipo, realizó investigaciones significativas. Con la participación del ceramista Juan José Cardoza Rojero en la elaboración de dibujos reconstructivos y Claudia Flores López, Omar López Hernández y Karen Calvario Zavala en el diseño de carteles, se crearon representaciones electrónicas ilustrativas. Estos carteles destacan temas como la cerámica arqueológica decorada Yumana del Bajo Delta del Río Colorado y el Alto Golfo de California, así como estudios experimentales y reconstructivos de la misma (Porcayo, 2008a, 2008b, 2009).

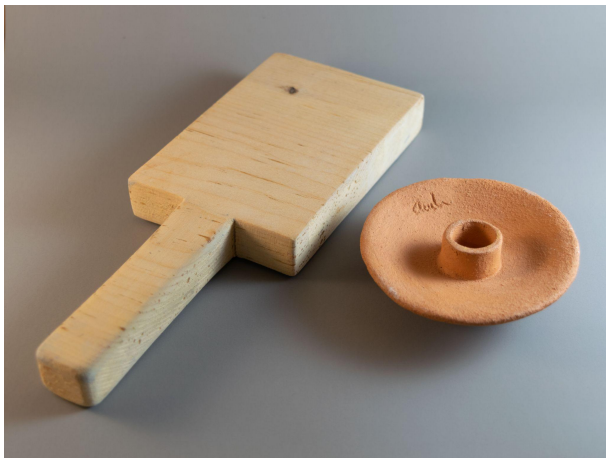
Las contribuciones anteriores de Michael Rogers (1936 y 1945) y Michael Waters (1982 a, b y c), en el que proponen la clasificación de formas cerámicas, llamadas por Rogers Yumano I, II y III y más tarde por Waters como Payatan I, II y III han sido fundamentales para los arqueólogos que durante los últimos años han trabajado en proyectos de reconocimiento de formas de las piezas y tiestos encontrados en las excavaciones. Mediante análisis macroscópicos y petrografía se han intentado clasificar los tiestos conforme las tipologías de Rogers y Waters. Aunque la clasificación no se ha logrado con éxito, han identificado porcentajes aproximados de los materiales constituyentes de las pastas cerámicas, así como características decorativas y de manufactura. Estos datos han proporcionado indicios sobre el

uso potencial de las distintas formas de vasijas, evidenciando la diversidad cerámica de la región (Porcayo, 2016).

Así se ha podido revivir esta antigua tradición, replicando procesos de manufactura, reconstruyendo formas con materiales y herramientas similares, como la pala y el yunque (véase figura 2), esenciales en la alfarería ancestral y reproduciendo la aplicación de materiales decorativos. Estos esfuerzos han permitido la continuidad de su enseñanza y preservación a través de la impartición de cursos a comunidades indígenas y al público general interesado en las tradiciones alfareras de Baja California.

Figura 2

Yunque y pala



Nota. Herramientas y fotografía de autoría propia.

2.1.1.2 Elaboración de objetos cerámicos.

En 2017 el Instituto de Investigaciones Culturales - MUSEO de la UABC, ofertó algunos talleres culturales para el público en general. Tuve la oportunidad de participar en el taller “Cerámica como los antiguos Yumanos” (véase figura 3), impartido por Juan José Cardoza, en el cual se abordó desde la composición de la pasta, la técnica de elaboración de vasijas Yumanas con yunque y pala, hasta la cocción, cuyas características explicaré con apoyo de los relatos del doctor Garduño (2015, p.105) sobre el proceso de elaboración de cerámica tradicional.

Figura 3

Cartel para difusión del taller del Museo de la UABC



Nota. Elaboración de cartel por el Museo UABC (2017).

2.1.1.3 Obtención de materias primas en el proceso de cerámica tradicional.

La fabricación de objetos de cerámica comienza con un recurso natural fundamental: la arcilla. Este material se clasifica principalmente en dos tipos según su origen y características:

Arcilla residual o primaria: Este tipo de arcilla mantiene contacto directo con la roca de la cual se origina, conocida como roca madre. Se caracteriza por su textura arenosa y tener una limitada plasticidad, es decir, su capacidad de ser modelada es reducida. Ejemplos comunes de arcillas residuales son el caolín y la bentonita. Estas arcillas se utilizan en aplicaciones específicas donde estas propiedades son deseables.

Arcilla sedimentaria o secundaria: Este tipo de arcilla se forma a partir de la erosión y el depósito de arcilla primaria, alejándose de su roca madre original. Se distingue por su elevada plasticidad, es adecuada para la creación de cerámica, dada su facilidad de modelado.

No obstante, su naturaleza maleable viene acompañada de impurezas como cuarzo y mica. Para optimizar su comportamiento, se le añaden desgrasantes como la chamota; arcilla previamente calcinada y triturada, o arena fina como el limo proveniente de las dunas. Estos aditivos ayudan a reducir la plasticidad de la arcilla y minimizar la contracción de las piezas durante el proceso de secado y cocción.

La elección entre arcilla residual o sedimentaria depende del tipo de objeto que se desea crear y las características específicas que se buscan en el material cerámico final.

2.1.1.4 Los materiales en el proceso de cerámica tradicional.

Para obtener la pasta, se realiza la excavación de las arcillas, con ayuda de tamices que ayudan a eliminar impurezas. Se mezclan con agua y mediante el amasado se prepara la pasta.

Para su procesamiento, el primer paso es separar o desintegrar los minerales más gruesos como el cuarzo o el feldespato, moliendo el barro en un mortero o metate de piedra. Seis horas después se vuelve a moler el barro hasta obtener un polvo fino, al cual se le agrega un poco de estiércol ligeramente pulverizado y un puñado de cenizas y agua hasta lograr la plasticidad deseada (Garduño, 2015, p.105).

2.1.1.5 Técnicas de elaboración de vasijas en el proceso de cerámica tradicional.

Para dar la forma en la elaboración de una vasija yumana se utilizan las técnicas básicas de placa y cordón, y posteriormente se hace uso de las herramientas pala y yunque, mediante un proceso que se divide en tres etapas:

Primero la formación de la base con técnica de placa. Antiguamente, se utilizaban cantos rodados como las piedras, para moldear la base de la vasija. En la actualidad, se emplean técnicas más modernas como el uso de ollas o moldes de yeso, sobre el que se coloca la placa de arcilla. Se presiona la arcilla contra la superficie hasta que adquiere su forma. Esto ha de tener un tiempo de secado que permita que la base se endurezca lo suficiente para poder ser desmoldada sin perder su estructura y proceder con el siguiente paso (véase figura 4).

Figura 4

Proceso de formación de la base



Nota. Fotografías propias (2017).

Después se realiza el afinado de las paredes. En este paso ocurre la devastación de los cordones por la acción de la pala y el yunque, herramientas que representan un avance tecnológico significativo para los artesanos yumanos. El yunque es normalmente fabricado en diversos tamaños, facilita la creación de paredes delgadas y uniformes dado por su forma ergonómica (ver figura 5).

Figura 5

Diseño y uso del yunque



Nota. Pieza y fotografía de elaboración propia.

Para definir la silueta de la vasija, se elaboran cordones de arcilla. Se humedece el borde superior de la base y se coloca cuidadosamente el cordón alrededor de ésta. Con la ayuda del yunque y la pala se unen firmemente la base y el cordón, trabajando la unión hasta lograr la forma final deseada para la conformación del borde de la vasija (véase figura 6). Cada una de estas etapas requiere habilidad y precisión que definen la calidad y la belleza del resultado final, reflejando la destreza artesanal de quien la elabora.

Figura 6

Colocación del yunque para afinado de paredes y conformación del borde



Nota. Fotografía propia (2017).

José Cardoza (comunicación personal, 27 de septiembre 2017) describió que los antiguos yumanos eran hábiles en el arte de embellecer sus cerámicas, empleando diversas técnicas de decoración tales como:

Pastillaje: Esta técnica consistía en la incrustación de semillas en la superficie de la cerámica en su estado de cuero, es decir, cuando ha alcanzado un punto de secado que aún permite la manipulación sin perder forma. Posteriormente, las piezas eran dejadas a secar por un periodo aproximado de un mes y medio.

Esgrafiado en fresco: Los artesanos yumanos se destacaban por su habilidad para grabar diseños en la arcilla aún húmeda. Predominaban los motivos geométricos y, en ciertos casos, representaciones abstractas de astros como el sol.

Pigmentación: La coloración de las cerámicas se lograba mediante la aplicación de pigmentos naturales antes del proceso de cocción. Utilizaban óxidos de hierro para obtener tonos rojizos, óxido de manganeso para los negros y otros compuestos para los blancos. Además, algunas tonalidades oscuras se conseguían a través de la técnica de ahumado, utilizando diferentes tipos de combustible durante la quema. La coloración también podía variar en función de la composición mineral del barro, la cual era influenciada por la región geográfica de su extracción. Cada una de estas técnicas revela la sofisticación y el detallado conocimiento que los yumanos poseían sobre los materiales y procesos cerámicos.

La técnica óptima para la cocción de cerámica implica el uso de leña de palo fierro como combustible principal, por sus cualidades superiores, seguida por el mezquite y el eucalipto. Los antiguos yumanos a menudo recurrían a la yuca como fuente de calor y con el tiempo, incorporaron el uso de estiércol de vaca.

Aunque los detalles específicos de las prácticas de cocción tradicionales de los yumanos no están completamente claros, se sugiere que la metodología más efectiva implica el uso de un pozo (J. Cardoza, comunicación personal, 27 de septiembre 2017). El procedimiento se ha adaptado de técnicas ancestrales para la quema de cerámica (véase figura 7). Primero se excava un pozo en el suelo con anticipación de uno o dos días previos, asegurándose de que la tierra esté seca para la quema. Como siguiente paso se prepara la leña, eligiendo una variedad de tamaños: grande, mediano y pequeño. Finalmente se coloca la leña mediana y pequeña en el fondo del pozo y se inicia el fuego.

Figura 7

Preparación del pozo, leña y encendido del fuego



Nota. Fotografías propias (2017).

Para la colocación y cocción de las piezas se sitúan las piezas cerámicas alrededor del pozo antes de introducirlas, permitiendo que alcancen una temperatura cercana a la del pozo caliente. Lo siguiente es rotar las piezas regularmente para alcanzar un calentamiento uniforme mientras el fuego se reduce a brasas. Una vez que el pozo contenga solo brasas, se introducen las piezas cuidadosamente dentro como se ilustra en la figura 8.

Figura 8

Colocación de vasijas



Nota. Fotografías propias (2017).

Después se apila la leña en orden descendente de tamaño sobre las piezas dentro del pozo y se enciende nuevamente la leña para mantener el fuego hasta que se transforme en brasas, cayendo sobre las piezas y envolviéndolas en calor (véase figura 9). Se deja que el fuego se consuma por completo. El enfriamiento del pozo toma aproximadamente un día entero.

Figura 9

Proceso de quema de vasijas



Nota. Fotografías propias (2017).

Tras la extinción total del fuego y una vez que el pozo se haya enfriado adecuadamente, se retiran las piezas cocidas (véase figura 10).

Figura 10

Resultado de la quema



Nota. Fotografías propias (2017).

2.1.2 Muestra de pieza elaborada en el taller por Alejandra Avila

La elaboración de la pieza se siguió mediante la técnica de pala y yunque, y la utilización de un molde de yeso, siguiendo el proceso de cocción del proceso de cerámica tradicional. Se obtuvo una pieza con una gama de tonalidades en la superficie de la vasija, con variaciones que indican su proximidad a la fuente de calor durante la quema (véase figura 11). La vasija no presentó fallos estructurales tras su extracción del pozo de cocción, manteniéndose completamente íntegra.

Figura 11

Vasija elaborada con técnicas tradicionales yumanas



Nota. Elaboración de pieza (2017) y fotografía propia (2024).

2.2 Primeras escuelas que impartieron cerámica en Mexicali

El descubrimiento de las prácticas cerámicas de los primeros habitantes de Baja California ha desencadenado el interés por preservar estas tradiciones ancestrales. En Mexicali, este interés ha evolucionado hacia la formalización de métodos de enseñanza en cerámica, desde el rescate de antiguas tradiciones hasta su transformación en una dinámica actividad de emprendimiento y comercio.

Alicia Gracia (2021), en su investigación sobre las arcillas de Mexicali y su uso en la producción cerámica, propone una organización temática de las diferentes facetas de esta comunidad. Inicialmente, se enfoca en el área cultural, destacando los esfuerzos por conservar la tradición a través de la creación de los primeros talleres por parte de instituciones gubernamentales. Posteriormente, analiza el papel de las escuelas y universidades en la enseñanza de la cerámica, subrayando su importancia en la educación y el desarrollo de habilidades especializadas. Finalmente, examina el sector comercial, incluyendo a comercios y proveedores de materiales, esenciales para sostener la práctica cerámica.

Estas facetas constituyen lo que denominaremos comunidad ceramista de Mexicali, unida por objetivos comunes que incluyen la enseñanza a futuras generaciones, el fomento del desarrollo de nuevas habilidades y aprovechamiento del conocimiento con una motivación compartida por la investigación y la experimentación en el ámbito de la cerámica.

2.3 La comunidad ceramista en la actualidad (2025)

Entre 2020 y 2024 se han desarrollado nuevos espacios que impulsan la actividad de la cerámica en Mexicali ofreciendo cursos a la comunidad ceramista y talleres especiales al público en general. Así mismo, estudiantes de las carreras de Artes plásticas y Diseño industrial han comenzado a interesarse por generar un impacto alrededor de esta actividad con la elaboración de productos cerámicos para venta o la misma dinámica de impartir talleres itinerantes.

Se tuvo un acercamiento directo con 45 integrantes de la comunidad ceramista local para conformar una red colaborativa y, a partir de ella, obtener información fidedigna sobre cómo se identifican dentro de la comunidad y qué roles desempeñan. En la figura 12 se representa

gráficamente la conformación de la comunidad ceramista. Cabe mencionar que la identificación de dichos integrantes fue dada según su área de estudio. Se estructura de la siguiente manera:

Círculo exterior: delimita la comunidad ceramista en sentido amplio: cualquier persona vinculada de forma profesional o autodidacta, con la elaboración de objetos cerámicos.

Subgrupo A: agrupa a quienes se reconocen principalmente como diseñadores industriales que trabajan con cerámica. El número de nodos simboliza la mayor proporción relativa de este perfil dentro de la red.

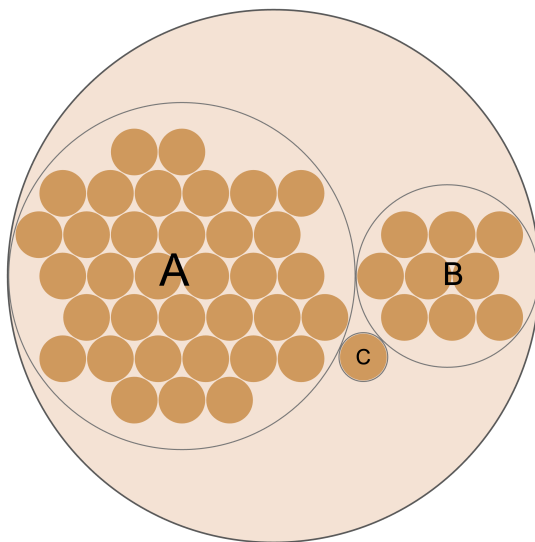
Subgrupo B: corresponde a los artistas plásticos cuyo trabajo se centra en la cerámica como medio expresivo. La menor cantidad de nodos sugiere una presencia limitada dentro de la comunidad total.

Nodo C: representa a las personas no clasificadas (p. ej., aquel que se desconoce su grado académico).

El contorno que las separa señala que, si bien comparten el mismo campo material, operan bajo motivaciones y dinámicas creativas distintas (enfoque artístico frente a enfoque funcional).

Figura 12

Estructura de la comunidad ceramista



Nota. Elaboración propia.

Enfoques teóricos en la elaboración de vidriados cerámicos

Los siguientes capítulos tienen como objetivo establecer los fundamentos de la investigación a partir de la definición de términos, la descripción de procesos y la exposición de métodos relacionados con la cerámica y los vidriados. Su estructura se organiza en seis apartados principales que permiten construir al marco conceptual y metodológico.

En primer lugar, se abordan las bases de la cerámica, donde se presentan los conceptos esenciales y las principales clasificaciones necesarias para ofrecer un panorama general que facilite la comprensión del resto del capítulo.

En segundo lugar, se habla de la composición y formulación de los vidriados, explicando el comportamiento de los materiales a partir de principios de la química aplicada a la cerámica, lo que permite comprender la lógica detrás de las fórmulas de los vidriados.

En tercer lugar, se examina la incorporación de cenizas vegetales en los vidriados, considerando tanto el proceso de obtención de las cenizas como sus propiedades químicas.

En cuarto lugar, se presentan las técnicas de análisis de la composición química de cenizas vegetales, esenciales para determinar su pertinencia en la formulación de vidriados. Se incluyen métodos instrumentales y de laboratorio que permiten identificar con precisión los óxidos presentes, así como su concentración relativa.

En quinto lugar, se revisan los métodos de preparación y aplicación de los vidriados, Este apartado contempla también los posibles defectos que pueden aparecer tras la quema.

Finalmente, en sexto lugar, se reflexiona sobre el desarrollo de la producción cerámica sostenible. Aquí se integran los aspectos técnicos con consideraciones ambientales y sociales, destacando la importancia de promover prácticas responsables que reduzcan el impacto ecológico y fomenten el aprovechamiento de recursos locales en la creación de vidriados.

Capítulo 3. Bases de la cerámica

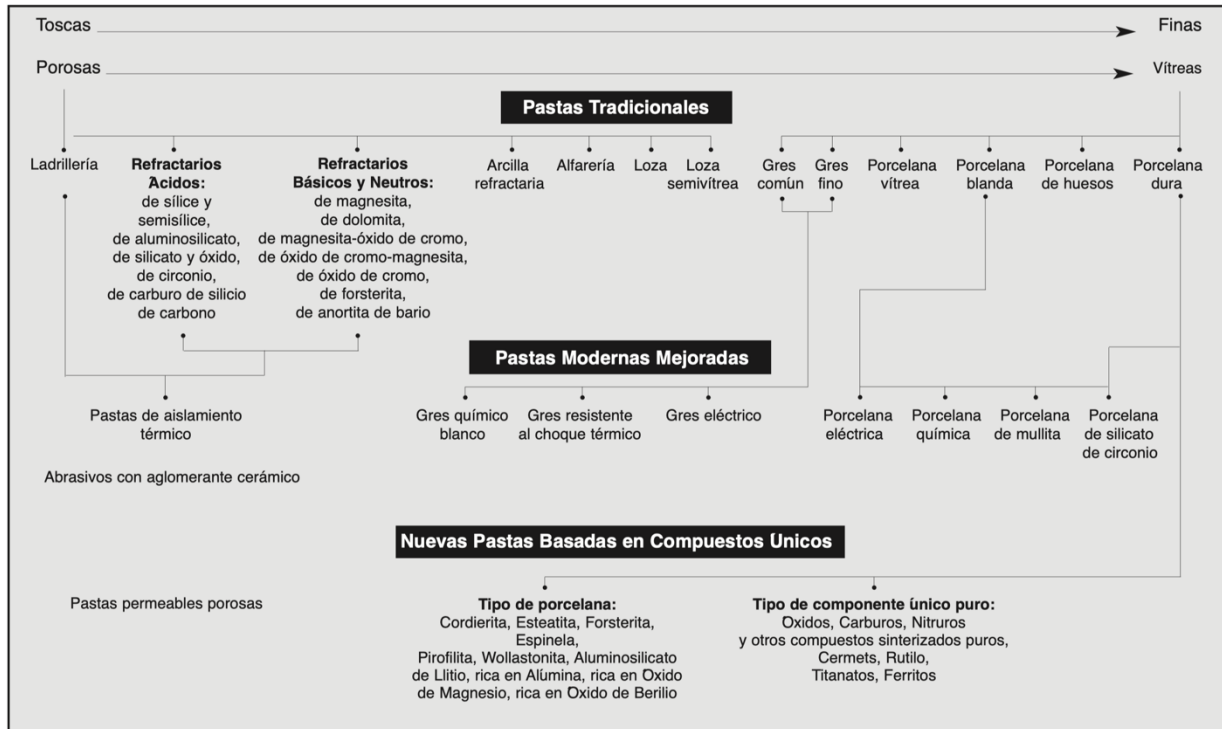
3.1 Definición de la cerámica

Emma del Carmen Vázquez (2005) define a la cerámica como el resultado de una combinación de sustancias minerales y que el término tiene un concepto ampliamente modificado con los años, donde en un principio se definió como el resultado de la arcilla extraída directamente de la tierra a la que se añade agua, es trabajada en crudo y es modificada por el calor.

De acuerdo con Félix y Sonja Singer (1979), la cerámica se divide por el tipo de uso destinado y materiales que la componen, y la clasifican en tres grandes grupos. El primero nombrado *pastas tradicionales*: Cuyo componente principal es la arcilla o bien, es combinada con sílice y feldespato. El segundo grupo nombrado *pastas modernas mejoradas*: Derivadas de las tradicionales, adicionadas con materiales que modifican sus características, son de uso especializado en el área química e ingenieril. Y el tercer grupo denominado *nuevas pastas basadas en compuestos únicos*: Derivadas de las anteriores, con presencia mínima de arcilla o ingrediente único, estas tienen aplicaciones específicas (véase figura 13). A su vez los autores Singer y Singer, consideran diversas áreas de aplicación de la cerámica, las cuales dividen en siete subgrupos: cerámica para la construcción, para el hogar, para el área química y técnica, cerámica especializada para laboratorios e ingeniería, cerámica eléctrica, refractaria y cerámica aislante térmica.

Figura 13

Clasificación de las pastas cerámicas



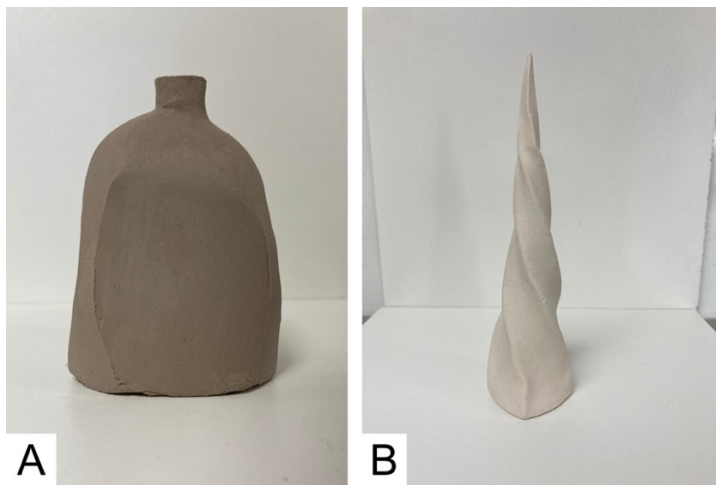
Nota. Tomado de Materiales cerámicos. Propiedades, aplicaciones y elaboración. (p.9) por Vázquez, 2005, D.G. Irlanda Shelley del Río.

La pasta cerámica que se utilice deberá ser trabajada mediante técnicas de amasado y modelado para la producción de piezas. La pasta cerámica tiene diferentes *estados* en los que puede trabajarse. Su estado es plástico cuanto tiene “Consistencia en la cual, una pasta puede ser modelada sin agrietarse” (Vázquez 2005). Se considera un material maleable por la cantidad de humedad que posee. Un ejemplo de una pieza en este estado se observa la figura 14-A.

Una vez que el material va perdiendo la humedad, se vuelve seco y duro (véase figura 14-B), llamado dureza de cuero, “Estado de la arcilla parcialmente endurecida, pero que aún conserva cierta humedad” (Vázquez 2005). Sigue siendo posible volver a moldearlo, si se vuelve a humectar.

Figura 14

Estados del barro: plástico y cuero



Notas. (A) estado plástico y (B) dureza de cuero. Las dos piezas están hechas de la misma pasta cerámica. Piezas por Yamir López, fotografías propias.

Para lograr que el material no sufra cambios en su forma, los cuerpos cerámicos son sometidos a temperaturas de calor y donde sufren una transformación química dada por el proceso de cocción.

3.2 Temperatura de cocción

Según Vázquez (2005) “la temperatura de quema es aquella a la cual debe de ser sometida una pasta para que alcance a desarrollar todas sus propiedades”. Esta depende de la composición química de la pasta. Refiere que para las pastas tradicionales se clasifican las siguientes temperaturas de quema: *Pastas de baja temperatura: 850°-1050°C, pastas de media temperatura: 1100°-1200°C, pastas de alta temperatura: 1200°-1300°C y pastas de gres. 1200°-1450°C.*

3.3 La cocción

Para lograr estas temperaturas, las quemadas se realizan en hornos especializados. Existen diferentes tipos de horno, según su tamaño y funciones. Además, pueden proporcionar atmósferas de quema, en función de la presencia o ausencia de oxígeno. Los distintos tipos de atmósfera que se pueden generar son: *oxidante y reductora*. María Dolors Ros i Frigola (2017) define atmósfera oxidante “cuando hay exceso de oxígeno” y atmósfera reductora “cuando se

produce una combustión”. Jaqui Atkin (2022) menciona que la oxidación generalmente se hace en un horno eléctrico, mientras que la reducción, se realiza en hornos de gas, madera u otros que requieran de material combustible.

Como señala Atkin (2022) la cerámica se cuece en dos fases, *bizcocho* y *vidriado*. La cocción de bizcocho es el proceso del cambio de estado de la arcilla, químicamente la composición de la arcilla cambia, se vuelve un material frágil pero duro, poroso al agua. El material maleable se transforma en otro que mantiene su forma. En el proceso de la cocción de vidriado los cuerpos cerámicos obtienen el acabado final en la superficie, pudiendo ser este resultado definido por el tipo de vidriado utilizado. Se pueden observar los ejemplos que se muestran en la figura 15.

Figura 15

Tipos de cocción: bizcocho y vidriado



Notas. Se observan los ejemplos de cocción de bizcocho a la izquierda y cocción del vidriado a la derecha. Piezas y fotografías propias.

En general la cocción debe iniciar lentamente e ir aumentando la temperatura por hora hasta alcanzar los grados necesarios para el tipo de pasta que se esté manejando en ese momento. Posterior a la quema las piezas deben tener un enfriamiento adecuado, este debe ser lento ya que un cambio de temperatura brusco ocasionará la contracción del material produciendo agrietamientos o lesiones. Para tener un control en las temperaturas existen las

curvas de cocción de bizcocho y de vidriado (Birks et al., 1995), que indican el aumento de temperatura por hora. Los ceramistas pueden programar su propia curva de cocción o bien utilizar curvas pre diseñadas por el fabricante del horno (Atkin, 2022).

3.3.1 Medición de la temperatura de cocción

Es imprescindible regular con precisión la temperatura del horno para todo método de horneado. Para ello Joaquim Chavarría (2014) destaca que se pueden utilizar 3 tipos de sistemas de medición, el *pirómetro*, los *conos pirométricos* y el *color de la cocción*. Aunque el tercer sistema hace referencia a la observación para la interpretación de la temperatura mediante el color del fuego, por lo que requiere de vasta experiencia.

El pirómetro funciona a través de un termopar (véase figura 16), el cual es un circuito compuesto con puntas de diferentes aleaciones metálicas, conformado por una parte que se coloca en el interior del horno y otra que se conecta a un indicador. Produce un voltaje que se registra en el indicador y se determina la temperatura del horno. Algunos hornos poseen esta herramienta de lectura digital que además permite programar las curvas de cocción.

Figura 16

Termopar



Nota. Fotografía propia.

Los conos pirométricos son medidores de temperatura hechos de material cerámico calculado para deformarse a determinadas temperaturas que se enumeran, y en conjunto con su forma determinan la temperatura alcanzada (véase figura 17). Generalmente se utilizan independientemente que el horno tenga pantalla y pirómetro, pues son una forma segura de verificar que las temperaturas sean las correctas. El uso de estos suele ser colocando tres conos el correspondiente a la temperatura que se desea alcanzar, uno de un cono menor, y otro de un cono mayor, también llamados conos guía (Leigh, 2025).

Figura 17

Conos pirométricos



Nota. Fotografía propia.

3.3.2 Equivalencias de temperatura Seger y Orthon

Chavarría (2014) destaca que existen dos equivalencias de temperatura, creadas por Herman Seger y Edward Orthon, las cuales indican una numeración equivalente a una temperatura que puede estar indicada en grados centígrados y fahrenheit. Dichas equivalencias varían en temperatura. Según Chavarría, dependiendo de la zona geográfica se utilizan las equivalencias, como por ejemplo Orthon en América y Seger en Europa. De esta forma, los conos pirométricos mencionados anteriormente siguen la numeración según correspondan a las equivalencias de Seger y Orthon (véase tabla 9).

Tabla 9*Equivalencias de temperaturas Orthon por Skutt*

Cono No.	°F	°C
022	1087	586
021	1112	600
020	1159	626
019	1252	678
018	1319	715
017	1360	738
016	1422	772
015	1456	791
014	1485	807
013	1539	837
012	1582	861
011	1607	875
010	1657	903
09	1688	920
08	1728	942
07	1789	976
06	1828	998
051/2	1859	1015
05	1888	1031
04	1945	1063
03	1987	1086
02	2016	1102
01	2046	1119
1	2079	1137
2	2088	1142
3	2106	1152
4	2124	1162
5	2167	1186
51/2	2197	1203
6	2232	1222
7	2262	1239
8	2280	1249
9	2300	1260
10	2345	1285

Nota: adaptado de Kiln master operating manual (p. 4) de Skutt, 2014.

Capítulo 4. Los vidriados: composición y formulación

4.1 Definiciones de barniz, esmalte, vidriado y cubierta

En la tabla 10 se muestra el análisis de las distintas definiciones del revestimiento cerámico revela que, aunque a menudo se usan como sinónimos, diversos autores establecen diferencias según época y enfoque. Esta variabilidad resalta la importancia de considerar el contexto y la precisión del lenguaje técnico en cerámica.

Tabla 10

Glosario de términos

Término	Autor(es) / año	Definición
Barniz	Morales (2005), p.123	“Cuando el recubrimiento del vidrio es delgado, transparente e incoloro” “Vidriado preferentemente transparente, delgado, de baja temperatura”
	Ros i Frigola (2017), p.84	“Vidriados transparentes o mates que pueden ser coloreados y que, generalmente, se aplican en mono cocción, aunque también es viable hacerlo en bi cocción”
	Fernández (2007), p.115	“Incorrecta denominación del esmalte cerámico que algunos traductores utilizan en lugar de la palabra <esmalte>. El término <barniz>, debe aplicarse a cubiertas no vítreas, que no precisan de cocción...”
Esmalte	Morales (2005), p.123	“Un esmalte es una sustancia de naturaleza vítrea que se aplica en forma de capa delgada sobre un soporte cerámico... constituido esencialmente por silicatos y borosilicatos complejos” “Composición vítrea, transparente u opaca, mate o brillante, incolora o coloreada, para cocer a distintas temperaturas”
	Ros i Frigola (2017), p.84	“Término más difundido y aceptado por todo el mundo. Se refiere a vidriados opacos en general”
	Fernández (2007), p.36	“Cubierta vítrea o semi vítrea, transparente u opaca, brillante o mate, coloreada o incolora que, se aplica sobre las piezas cerámicas por razones funcionales y decorativas, sobre las cuales se funde dentro de un horno cerámico a temperaturas más o menos elevadas, hasta adquirir características deseadas para cada tipo de pieza...”
Cubierta	Vittel Claude (1978), p.83	“Debería reservarse a todos los vidriados o a las cubiertas coloreadas, mates u opacificadas, elaboradas para que puedan sufrir no importa qué temperatura”
	Morales (2005), p.123	“Grueso y opaco y oculta la apariencia del bizcocho”
	Ros i Frigola (2017), p.84	“Se refiere a los vidriados transparentes que se aplican encima de soportes cerámicos, decorados”
Vidriado	Ros i Frigola (2017), p.84	“Capa de vidrio preparada a partir de mezclas con distintos materiales que en la fusión se unen íntimamente a un soporte cerámico”
	Vittel Claude (1978), p.83	“Película vítrea que recubre a todos los productos cerámicos... se utiliza para impermeabilizar pastas...le dan valor en relación a su aspecto...dentro de las infinitas posibilidades, el ceramista se complace en descubrir colores y estructuras nuevas”
	Bataller (1987), p.1	“Compuesto químico de naturaleza amorfa... que se aplica y funde por la acción del calor y se adapta perfectamente encima de una determinada pasta cerámica”
	Vázquez (2005), p.47	“Se le conoce ampliamente como esmalte o barniz, aunque la denominación más adecuada es la de vidriado... es también resultado de una combinación de minerales constituida por óxidos en forma de polvo, que son aplicados en suspensión (mezclados con agua) sobre la pasta en verde o en sancocho, pero a diferencia de las anteriores, éstos son llevados hasta el punto de fusión transformándose en una capa de vidrio que al enfriarse cubre la superficie del cuerpo cerámico”

Nota. Se ordenaron los diversos términos y se colocaron las definiciones que los autores describen en sus publicaciones, indicando el año y página de la referencia.

Con motivos de establecer un entendimiento claro dentro de esta investigación, se utilizará el término *vidriado*. En completa concordancia con los autores mencionados en la tabla 10, un vidriado es un compuesto químico resultante de la combinación de minerales que mezclados con agua se aplican sobre una pasta compatible para luego ser sometidos a un punto de fusión determinado por su composición. Al enfriarse se transforma en una capa que cubre la superficie de un cuerpo cerámico. El vidriado no se visualiza sin un cuerpo cerámico. Se utiliza para impermeabilizar las pastas, además de aportar valor en el aspecto de color y textura. La variabilidad y estructura de los vidriados es infinita. Morales (2005) agrega otros factores que tienen influencia en los resultados de los vidriados cerámicos; el ciclo de cocción que involucran a la temperatura y al tiempo, la atmósfera del horno, la composición de los materiales, el soporte cerámico, la preparación, mezcla y técnica de aplicación del esmalte. Todo esto dentro de las posibilidades del ceramista. Además, los vidriados son calcificados de diferentes maneras.

4.2 Clasificación de los vidriados

Resulta difícil ordenarlos ya que pueden tener características combinadas, por lo que, según los autores que se mencionan en la tabla 11, se organizan en base a su experiencia, según las características que puede definir el resultado de un vidriado.

Tabla 11

Clasificación de los vidriados según diferentes autores

Autor	Clasificación
Vázquez (2005), p.48-49	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de madurez: baja temperatura (850°-1050°C), de media (1100°-1150°C) o de alta (1200°-1300°C). • Soporte en el cual se aplica el vidriado: Se refiere al tipo de pasta en donde la cubierta será sobrepuesta • Fundente principal: toman su nombre de los fundentes principales que les otorgan sus propiedades típicas: Vidriados alcalinos, vidriados plúmbicos y vidriados de boro. • Composición: Toman el nombre de la materia prima o componente dominante. Siendo los más importantes los de arcilla, feldespato, cenizas, mates de dolomita, mates de cal, etcétera. • Formación o preparación: crudos, fritos, de sal, o de reducción. • Aspecto: brillante u opacos, mates o transparentes, craquelados, con cristales, moteados, opalescentes, lustres, etcétera.

Autor	○ Clasificación
Vázquez (2005), p.48-49	<ul style="list-style-type: none"> • Color: pueden tomar el nombre directo de su color, suelen tener denominaciones particulares, como: Sangre de buey, Celadón, Temmoku.
Vittel Claude (1978), p.83	<ul style="list-style-type: none"> • Crudos: se preparan con materiales insolubles en el agua. • Fritados: se preparan con materiales solubles e insolubles en el agua.
Ros i Frigola (2017), p.84	<ul style="list-style-type: none"> • De sal: por la volatilización de la sal marina en el horno. • Temperatura de fusión • Posterior aplicación • Efecto sobre el producto terminado • Composición química
Chavarría (2014), p.13	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación: Crudos, fritados y mixtos. • Fundente: Plúmbicos, alcalinos y feldespáticos, entre otros. • Temperatura: muy alta, alta, media y baja. • Atmósferas: reductora y oxidante. • Pasta a la que se aplicará el esmalte: loza, gres, porcelana, entre otros.
Matthes (1990), p.39-40	<ul style="list-style-type: none"> • Brillantez: Brillantes, mates, semimates o satinados. • Transparencia: Transparentes y opacos. • Texturizados: Lisos, ásperos y rugosos. • Fundente principal • Componente principal • Color • Conformación y aspecto de la superficie: mate, cristalino, craquelado, transparente, entre otros. • Para determinados productos o pastas. • Características de formación: crudos, fritados, de reducción, entre otros.
Morales (2005), p. 126-129	<ul style="list-style-type: none"> • Según el tipo de fundente: plúmbicos, alcalinos, alcalinotérreos, bóricos. • Según sus caracteres ópticos y estéticos: Brillantes, mates, semi mates. Transparentes u opacos. Incoloros o coloreados. • Según el tratamiento previo: crudos o fritados. • Según el tipo de soporte cerámico: mayólica, loza, gres y porcelana.
Jones y Divito (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • Según su composición química: plúmbicos, alcalinos y mixtos. • Según el estado de sus componentes: crudos, fritados, o mixtos.

Nota. Se indican las clasificaciones de los vidriados que los autores describen en sus publicaciones, el año y página de la referencia.

De acuerdo con la revisión de las clasificaciones de los autores de la tabla 3, en esta tesis se plantea la siguiente clasificación:

- Por temperatura: Baja (850°-1050°C), media (1100°-1150°C) y alta (1200°-1300°C).
- Por el tipo de soporte cerámico: pasta en que se aplicará el vidriado (Mayólica, loza, gres y porcelana).
- Por el fundente principal: plúmbicos, alcalinos, alcalinotérreos, bóricos.
- Por composición: materia prima dominante; por ejemplo, vidriados de ceniza.

- Por tratamiento previo para su elaboración; fritos, crudos o de sal.
- Aspecto o apariencia: brillante, mate, semi mate, opacos o transparentes (deja ver o no la pasta), coloro o incoloro, liso o texturizado (craquelados, con cristales, al tacto o a la vista).
- Tipo de atmosfera de cocción: oxidación o reducción.

Con dichas características que conforman esta clasificación se toman en cuenta los puntos de vista de todos los autores mencionados, y con ellos se busca obtener un lenguaje apropiado para la descripción de resultados de las pruebas de esmalte que se realicen en el marco de esta investigación.

4.3 Química aplicada a la cerámica

Para el entendimiento de los próximos temas, profundizaremos sobre términos y aspectos teóricos de la química aplicada en la cerámica.

4.3.1 Elementos de la tabla periódica para ceramistas

Las propiedades y cualidades de los vidriados cerámicos dependen de la composición química de los materiales utilizados en su creación. Aunque teóricamente es posible emplear una amplia variedad de los elementos de la tabla periódica para diseñar estos vidriados, en la práctica, sólo un conjunto específico de ellos es frecuentemente utilizado debido a sus efectos comprobados y beneficiosos en las propiedades finales del producto cerámico.

Entre los elementos más relevantes para la fabricación de vidriados, se encuentran varios metales y no metales que contribuyen a distintas características como la coloración, textura, y durabilidad del acabado cerámico. Estos elementos se pueden clasificar en varios grupos: Los *alcalinos* y *alcalinotérreos*: Estos elementos son utilizados principalmente para modificar las propiedades físicas del vidriado, como la temperatura de fusión y la viscosidad. Por ejemplo, el calcio hace que el vidriado se funda a una temperatura más baja y mejora su durabilidad. Los *metales de transición*: Son útiles para la pigmentación de los vidriados. El cobalto produce tonos de azul profundo, el cobre puede generar verdes y rojos en condiciones de reducción, y el hierro puede variar entre tonos de amarillo, marrón y negro dependiendo de su concentración y del ambiente de cocción (oxidante o reductor). Elementos del *grupo del Boro*: Este elemento es

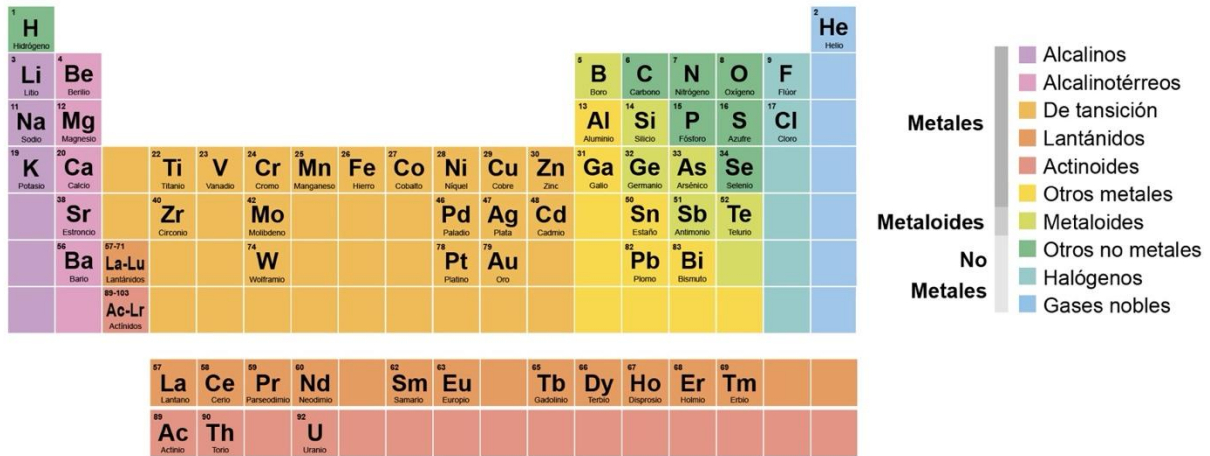
particularmente importante para mejorar la resistencia química y física del vidriado. El boro también ayuda a reducir la temperatura de fusión y mejora la brillantez del acabado. Los *silicatos*: El silicio es un componente fundamental de casi todos los vidriados cerámicos, ya que contribuye significativamente a la formación de la matriz vítrea que caracteriza a estos recubrimientos.

La selección de estos elementos y su proporción adecuada dependen del efecto deseado y de las características requeridas en el producto final.

En la figura 18, se muestran los elementos químicos utilizados en la cerámica, distribuidos en columnas que se denominan “grupo” y en filas denominadas “periodos” y a su vez divididas en tres categorías: metales, no metales y metaloides. Este esquema visual ayuda a comprender mejor cómo la composición química influye en las propiedades finales del material cerámico, permitiendo a ceramistas y diseñadores de materiales hacer elecciones informadas para lograr los resultados deseados (Bloomfield, 2024; Foro Química y Sociedad, 2019).

Figura 18

Elementos de la tabla periódica utilizados en la cerámica



Nota. Ilustración por Alejandra Ávila. Adaptado de Science for Potters. The potter’s periodic table p. 22 de Linda Bloomfield 2024 y de Química y sociedad. El ABC de la tabla periódica de la Federación Empresarial de la Industria Química Española 2019. <https://www.quimicaysociedad.org/tabla-periodica-de-los-elementos-quimica/>

4.3.2 Parámetros de los elementos para el entendimiento de la formación de un vidrioado

Cada elemento de la tabla periódica tiene características tales como el número atómico, el peso atómico, la energía de ionización, la electronegatividad, los estados de oxidación, su configuración electrónica, incluso sus electrones de valencia. De los cuales el único utilizado en cerámica es el peso atómico, ya que cuantifica en qué proporción se utiliza cada elemento, dándole al ceramista un indicio de que efecto en el vidrioado se esperaría con cada combinación de elementos (Matthes, 1990).

4.3.2.1 Peso atómico.

En la tabla periódica, el peso atómico de los elementos se expresa en unidades de masa atómica unificada (uma). Sin embargo, dado que esta unidad se basa en la misma referencia para todos los elementos, el peso atómico puede convertirse directamente a gramos por mol (g/mol). Esta conversión resulta en una cifra que indica la masa de un mol del elemento, equivalente al número de Avogadro, que es aproximadamente 6.022×10^{23} *atomos/mol* (Matthes, 1990).

4.3.2.2 Moléculas.

La combinación de elementos lleva a la formación de moléculas cuya masa molecular depende directamente de cuáles son los elementos que la componen y la cantidad de veces que se repite cada elemento en su composición. Como regla general, los compuestos se representan utilizando las fórmulas químicas en su forma molecular, donde se indican los elementos que la componen y la cantidad de átomos por elemento (Matthes, 1990; Rhodes, 1989). Por ejemplo, para el agua, su fórmula química H₂O indica que se compone de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Siguiendo con este ejemplo, la masa molecular del agua sería la suma directa de los dos átomos de hidrógeno y uno oxígeno, como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12

Conversión de peso atómico a masa molecular

Elemento	Peso atómico (g/mol)	Cantidad de átomos	Subtotal (g/mol)
Hidrógeno	1.008	2	2.014
Oxígeno	15.999	1	15.999
		Masa molecular (g/mol)	18.013

Nota. Se expresa la conversión del peso atómico de dos elementos a masa molecular.

4.4 La composición de un vidriado

Anteriormente se definió al vidriado cerámico como un compuesto químico resultante de la combinación de minerales, mezclados con agua. Dicha composición química, es la responsable de obtener un vidriado con diferentes características en infinitas posibilidades. Por ejemplo, un vidriado alcalinotérreo, oxidante, de baja temperatura, para loza, con aspecto coloreado, opaco y brillante, liso.

4.4.1 Formación del vidriado

Para comenzar esta descripción de manera sencilla tomaremos la explicación de Steve Mattison (2017) donde argumenta que el vidriado “Se compone de tres ingredientes básicos: sílice para formar el cristal, un fundente para controlar el punto de fusión del esmalte y la alúmina para estabilizar el esmalte y adherirlo a la pasta...” (p.178).

Dicho en otras palabras, la composición básica de un vidriado está dada por *óxidos ácidos*, mismos que tienen la característica de ser formadores de vidrio, también se les conoce como refractarios. *Óxidos básicos*, estos actúan como modificadores de los formadores de vidrio, bajando el punto de fusión, por ello también se les conoce como fundentes. A esta composición básica también se agregan los *óxidos neutros*, también conocidos como estabilizadores o anfóteros, estos son los encargados de mejorar las características del vidriado, como evitar el escurrimiento y mejorar la adherencia al cuerpo cerámico. “Con la mezcla adecuada de estos tres elementos: sílice, alúmina y uno o varios de los óxidos fundentes se obtiene generalmente un vidriado incoloro” (Vázquez, 2005, p. 52).

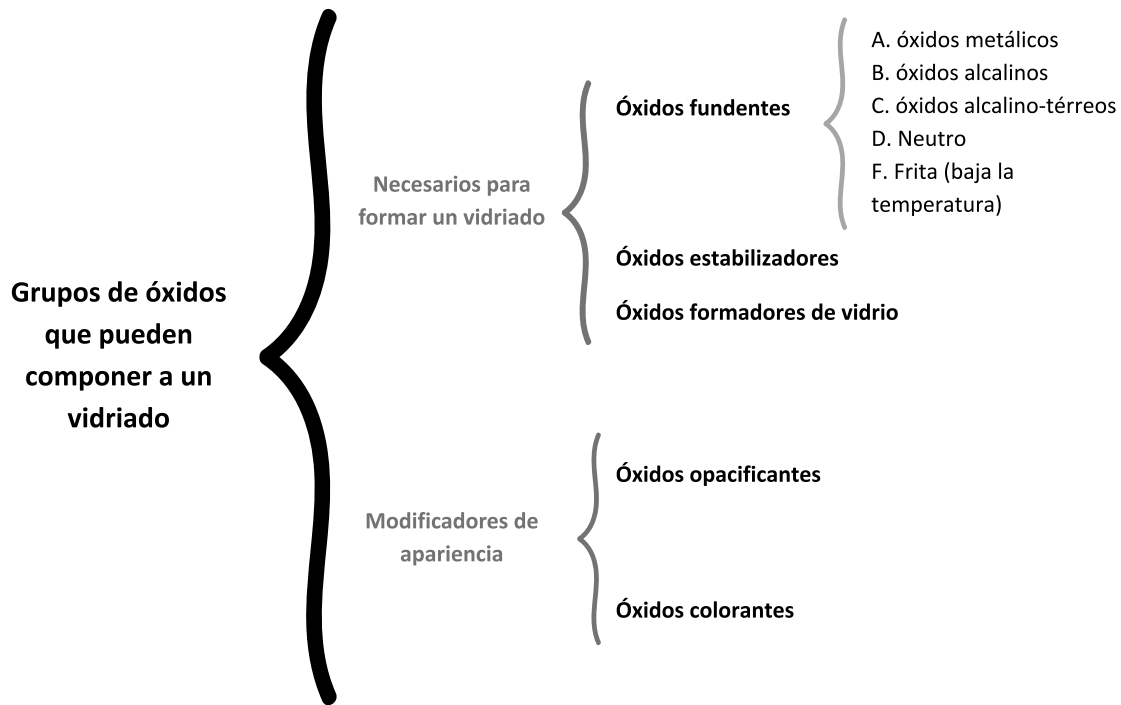
Por otro lado, es posible agregar otros óxidos a la composición base de un vidriado incoloro para modificar su apariencia, cuando se busca una textura o simplemente un color. Aunque, se debe considerar que estas pequeñas cantidades también pueden comportarse como modificadores en la refractariedad y el punto de fusión del vidriado (Vázquez, 2005).

En la figura 19 se muestra una síntesis de las agrupaciones de óxidos según Vázquez (2005). Teniendo en el primer grupo a los óxidos formadores de vidrio, óxidos estabilizadores y óxidos fundentes como los necesarios para formar un vidriado. Como segundo grupo a los óxidos opacificantes, óxidos colorantes y pigmentos comerciales que actúan como

modificadores de apariencia. Dentro del grupo de los óxidos fundentes existe un subgrupo que hace referencia a los tipos de óxidos provenientes de diferentes minerales.

Figura 19

Organización de los óxidos por grupos y subgrupos



Nota. Los grupos de óxidos están asociados por líneas de color que definen a los subgrupos. Diagrama por Alejandra Ávila, adaptado de Vázquez (2005).

Esta organización ayuda a entender de manera clara cómo actúan los materiales según el grupo al que pertenezcan.

Otra forma de representar una organización de óxidos es la que Herman Seger propuso en 1882, donde clasificó los óxidos en tres grupos: óxidos básicos ($R_2O + RO$), óxidos anfóteros (R_2O_3) y óxidos ácidos ($RO_2 + R_2O_5 + RO_3$), (véase figura 20). A diferencia con la propuesta por Vázquez, esta forma parte del método de cálculo molecular que se utiliza para la formulación de los vidriados, el cual se describe más adelante.

Figura 20

Clasificación de óxidos de Herman Seger

Fundentes			Estabilizadores	Refractarios				
Óxidos básicos			Óxidos neutros o anfóteros	Óxidos ácidos				
R ₂ O	+	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	+	R ₂ O ₅	+	RO ₃
Li ₂ O		MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂		P ₂ O ₅		CrO ₃
Na ₂ O		CaO	Fe ₂ O ₃	SnO ₂		Sb ₂ O ₅		VO ₃
K ₂ O		SrO	Co ₂ O ₃	ZrO ₂		Bi ₂ O ₅		
Ag ₂ O		BaO	Ni ₂ O ₃					
Au ₂ O		PbO	Cr ₂ O ₃			*B ₂ O ₃		
Cu ₂ O		FeO	Mn ₂ O ₃					
		CoO						
		NiO						
		CdO						
		MnO						

Notas. Adaptado de *Tecnología de los materiales cerámicos* de Morales (2005), p.21.

*El B₂O₃ excepcionalmente se sitúa en la columna de los óxidos ácidos.

En cada fórmula Seger aparecerán las fórmulas de los óxidos constituyentes, precedidas de unos coeficientes, que serán números enteros en las especies puras y que correspondan a la proporción en moles, siendo números fraccionarios cuando se trata de una mezcla de varias especies, repartidos en las tres columnas. Para que las fórmulas se puedan comparar entre sí, Seger impuso el criterio de que los coeficientes de la columna de los óxidos básicos sumen la unidad (Matthes, 1990; Vázquez, 2005).

4.4.2 Materias primas para los vidriados

Los diferentes grupos de óxidos mencionados anteriormente son aportados por materias primas. En la práctica no solemos encontrar a la venta los materiales por grupos de óxidos, sino que, encontramos materias primas formadas por compuestos químicos, que son ubicadas dentro de uno o varios grupos de óxidos en relación con su contenido ácido, básico o neutro. A continuación, se presenta la tabla 13 que organiza aquellos autores que describen las materias

primas con aportaciones distintas y que serán tomados como guía para la identificación y selección de materias primas en esta investigación.

Tabla 13

Materias primas para los vidriados

Autor y año	Publicación y páginas
*Vázquez (2005)	Materiales cerámicos. Propiedades, aplicaciones y elaboración. p. 9, 74-87
*Ros i Frigola (2017)	Cerámica artística. p. 84-95
**Morales (2005)	Tecnología de los materiales cerámicos. p. 12-13, 140-163
*Matthes (1990)	Vidriados cerámicos. p. 447-462
*Rhodes (1989)	Arcilla y vidriado para el ceramista. p.129-130

Notas. Se menciona al autor, año, publicación y páginas donde describe a las materias primas utilizadas para la elaboración de vidriados.

*El autor describe las materias primas principales y secundarias, que pueden ser utilizadas para conseguir el aporte en cada grupo de óxidos y sus propiedades.

**El autor proporciona tablas de los minerales que pueden componer a un vidriado, dados por las materias primas comúnmente utilizadas en la cerámica.

4.5 Sistemas para la formulación de vidriados cerámicos

Para la formulación de un vidriado cerámico se requiere de un conjunto de técnicas, métodos, equipos y procedimientos que a continuación, se describen.

4.5.1 Límites moleculares

Las fórmulas límite “señalan los límites de la composición, dentro de los cuales se pueden desarrollar de forma típica las distintas clases de vidriado” (Matthes,1990), en otras palabras, indican cuáles óxidos están incluidos en el vidriado y establecen un rango mínimo y máximo (en moles) para la cantidad de cada óxido. En la tabla 14 se indican autores que mencionan límites moleculares para diferentes tipos de vidriado. Dado que existen límites moleculares para las diferentes zonas de temperatura y tipos de vidriado, como ejemplo se muestra el diagrama de Rhodes (1989) de los límites de los óxidos fundentes en la figura 21 que puede servir como guías para desarrollar vidriados estables.

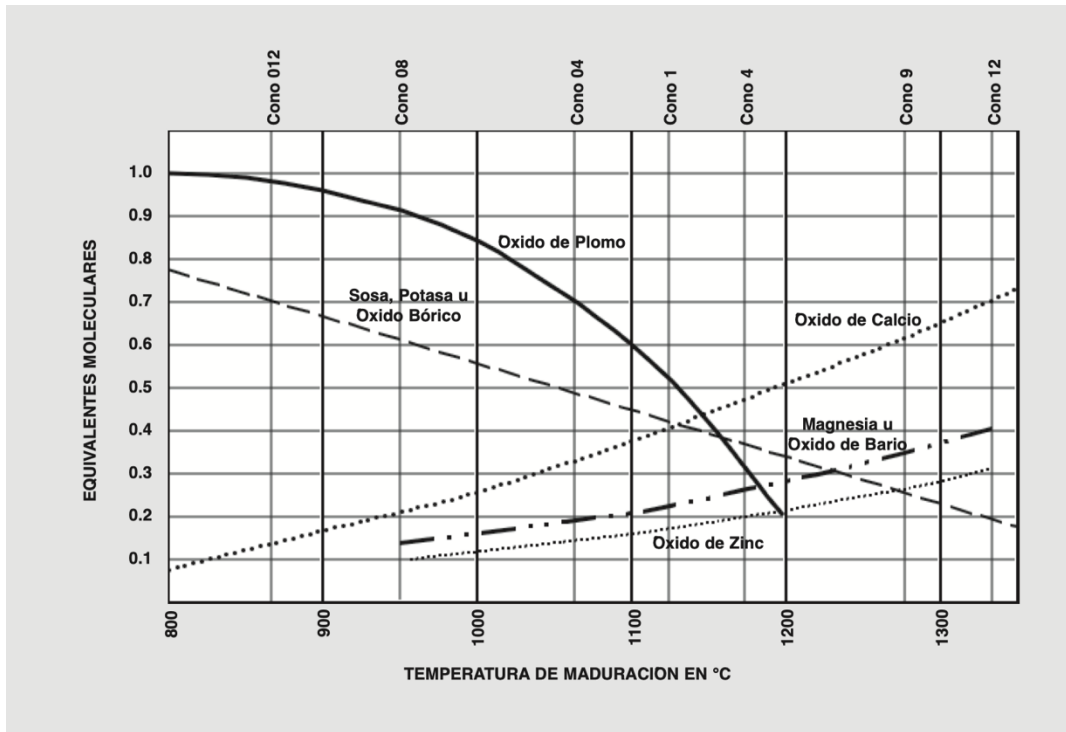
Tabla 14*Literatura que describe y establece límites moleculares*

Autor y año	Publicación y páginas	Límites que indica
Vázquez (2005)	Materiales cerámicos p.119	Vidriados alcalinos sin boro del 980°-1040°C, alcalinos con boro de 1000°-1180°C, vidriados transparentes para loza de 1040°C a 1140°C, vidriados sin plomo de 1160°-1200°C, vidriados para gres 1230°-1300°C y vidriados transparentes para porcelana 1250°-1460°C.
Cooper y Green (1979)	A Handbook of Pottery Glazes p.91	Vidriados de óxido de magnesio, Bario, Zinc, Calcio, Boro y Arrojadita, desde los conos 5 al 10.
Rhodes (1989)	Arcilla y vidriados para el ceramista p.162-165	Vidriados alcalinos desde el cono 08 al 04 Vidriados de colemanita del cono 2 al 5 Vidriados para loza y porcelana desde el cono 8 al 12.
Wolf Matthes (1990)	Vidriados cerámicos p.44-47	Vidriados con plomo Vidriados alcalinos Vidriados de opacidad blanca Vidriados de opacidad blanca sin SnO ₂ Vidriados crudos o de fritas sin plomo Vidriados de borato de calcio o colemanita Vidriados mates Vidriados cristalinos Vidriados rojo de níquel Vidriados rojo de cromo Vidriados rojo de china Vidriados con efectos de manchas de aceite Vidriados tenmoku Vidriados para gres Vidriados para azulejos de estufa con plomo Vidriados transparentes para loza Vidriados transparentes para porcelana
Ian Currie (2001)	Stoneware Glazes p. XII	Vidriados de acuerdo con el fundente predominante: piedra caliza, feldespato, magnesio, bario, zinc y bario alcalino.

Nota. Se indica al autor, año, publicación y página donde describe los límites moleculares. Se omitieron aquellos límites moleculares para vidriados que contienen plomo o cadmio, o algún otro componente tóxico.

Figura 21

Cantidades aproximadas de óxidos fundentes en los vidriados de Rhodes



Nota. El gráfico presenta los rangos aproximados de óxidos que pueden contener un vidriado a distintas temperaturas. Sin embargo, los valores no son absolutos ya que no considera la interacción entre óxidos, que finalmente es lo que determina el comportamiento del vidriado. Tomado de *Materiales cerámicos* de Emma del Carmen Vázquez (2005, p.95).

4.5.2 Relación alúmina-sílice

La alúmina y sílice son componentes que generalmente siempre están presentes en la composición de un vidriado cerámico. La sílice (SiO_2) es el óxido formador de vidrio con mayor disponibilidad y por lo tanto el más utilizado, al igual que la alúmina (Al_2O_3), que actúa como estabilizador. Cuando se combinan estos dos elementos, el punto de fusión de la mezcla tiende a ser inferior al de cada componente individual. La sílice tiene un punto de fusión de 1710°C , mientras que el de la alúmina es de 2050°C . Al mezclarse, estos materiales se funden a una temperatura más baja que cada uno por separado, aunque todavía considerablemente alta. Para reducir aún más el punto de fusión, se agregan los óxidos fundentes a la mezcla. Estos óxidos ayudan a bajar la temperatura a la que la mezcla se convierte en líquida, facilitando su manejo y aplicación en diversos procesos (Bloomfield, 2024).

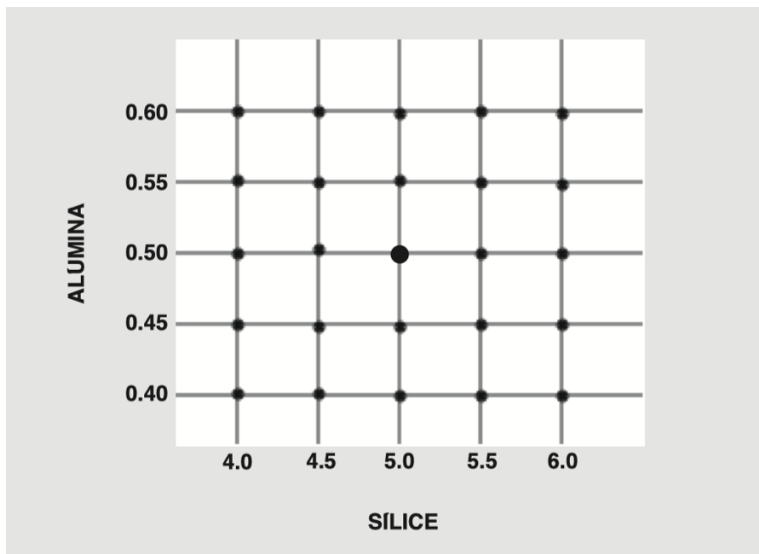
En los vidriados el contenido de alúmina y sílice es siempre crítico, ya que la cantidad de sílice en relación con las cantidades de fundentes combinados es el factor que controla principalmente el punto de fusión. La cantidad de alúmina tiene, siempre una influencia significativa sobre la textura de la superficie del vidriado, (Rhodes, 1989, p. 162-163).

Dicha relación entre los contenidos de sílice y alúmina deben considerarse al formular un vidriado. Para ello Vázquez (2005) utiliza un plano cartesiano que permite representar mezclas binarias. En este sistema de coordenadas, la sílice (SiO_2) se ubica en el eje "x", mientras que la alúmina (Al_2O_3) se posiciona en el eje "y", (véase figura 22). Se definen rangos de variación para cada eje, basados en los límites sugeridos por las fórmulas establecidas, dependiendo del número de pruebas que se desean realizar. Cada intersección en el plano cartesiano corresponde a una combinación específica de sílice y alúmina, creando una nueva fórmula molecular. Al modificar las proporciones de estos óxidos respecto a los óxidos fundentes, se inducen automáticamente cambios en las propiedades del vidriado.

Al igual que el resto de los óxidos, los autores especifican los límites y la relación entre cantidades de alúmina y sílice, por ejemplo, Ian Currie (2001) en su libro Stoneware Glazes. p.XIII indica los límites de alúmina y sílice para 8 conjuntos de esmaltes base y la composición de los fundentes. Cooper y Royle (1978) en Glazes for the potter p. 91 indican los límites de alúmina y sílice para esmaltes de 1200°C a 1300°C. Rhodes (1989) estableció en Arcilla y vidriados para el ceramista, p.163 un diagrama (véase figura 23) de relación de alúmina y sílice desde el cono 012 al 12.

Figura 22

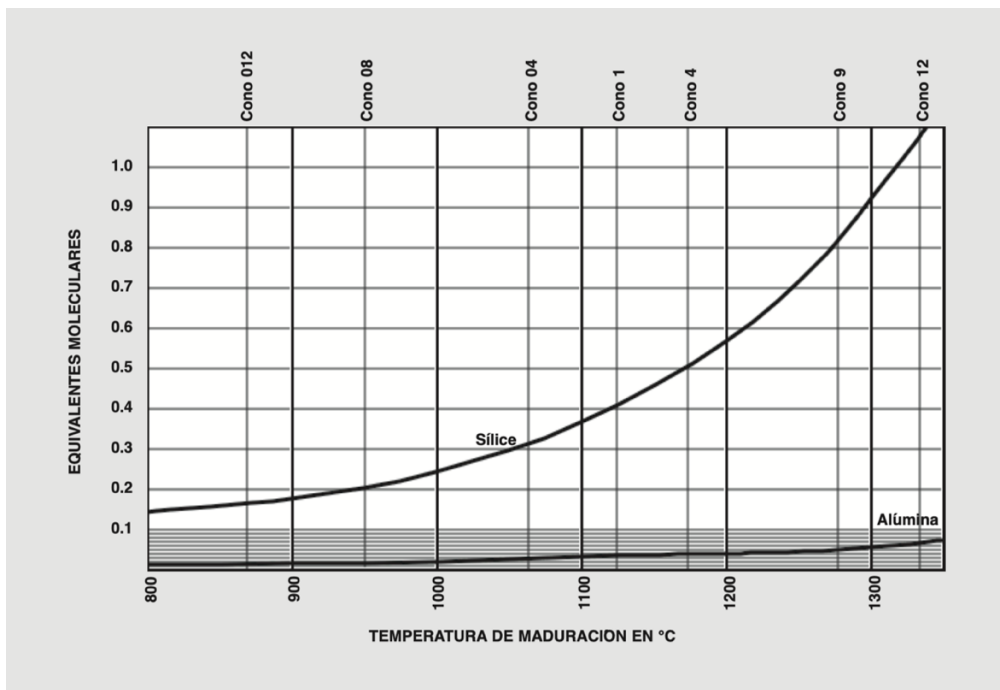
Sistema de coordenadas de alúmina y sílice



Nota. Tomado de *Materiales cerámicos* de Emma del Carmen Vázquez (2005), p.101.

Figura 23

Cantidades aproximadas de alúmina y sílice en los vidriados de Rhodes



Nota. Las cantidades relativas entre alúmina y sílice son casi constantes a las distintas temperaturas. Tomado de *Materiales cerámicos* de Emma del Carmen Vázquez (2005), p.99.

4.5.3 Relación entre los óxidos R_2O y RO

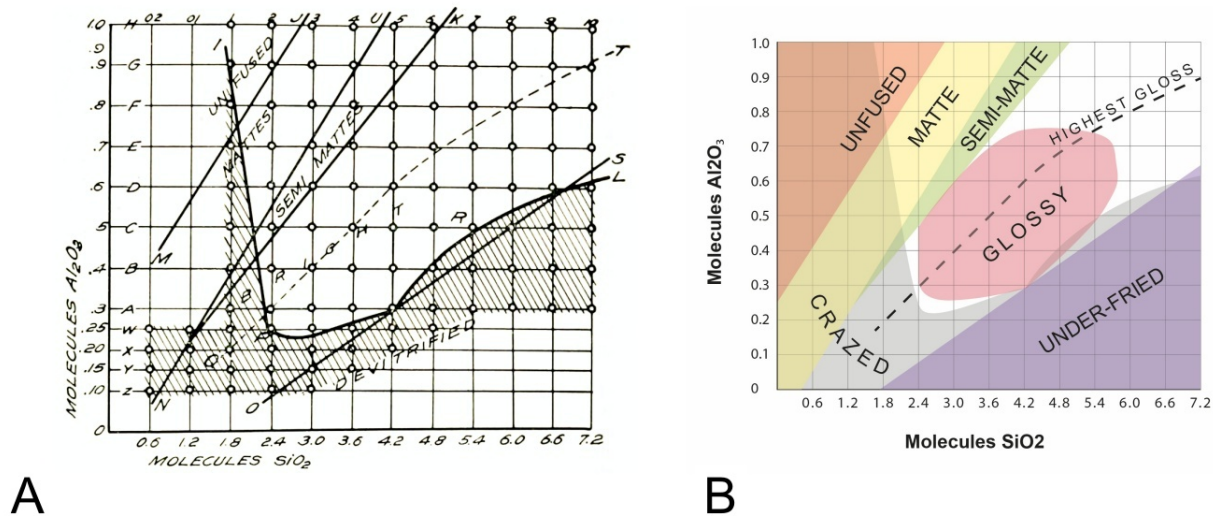
Mathew Katz (2016) se presentó en la 50va conferencia anual del National Council On Education For The Ceramic Arts, con el título *Glossed Over: Durable Glazes*, donde explicó que mediante pruebas experimentales comprobó que la mejor relación entre los óxidos fundentes (R_2O) y (RO) (véase figura 9) es 0.3 R_2O :0.7 RO aplicable para cualquier rango de temperatura y que la sobre abundancia de fundentes R_2O es un factor que promueve la fragilidad en los vidriados.

4.5.4 Diagrama de Stull

En 1912 Ray Thomas Stull desarrolló un diagrama que relaciona la alúmina y la sílice con las propiedades de los vidriados, permitiendo predecir resultados como mate, brillante o infra cocido. Esta herramienta, aún vigente, ha sido actualizada en Glazy.org con información complementaria, como las zonas de craquelado e infra cocción (véase figura 24).

Figura 24

Influencia de sílice y alúmina en vidriados de porcelana de la constante RO



Nota. Comparativa de la representación original de la influencia de sílice y alúmina en vidriados de porcelana de la constante RO.

- Tomado de *Cobalt colors other than blue* de R.T. Stull (1912) p. 19.
- Diagrama de los datos del diagrama original y el diagrama presentado en Glazy.org que señala las zonas por color para mejorar la visibilidad de la información. Ilustrado por Alejandra Avila.

En el diagrama se representan las siguientes zonas:

No fusionado “UNFUSED”: significa que tuvo una temperatura de cocción insuficiente, un tiempo de cocción incorrecto, o una formulación inapropiada del esmalte que no permite alcanzar el punto de fusión necesario. Como resultado, la pieza puede ser más frágil, porosa y menos durable. El esmalte puede aparecer opaco y áspero porque no se fundió adecuadamente.

Mate “MATTE”: Superficie no brillante. Los vidriados en esta región con alto contenido de alúmina son típicamente esmaltes mate "verdaderos". No refleja la luz, puede tener textura áspera al tacto, (Norton 1981).

Semi mate “SEMI-MATTE”: En esta región, los vidriados tendrán menos contenido de alúmina que los mate por lo que tomarán un aspecto de brillo moderado, textura suave y poca intensidad de reflejo.

Brillante “GLOSSY”: En esta región los vidriados tienen un acabado con alto nivel de brillo con una superficie suave y reflectante.

Craquelado “CRAZED”: Los esmaltes en esta región tienden a presentar una red de finas grietas o fisuras en la superficie, conocida como agrietamiento o craquelado (Morales 2005).

Infra cocido “UNDER FIRED”: Indica que el esmalte no ha alcanzado su punto de fusión adecuado durante la cocción, lo que resulta en un acabado que puede ser granuloso o mate y no ofrece una cobertura uniforme y suave. El vidriado no se adhiere bien al cuerpo de cerámica y puede no proporcionar una protección efectiva contra la absorción de agua.

Hasta este punto, vemos que los límites moleculares de los óxidos, la alúmina y sílice, permiten explorar sistemáticamente diferentes composiciones y sus efectos en las características finales del vidriado a partir de experimentaciones anteriores. Con ello, es posible hacer predicciones sobre cómo las variaciones en estas composiciones afectarán el resultado final, permitiendo un enfoque más dirigido y eficiente en el desarrollo de nuevos vidriados.

4.6 Diferencia entre receta y fórmula de vidriado

Es común encontrar ambos términos en los contenidos sobre vidriados, aunque aparentemente parecen tener el mismo significado, no es así. Por lo que es relevante aclarar sus diferencias.

4.6.1 Receta de vidriado

En la tabla 15 tenemos que en una receta se indica las materias primas y proporciones que componen al vidriado, es fácil de leer y se utiliza para preparar las mezclas de los vidriados (Bloomfield, 2024). Estas se utilizan una vez que han pasado por un proceso de formulación, experimentación y ajuste, pues para obtener una receta es necesario realizar un cálculo molecular, cuyos resultados se obtienen en fórmulas de vidriados, que determinan las proporciones de materiales. Generalmente las encontramos en libros de recetas, las podemos replicar para obtener los vidriados con las características que según el creador de la receta podemos obtener.

Tabla 15

Expresión de una receta de vidriado

Receta de vidriado cono 10	
Carbonato de calcio	20%
Feldespato	30%
Caolín	20%
Sílice	30%
	100%

Nota. Muestra la cantidad de cada material en porcentajes de peso. Adaptado de *Science for Potters* de Linda Bloomfield (2024), p. 89.

Para que el ceramista pueda preparar una receta de vidriado debe cuidar estrictamente los contenidos. Usualmente una receta no muestra composiciones químicas, solamente los nombres de las materias primas.

4.6.2 Fórmula de vidriado

En el ejemplo de la tabla 16 vemos que cada material de una receta tiene una fórmula química. La fórmula de vidriado indica la composición química de un vidriado, en cantidades

molares de óxido. En otras palabras, la fórmula del vidriado es la suma total de los óxidos que contienen los materiales en las proporciones moleculares que se dan en una receta (Bloomfield, 2024). Para crear una fórmula, es necesario conocer todos los parámetros que afectan al vidriado como, los pesos atómicos de las moléculas, los grupos a los que pertenecen los óxidos, temperatura de quema y límites moleculares. Cuidando todos estos parámetros se calculan los moles necesarios de los óxidos seleccionados para obtener un vidriado que tenga las cualidades esperadas.

Tabla 16

Expresión de una fórmula de vidriado

Fórmula de vidriado	
Material	Fórmula química
Carbonato de calcio	CaCO_3
Feldespato	$\text{KNaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$
Caolín	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Sílice	SiO_2

Nota. Muestra la fórmula química de los materiales. Adaptado de *Science for Potters* de Linda Bloomfield (2024), p. 89.

La fórmula molecular rara vez se utiliza directamente en la elaboración de vidriados, debido a que los componentes puros no están generalmente disponibles. En su lugar, los ceramistas trabajan con materias primas que contienen estos componentes en formas únicas o combinadas. Este enfoque es crucial en la formulación de vidriados, ya que requiere considerar tanto la disponibilidad como la composición específica de las materias primas. Asegurar un balance adecuado en la fórmula del vidriado implica un conocimiento detallado de cada ingrediente, su comportamiento en mezcla y cómo afecta las propiedades finales del producto. Esto permite ajustar las proporciones de los componentes para alcanzar las características deseadas, como la textura, el color y la durabilidad del vidriado.

4.7 Método de cálculo molecular de Seger

Este método permite establecer las cantidades en moles de los elementos que componen a un vidriado. El cálculo Seger se utiliza para sustituir materias primas que tiene una receta de vidriado, así como convertir una fórmula a receta y viceversa (Morales, 2005).

Para formular un vidriado, primero se define el tipo de vidriado que se quiere producir, especificando la composición molar de óxidos según los rangos definidos de las fórmulas límites. Se eligen las materias primas que suministren los óxidos que requiere la fórmula y se procede a calcular las proporciones precisas de estas materias primas en porcentajes. Generalmente, estos cálculos implican convertir fórmulas moleculares a porcentajes y de porcentajes a moles (Matthes, 1990; Norton, 1966).

A lo largo de este proceso de formulación, puede ser necesario realizar ajustes continuos en relación con los límites moleculares que según el método de Seger, la suma total de los moles de todos los óxidos que actúan como fundentes debe ser exactamente uno. Esto significa que al decidir cuánto de cada óxido incluir, las cantidades deben ajustarse para que su suma total no exceda ni sea menor que uno.

Otra manera de hacer ajustes en la formulación es revisando la proporción entre alúmina y sílice, utilizando para ello predicciones basadas en el diagrama de Stull. Los óxidos que proporcionan opacidad y color se añaden como complementos a la fórmula base que se ha desarrollado (Currie, 2001; Vázquez, 2005).

Una ventaja destacable del cálculo Seger es la flexibilidad en la selección de materias primas; permite optar entre utilizar las originalmente propuestas o sustituirlas por alternativas disponibles, lo que facilita la creación de vidriados con características únicas y personales (Vázquez, 2005).

Para preparar un vidriado creado a partir de su fórmula Seger, lo más conveniente es convertir en receta. Y viceversa, cuando se tiene una receta, pero no los materiales, se puede convertir la fórmula y sustituir las materias primas por las disponibles. Autores como Wolf Matthes (1990) p. 125-130 y Juan Morales (2005) p. 21-23, explican dichas conversiones. Sin embargo, Vázquez (2005) describe los procedimientos a manera de puntos, lo que puede

resultar más conveniente para su entendimiento. A continuación, se describen de manera breve los procedimientos de conversión de fórmula a receta y de receta a fórmula. Para consultar la explicación completa con ejemplos, ir a las páginas 121-125 del libro *Materiales cerámicos* de Vázquez (2005).

4.7.1 Conversión de fórmula a receta

1. Selección de materias primas: Elegir las materias primas que son fuentes de los óxidos requeridos por la fórmula, priorizando aquellas con mayor contenido de óxidos, que suelen ser más económicas y accesibles.
2. Documentación y organización: Registrar en una las materias primas seleccionadas, anotando junto a cada una su fórmula y peso molecular.
3. Asignación de óxidos y moles: colocar los óxidos junto con la cantidad de moles especificada por la fórmula, respetando el orden preestablecido.
4. Distribución de moles a las materias primas: Transferir la cantidad en moles de los óxidos, asignándoles a las materias primas que proporcionan exclusivamente estos óxidos. Para los óxidos como el SiO_2 , que múltiples materiales pueden aportar, el cálculo se realiza al final, teniendo en cuenta todas las contribuciones posibles.
5. Cálculo de peso por materia prima: Consiste en multiplicar la cantidad de moles requerida de cada una de las materias primas por su peso molecular. Por ejemplo, si el feldespato tiene un peso molecular de 642 y se requieren 0.2 moles, se multiplica 642 por 0.2, resultando el peso del feldespato en 128.4.
6. Conversión a porcentajes: Una vez obtenidos los pesos de cada materia prima, estos se suman para obtener el total de la mezcla. Luego, cada peso se divide entre el total y se multiplica por 100 para convertirlo en un porcentaje del total de la mezcla.

4.7.2 Conversión de receta a fórmula

1. División de porcentajes: Comienza dividiendo los porcentajes de cada una de las materias primas por su peso molecular. Esto resulta en la cantidad de partes moleculares de cada materia prima.
2. Cálculo de contribución de óxidos: Se multiplica la cantidad de partes moleculares de cada materia prima por los óxidos que aporta. Por ejemplo, si el feldespato sódico potásico tiene la fórmula $\text{KNaO} \cdot 1.15\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7.42\text{SiO}_2$ y su parte molecular es 0.04, se tendría 0.04 KNaO, 0.046 Al_2O_3 , y 0.297 SiO_2 .
3. Suma de óxidos: Al finalizar los cálculos, se suman los resultados para obtener las cantidades molares totales de los óxidos.
4. Normalización según el cálculo Seger: la suma de los óxidos fundentes debe ser igual a uno. Para lograr esto, se suman todas las partes molares de los óxidos fundentes y luego se divide cada total de partes mol de cada óxido por esta suma para normalizar a uno.
5. Organización final de los óxidos: Se acomodan los óxidos de acuerdo con el esquema propuesto por Seger, asegurando que los óxidos fundentes sumen exactamente uno.

4.8 Calculadoras digitales para vidriados

Otra forma de realizar estos procedimientos fundamentales para el ceramista. Es a través del uso de programas para cálculo de fórmulas de vidriados. Son herramientas que facilitan la creación de recetas de vidriados pues ayudan a manejar toda la teoría y práctica en un solo lugar, de una forma amigable y ordenada (Bloomfield, 2024).

A continuación, se describen algunas de las calculadoras más completas:

4.8.1 Glazy.org

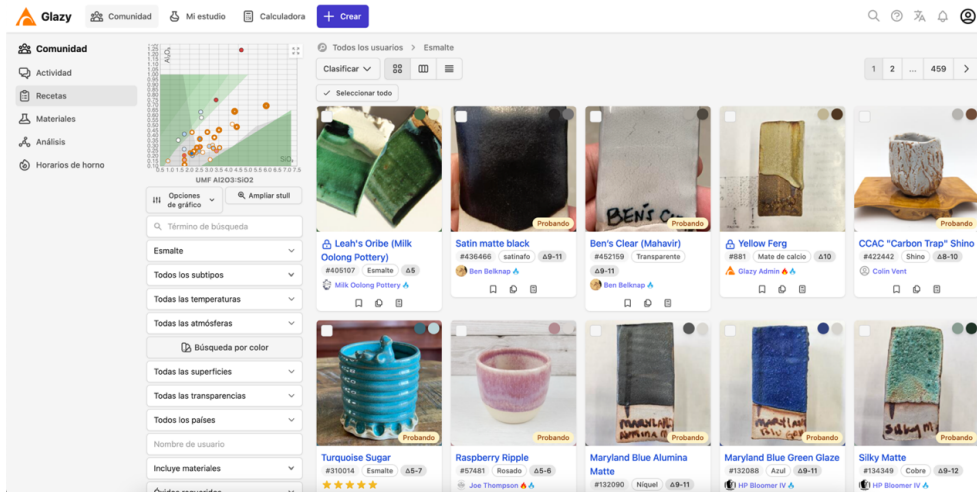
La página web permite registrarte para el uso gratuito de sus herramientas, donde se puede consultar el trabajo de otros ceramistas (figura 25), crear nuevas recetas (figura 26), realizar ajustes de vidriados y tener una especie de base de datos (liga de acceso:

<https://glazy.org/>). Cuenta con una versión de pago que habilita herramientas

complementarias. A medida que se agregan materiales y cantidades a la calculadora, el análisis químico de la receta se realiza automáticamente (véase figura 27).

Figura 25

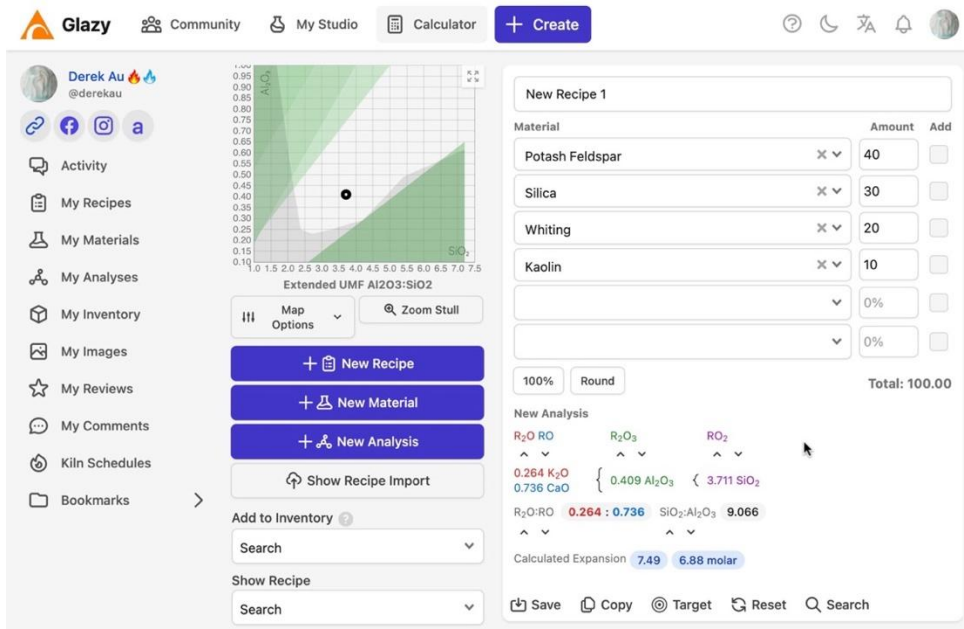
Recetas de la comunidad de Glazy.org



Nota. Se observa la sección de *comunidad* y la sub sección de *recetas*. Esta página se actualiza periódicamente. Captura de pantalla de Glazy.org (2024). https://glazy.org/search?base_type=460&photo=true

Figura 26

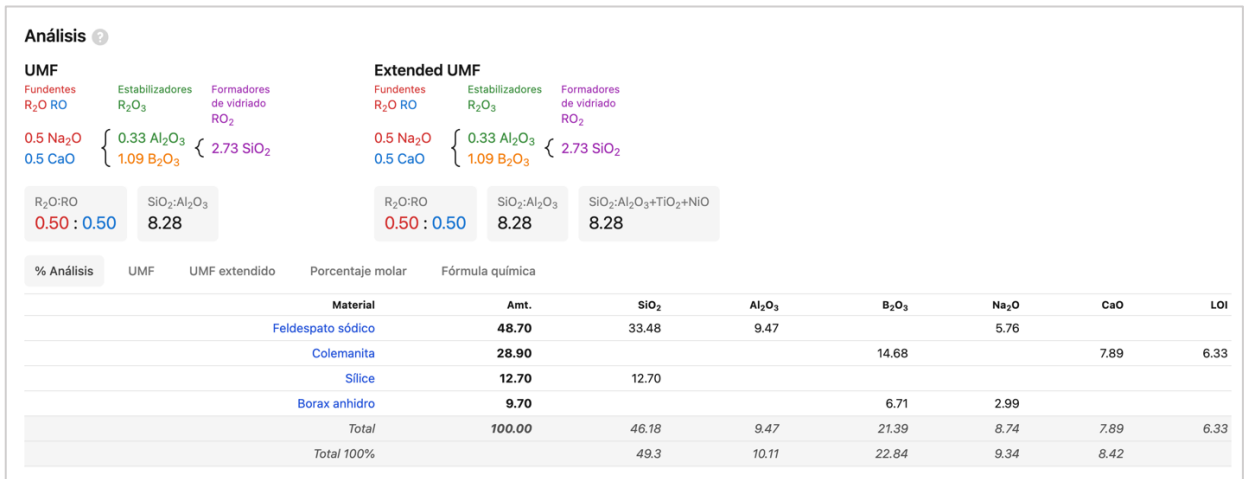
Nueva receta en Glazy.org



Nota. Se muestra la sección *crear* para calcular una nueva receta. Tomado de Glazy.org (2022). *Guide: calculator.* <https://help.glazy.org/guide/calculator/>

Figura 27

Análisis molecular de los componentes de la receta

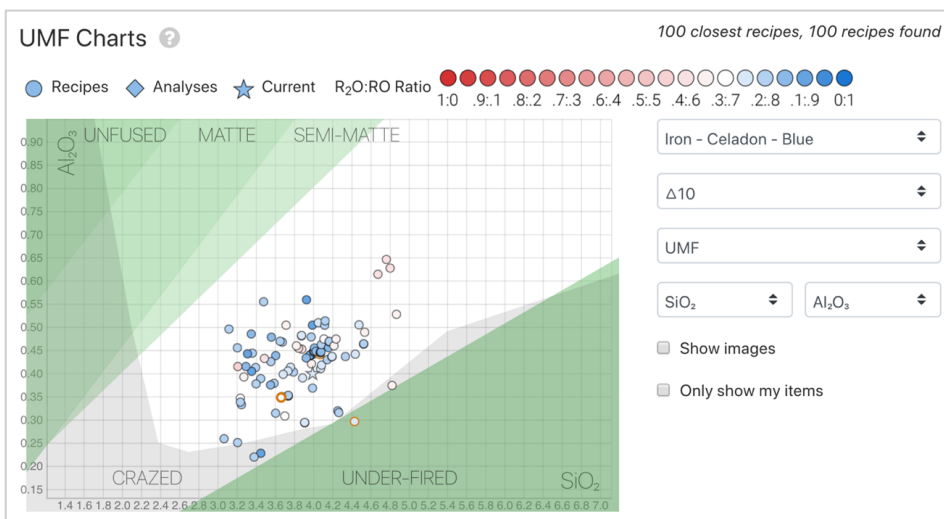


Nota. Visualización de los datos del análisis molecular, los datos cambian dependiendo de la receta. Para esta representación utilizó una receta propia. Captura de pantalla de Glazy.org (2024).

Cada receta de Glazy.org contiene un gráfico de UMF (*Unity Molecular Formula*). Que funciona de manera similar al diagrama de Stull. Este cuadro muestra las recetas más cercanas a la receta actual. La receta actual está representada por un símbolo de estrella, mientras que las recetas vecinas están representadas por un círculo (véase figura 28).

Figura 28

Gráfico UMF



Nota. Tomado de Glazy.org (2023). Guide: The unity molecular formula UMF chart. <https://help.glazy.org/guide/recipes/#the-unity-molecular-formula-umf-chart>

Tiene como valor predeterminado un eje de sílice (eje x) y alúmina (eje y), que es el más comúnmente utilizado cuando se analiza la química del esmalte. Estos se pueden cambiar a cualquier combinación de óxidos.

En el gráfico UMF cada punto que representa una receta tiene dos códigos de colores. El color interior del punto indica la relación entre los óxidos R_2O y RO . Las recetas con un alto contenido de RO presentan tonalidades rojizas, mientras que aquellas con un bajo contenido de R_2O exhiben colores azules, (véase figura 29). Recordando que esta proporción es necesaria para determinar la estabilidad y expansión térmica del esmalte, con el valor establecido por Katz (2016) se alcanza un equilibrio óptimo para vidriados estables (Glazy, 2023).

Figura 29

Relación $R_2O:RO$

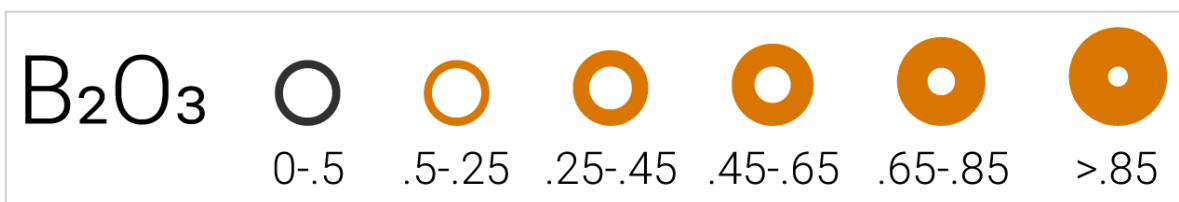


Nota. En la escala por color, el punto representado en blanco es la proporción ideal. Tomado de Glazy.org (2023).
 Guide: R2O:RO Ratio. <https://help.glazy.org/guide/recipes/#r2o-ro-ratio>

Por otro lado, si observamos la figura 30, el contorno de cada punto refleja la presencia y cantidad de boro en la receta. Un contorno naranja indica la inclusión de boro, y el grosor de este contorno varía según la cantidad de boro presente. Generalmente, los esmaltes que se funden a temperaturas más bajas contienen mayores cantidades de boro (Glazy, 2023).

Figura 30

Nivel de boro



Nota. Tomado de Glazy.org (2023). Guide: Boron level. <https://help.glazy.org/guide/recipes/#boron-level>

La calculadora Galzy.org es una herramienta muy completa, que facilita el entendimiento, procesamiento y organización de la información.

4.8.2 Online glaze calculator

Es otra calculadora que, aunque funciona de una forma menos gráfica, de igual manera muestra de manera organizada la información (liga de acceso: <https://www.online-glaze-calculator.com/es/fr2.php>). Permite realizar el cálculo de materiales para configurar nuevas recetas de esmaltes, realizar mezclas para probar diferentes relaciones Si/Al, también mezclas para probar la influencia de cualquier óxido de esmalte seleccionado, y sustituir uno o más ingredientes del lote (véase figura 31).

Figura 31

Interfaz de la calculadora Online glaze calculator

The screenshot displays the web interface of the Online Glaze Calculator. At the top, there is a navigation menu with buttons for Home, Calculator, Stull, My Glaze, Material, and Contact. Below the menu, there are two text input fields labeled '1: Test b' and '2: Test a', along with 'Use selected' and 'Delete' buttons. To the right, there are fields for 'User' and 'Password' with 'Login' and 'Register' buttons. A section titled 'Error Report' contains a message: 'Hi everyone, this is the beta version of the new, revised and expanded Online Glaze Calculator. Feel free to email your comments or suggestions. Please also note the survey. UC'. Below this is a toggle for 'Enter Recipe On/Off'. The main area is divided into two columns. The left column, titled 'Formula', lists various oxides with input boxes: MgO, CaO, SrO, ZnO, Li₂O, BaO, PbO, Na₂O, K₂O, Al₂O₃, B₂O₃, Fe₂O₃, SiO₂, TiO₂, SnO₂, ZrO₂, and P₂O₅. Below these are buttons for 'Unity', 'Analysis', 'Clear', and 'Calculate'. The right column, titled 'Glaze Properties', shows '- Out of calculation limits' and a 'Formula' input field with buttons for 'Mol', 'Analysis', 'Unity', and 'Mol%'. At the bottom, there is an 'Additives' section with a list of materials (CuO, CuCO₃, CoO, CoCO₃) and a slider, an 'Amount %' input field with right and left arrow buttons, and a 'Temperature Change' section with 'Out of calculation limits'. At the very bottom, there is a 'My Glaze' input field and an 'Upload Recipe' button.

Nota. Tomado de Online-glaze-calculator (s.f.) Calculadora de esmaltes en línea. <https://www.online-glaze-calculator.com/es/fr2.php>

Existen otras calculadoras digitales creadas por los propios ceramistas, algunas de ellas trabajan específicamente con los métodos propios del autor como por ejemplo la calculadora de Ian Currie (liga de acceso: https://ian.currie.to/original/calculation_page.htm) que utiliza para trabajar con el método que explica en su libro *Revealing Glazes - Using the Grid Method* publicado en el año 2000.

Capítulo 5. Vidriados de cenizas

En la elaboración de vidriados generalmente se trabaja con materiales comerciales, sin embargo, desde la antigüedad se han utilizado materiales naturales para preparar vidriados. En la actualidad algunos ceramistas realizan experimentos en la búsqueda de un retorno a los métodos del pasado (Rogers, 2023). En la elaboración de vidriados de ceniza se pueden utilizar cenizas de diferentes materiales comúnmente los ceramistas utilizan madera, plantas, rocas, conchas o residuos de alimentos, así como huesos de animales (Forrest, 2013).

En esta investigación nos concentramos en el estudio de vidriados de cenizas vegetales, ya que podrían ser una opción viable si se reutilizan residuos vegetales obtenidos de las podas de plantas, ya que son completamente biológicos y no representan peligro de toxicidad, además son económicos de producir (Ros i Frigola, 2017).

La eficacia de las cenizas puede variar ampliamente debido a la diversidad en su composición química, lo cual depende críticamente del tipo de vegetal utilizado, su lugar de crecimiento, la época en que se recolectan, el contenido de nutrientes y otros factores ambientales. Esto hace que sea difícil obtener dos muestras de ceniza completamente idénticas. Dado que la composición de las cenizas es tan variable, es crucial recolectar una cantidad significativa de material vegetal de una misma fuente, y realizar el proceso con todo el material para maximizar la uniformidad de las cenizas obtenidas. Esto facilita la replicación de resultados en los vidriados y ayuda a estandarizar parcialmente el proceso, (Forrest, 2013; Rogers, 2023; Ros i Frigola, 2017).

5.1 Selección de especies de plantas

En la revisión bibliográfica de los ceramistas que utilizan especies vegetales en la elaboración de vidriados cerámicos, se obtuvieron las características y aspectos que influyen en la recolección de plantas y su contenido químico (véase figura 1). De los cuales las características resultan implicadas en la facilidad de recolección y procesamiento, otras en el estado y apariencia de la planta que puede determinar los nutrientes absorbidos durante su crecimiento y a su vez influir en los contenidos químicos de las cenizas.

De manera que, se tomarán en cuenta los siguientes puntos para la recolección propia de esta investigación, (véase tabla 17).

Tabla 17

Aspectos para la selección y recolección de especies de plantas para la obtención de cenizas

Aspecto	Descripción
Nombre común de la planta y tipo Especie y/o familia de la planta	Se especifica si es árbol, arbusto, hierba u otro. Para especificar el tipo de planta por nombre común y científico.
Estado de conservación de la especie	Se indica la categoría y subcategoría en la que se encuentra la planta, Según la división de taxones de la UICN.
Localización y/o acceso a la planta	Se indica el lugar de recolección, especificando si es área de acceso libre o privada.
Tamaño y población de la planta	Se indican las medidas de la especie y edad aproximada.
Estructura de la planta	Se define que parte de la estructura de la planta específicamente se utilizará; hoja, rama, tronco o raíz.
Cantidad de material	Se define la cantidad de material recolectado y procesado hasta la obtención de cenizas.
Época y fecha de recolección	Se indica en qué estación del año fue recolectada y se escribe la fecha.
Estado y apariencia de las plantas	Se indica si esta se recolectó en estado verde o seco, en crecimiento o deshidratado.
Zona de crecimiento	Se indica el tipo de suelo del lugar de crecimiento de la planta.
Clima	Se indica el del lugar de crecimiento.

Nota. Características que se consideran para la selección de especies vegetales. Recopilación de los autores Miranda Forrest (2013), Phil Rogers (2023), Ros i Frigola (2017) y Chavarría (2014).

Para garantizar la claridad y precisión en la experimentación, es necesario establecer el registro de las especificaciones y características de las especies involucradas. La identificación precisa de estos aspectos es crucial para asegurar la consistencia y la replicabilidad de los experimentos, permitiendo así comparaciones válidas y confiables entre diferentes estudios.

Además, esta documentación detallada ayuda a prevenir errores en la interpretación de los resultados y facilita la revisión por parte de otros investigadores o instituciones.

5.2 Proceso de obtención de las cenizas

Para obtener las cenizas se comienza con la selección cuidadosa de residuos vegetales, específicamente identificando qué partes del vegetal serán utilizadas; raíces, tallos, hojas, o ramas. Es necesario que estos materiales estén completamente secos antes de proceder a la siguiente etapa. Una vez seleccionados, los residuos se queman en condiciones controladas para evitar la mezcla de diferentes tipos de vegetales, pues se podría alterar la composición química de las cenizas resultantes.

Tras la quema, las cenizas deben enfriarse naturalmente. Se recogen con cuidado para prevenir cualquier tipo de contaminación que pueda comprometer la pureza del material. Finalmente, se almacenan en un ambiente seco y se etiquetan adecuadamente según su tipo y características (Chavarría, 2014; Currie, 2001; Forrest, 2013; Rogers, 2023; Ros i Frigola, 2017).

5.2.1 Procesamiento de las cenizas

Consiste en los pasos consecuentes a la obtención de las cenizas, mediante los cuales se preparan para su integración en una receta para un vidriado cerámico. Las cenizas pueden utilizarse lavadas o sin lavar, en ambos casos se recomienda tamizar. Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas. Todas las cenizas vegetales contienen compuestos solubles, potasio, carbonatos, sulfatos y cloruros. Se debe eliminar cierta cantidad de estos, de lo contrario podrían causar problemas en la elaboración de la mezcla para el vidriado, por lo que se considera que se obtienen mejores resultados lavándolas (Rogers, 2023).

5.2.1.1 Tamizado en seco.

Esta técnica representa el método más simple para preparar la ceniza para esmaltes. Inicialmente, se tamiza en seco usando una malla gruesa, para eliminar impurezas como carbón y piedras. Luego, la ceniza obtenida se incorpora al lote de esmalte y se pasa a través de un tamiz o se procesa en un molino de bolas para obtener un tamaño de partícula fino. Esta preparación mínima asegura que, hasta este punto la ceniza no ha sido manipulada en exceso; se mezcla con los otros componentes del esmalte sólo en etapas posteriores. Este enfoque

permite que los fundentes solubles se conserven y se disuelvan en el agua del esmalte, contribuyendo eficazmente a la mezcla final (Forrest, 2013).

5.2.1.2 Lavado y tamizado.

Es la alternativa al tamizado en seco. Se comienza por añadir abundante agua y revolver la mezcla. El carbón presente flotará, facilitando su remoción con un colador grueso desde la superficie. Al verter la mezcla de cenizas en el agua permite que los sedimentos más pesados como arena y grava se asienten rápidamente.

El siguiente paso es filtrar la ceniza restante a través de un tamiz. Se deja reposar la ceniza en agua antes de decantar el agua. Ese paso se repite varias veces; el número de lavados varía según su preferencia y depende de cuántos fundentes solubles se desea eliminar. Una vez completados los lavados, se deja que la ceniza seque completamente para ser utilizada como componente en la preparación de vidriados. Las recomendaciones de medida para tamices van desde los 50 a 100 hilos (Currie, 2001; Ros i Frigola, 2017; Rogers, 2023). Wolf Matthes incluye una tabla comparativa de los tejidos de tamices (p. 505) en su libro "Vidriados cerámicos" publicado en 1990.

Miranda Forrest (2013), menciona que trabaja las cenizas siempre en húmedo ya que considera que son más fáciles de manipular considerando que al trabajarlas en seco se pueden dispersar con mayor facilidad. Phil Rogers (2023) contradice el planteamiento de Forrest, pues contrargumenta que la buena incorporación de las cenizas a una receta se hace cuando estas están completamente secas, debido a la precisión del pesaje.

En la tabla 7 de del capítulo 1, se incluyen las metodologías que siguen los ceramistas para la obtención y procesamiento de las cenizas por los ceramistas.

5.3 Clasificación de las cenizas

La clasificación de las cenizas es una forma de establecer un entendimiento sobre los contenidos de estas, lo que facilita la preparación de los vidriados.

En el trabajo de investigar los antecedentes de los vidriados de ceniza, se llevó a cabo un análisis de los estudios realizados por ceramistas que han utilizado esmaltes de ceniza. Esto incluyó una revisión detallada de las metodologías empleadas, identificando tanto coincidencias

como divergencias. Las cenizas pueden clasificarse por básicas por su alto contenido de materiales fundentes, ácidas por contener mayormente materiales refractarios y mixtas, que contienen ambos materiales en cantidades similares de acuerdo con Ros i Frigola (2017). Se pueden clasificar las cenizas una vez obtenida la composición química de las mismas.

Capítulo 6. Análisis químico cuantitativo

El análisis último o químico es “la separación teórica de un material en sus elementos, óxidos o minerales constituyentes” (Fournier y Torres, 1981, p.18). Cuando se tienen materiales como las cenizas que pueden ser integradas a la preparación de un esmalte, pero se desconoce su composición química, el análisis último es fundamental porque permite conocer con exactitud los elementos y óxidos que contiene un material y con ello es posible determinar cómo se puede utilizar en los vidriados. Como mencionan Zhang, et al., (2022) técnicas de difracción y fluorescencia de rayos X permiten hacer el análisis químico de los materiales para obtener los óxidos presentes en su composición. Estos análisis sustituyen al método gravimétrico y volumétrico anteriormente utilizados por los ceramistas, (Morales 2005).

En otras investigaciones autores como Wu, et al., (2019) y Hu, et al., (2022) han trabajado con la *Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF)* para conocer las composiciones de diferentes materiales en el área de la cerámica.

6.1 Análisis de composición química por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF)

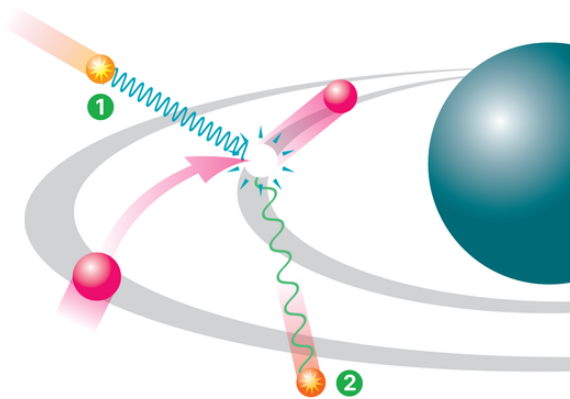
La técnica de XRF hace uso de un dispositivo emisor de luz con longitudes de onda en el rango de los rayos X y evalúa la manera en que la luz es reflejada con la ayuda de un receptor (De la Cruz Echaccaya, 2018; Ochandio et al., 1992; Rius et al., s.d.). La señal captada por el receptor es comparada con una base de datos que permite distinguir cuales son los elementos químicos que componen a la muestra. Adicionalmente, la cantidad de luz emitida es controlada para poder cuantificar la cantidad de cada uno de los elementos detectados. Es a través de esta técnica que se puede evaluar si las muestras analizadas son útiles para la formulación de esmaltes cerámicos (Hohemberger, 2002; Teixeira et al., 2008).

Los tipos de muestras que se pueden analizar con XRF van desde objetos sólidos, polvo, líquidos, pellets, entre otros. Esta técnica es capaz de determinar tanto la identidad como las proporciones de los principales óxidos en materiales como silicatos, carbonatos, sulfatos y fosfatos, abarcando rangos desde menos del 0,01% hasta el 100%. El proceso es rápido y no daña las muestras. En cuanto al funcionamiento del XRF, se requiere tan solo 0,5 g de material.

Banks (s.f.) explica que funciona proyectando rayos X sobre la muestra, lo que excita a ciertos electrones en los átomos presentes para que salten a órbitas de mayor energía. Cuando estos electrones regresan a su órbita original, emiten un fotón de rayos X (véase figura 32). Este fenómeno de emisión de Rayos X secundarios como respuesta a la excitación por Rayos X primarios se conoce como Fluorescencia de Rayos X. Los fotones emitidos tienen picos de frecuencia únicos, que actúan como una huella dactilar espectral, permitiendo identificar los elementos presentes en la muestra por sus longitudes de onda específicas. La intensidad de estas líneas espectrales proporciona la base para un análisis cuantitativo de los componentes de la muestra.

Figura 32

Proyección de los Rayos X



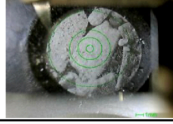
Nota. Tomado de Shimadzu Scientific Instruments (2024).

El equipo con el que se realiza la técnica genera un informe de análisis que contiene el porcentaje de elementos y compuestos químicos (óxidos) presentes en las muestras y un gráfico del espectro (véase figuras 33 y 34).

Figura 33

Ejemplo de informe de análisis químico de una muestra

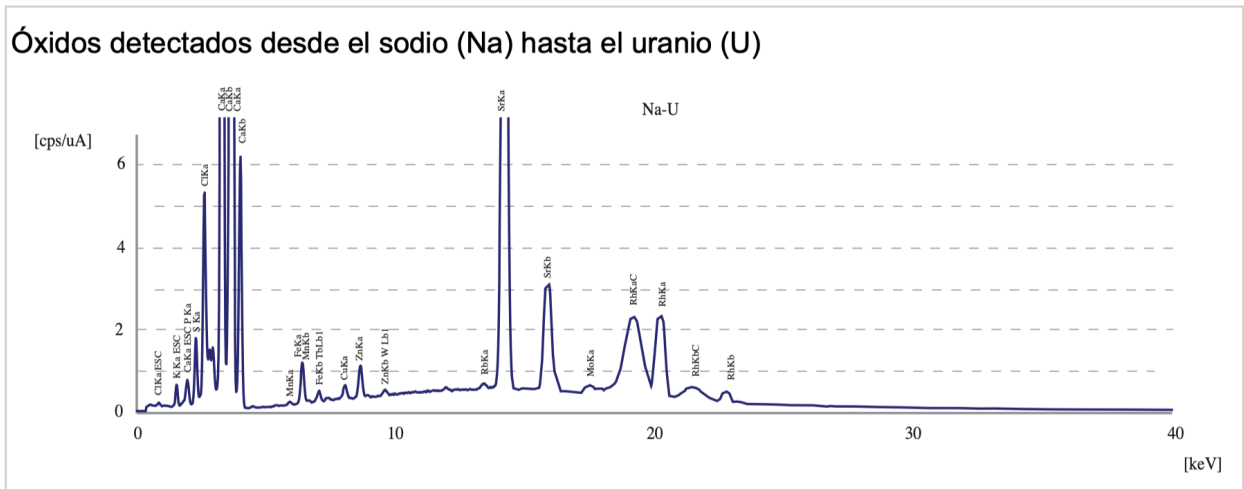
Sample Information							
Sample Name	Eucalipto						
Meas. Date	2024/10/10 01:40:43						
Comment	with mylar film						
Group	powder_oxide						
Operator	Jorge						
Measurement Condition				Collimator	10mm	Atmos.	Air
Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis Time	DT%	
Na-U	50	42-Auto	---	0 - 40	0.00-40.00	Live- 60	31
Quantitative Result							
Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity	
CaO	69.199	%	[0.173]	Quan-FP	CaKa	572.8168	
K2O	29.477	%	[0.218]	Quan-FP	K Ka	63.5657	
SrO	0.630	%	[0.003]	Quan-FP	SrKa	175.2232	
Fe2O3	0.356	%	[0.007]	Quan-FP	FeKa	6.7192	
SO3	0.120	%	[0.011]	Quan-FP	S Ka	1.4131	
Lu2O3	0.072	%	[0.009]	Quan-FP	LuLa	1.1567	
MnO	0.071	%	[0.007]	Quan-FP	MnKa	1.1351	
ZnO	0.051	%	[0.002]	Quan-FP	ZnKa	6.3547	
CuO	0.022	%	[0.002]	Quan-FP	CuKa	2.3555	
NiO	0.002	%	[0.002]	Quan-FP	NiKa	0.1378	



Nota. Reporte original de experimentación propia.

Figura 34

Ejemplo de gráfico del espectro de una muestra



Nota. Reporte original de experimentación propia.

Anteriormente en los antecedentes de investigación se revisó la literatura de los ceramistas que trabajan con esmaltes de ceniza, mismos que agregan tablas de contenidos químicos de las cenizas, las cuales se pueden encontrar en la tabla 18.

Tabla 18. Publicaciones sobre contenidos químicos de cenizas vegetales

Publicaciones sobre contenidos químicos de cenizas vegetales

Autor y año	Publicación
Bernard Leach (1981)	Manual del ceramista p. 236
Ian Currie (1986)	Stoneware glazes p. 199
Wolf E. Matthes (1990)	Vidriados cerámicos p. 479
Phil Rogers (2023)	Ash glazes p. 185
Bloomfield (2023)	Science for potters p.122

Nota. Se señala al autor y la página en la cual se encuentran los contenidos químicos de cenizas vegetales en cada publicación.

6.2 Cálculo de la fórmula de Seger a partir del análisis químico

Matthes (1990) argumenta que después de realizar un análisis químico de un material, cuyos resultados se presentan como porcentajes de óxidos, se procede a la conversión de estos porcentajes a moles. Para ello, cada porcentaje de óxido se divide por el peso molecular correspondiente del óxido. Luego, se suman los contenidos molares obtenidos de los óxidos básicos. Todos los valores molares se normalizan dividiéndolos por esta suma total de los óxidos básicos. Este paso es crucial porque, según la fórmula de Seger, se establece siempre con relación a un mol de los óxidos básicos, permitiendo una comparación estandarizada. Finalmente, los resultados se registran siguiendo el método de cálculo Seger, asegurando así que las proporciones queden correctamente equilibradas y comparables.

A partir de que se tiene una receta o una fórmula de vidriado, se puede dar paso al proceso de preparación para su posterior aplicación en las muestras de prueba.

Capítulo 7. Preparación y aplicación de los vidriados

La preparación consiste en varios procedimientos que se realizan para obtener una mezcla líquida homogénea y estable que se denomina barbotina del vidriado, la cual se aplicará a un cuerpo cerámico bizcochado para obtener al vidriado. Cada paso es importante y debe hacerse con cuidado para conseguir un vidriado con la menor variedad de defectos posible.

Por ello existen diferentes recomendaciones para la preparación de las mezclas (Atkin, 2022; Bloomfield, 2020). De la literatura se destacan los más utilizados por los ceramistas, que para fines de esta investigación se describen a continuación.

7.1 Pesaje

Los materiales deben pesarse en seco e individualmente en una balanza de precisión para asegurar que la receta tenga el contenido exacto, de no ser así los resultados podrían resultar diferente a lo esperados. A medida que se pesa cada material, debe añadirse al recipiente que albergará todos los ingredientes. Es imprescindible utilizar recipientes y herramientas distintos para cada tipo de material, evitando así la contaminación cruzada y asegurando la pureza de los componentes (Bloomfield, 2020; Norton, 1966).

7.2 Molienda

La molienda, es la mezcla de los ingredientes en seco, sirve para reducir el tamaño de las partículas de los materiales y a su vez los mezcla. “Según la cantidad de barbotina que se prepare de una vez y la finura del molino que se exija”, puede hacerse en un mortero de porcelana para cantidades de máximo 50 gramos, o en un molino de bolas para cantidades mayores (Matthes, 1990). Este paso es importante ya que “las temperaturas de madurez están directamente influenciadas por el tiempo de molienda”, (Norton, 1981). Por lo que debe hacerse cuidadosamente durante un tiempo definido antes de pasar a lo siguiente.

7.3 Mezcla húmeda

Esta se realiza para agregar el agua a los ingredientes secos y obtener la barbotina del vidriado para su posterior aplicación. No hay relación alguna polvo-agua establecida, ya que algunas materias primas absorben más agua que otras (Rohdes, 1989).

7.4 Tamizado

Consiste en pasar la mezcla húmeda sobre una malla de entre 80-120 hilos. Esto se hace para eliminar impurezas y grumos, ya que estas pueden causar defectos en los vidriados. Además, mejora la homogeneidad de la mezcla, volviéndola uniforme en textura, lo que facilita su aplicación (Atkin, 2022; Bloomfield, 2020; Matthes, 1990).

7.5 Métodos de mezcla para la preparación del vidriado

A partir de que se entiende que los vidriados se forman de varios componentes, podemos establecer que estos deben ser preparados a partir de mezclas organizadas que permitan llevar un control y registro en la experimentación.

Ayudan básicamente a elaborar mezclas de manera ordenada y sistemática. Cada uno de ellos posee particularidades que los hacen más aptos para ser usados en un caso u otro...sólo la experimentación con ellos nos permitirá detectar sus posibilidades y limitaciones (Vázquez, 2005, p.89).

Diferentes autores mencionan los métodos que utilizan para la preparación de vidriados, en la tabla 19 se presentan a los autores y los métodos que describen.

Tabla 19

Métodos de mezcla por diferentes autores

Autor y año	Publicación	Métodos
Vázquez (2005)	Materiales cerámicos. Propiedades, Aplicaciones y Elaboración	Mezcla triaxial, p. 98-96
Currie (1986)	Stoneware glazes	Mezcla volumétrica, p.21-23 Mezcla lineal p.25-27 Mezcla biaxial p.25-27
Rogers (2023)	Ash glazes	Método lineal, p.73 Método de progresión, p.73 Mezcla triaxial, p.74
Norton (1981)	Cerámica para el artista alfarero	Variación de un componente, p.461 Variación de dos componentes, p.461-463 Variación de tres componentes, p.463-464
Taylor (2022)	The ceramics bible	Mezcla lineal, p.143 Mezcla Biaxial, p.143
Rhodes (1989)	Arcilla y vidriado para el ceramista	Mezcla lineal p.208 Mezcla ternaria p.209
Currie (2000)	Revealing. Using the grid method	Mezcla lineal de adición y cruzada, p.23-25 Mezcla biaxial, p.26-27
Forrest (2013)	Natural glazes	Método de rejilla, p.30-34 Mezcla lineal, p.60

Nota. Se indica el autor, la publicación y la página donde se encuentra la explicación del método.

Basado en la tabla 19 se explicarán los métodos, unificando aquellos que son el mismo procedimiento, pero están nombrados de diferente manera.

7.5.1 Variaciones de los componentes

Norton (1981) detalla que en las pruebas de esmaltes se pueden realizar variaciones en uno, dos o tres componentes. Este enfoque permite analizar cómo se comportan los materiales al ajustar sus proporciones y facilita la selección de las recetas más prometedoras para su posterior experimentación.

7.5.2 Tipos de mezcla

Los tipos de mezcla se refieren a los métodos empleados para incorporar proporcionalmente los componentes, seleccionando el método más adecuado según la variación de componentes que se desea explorar, de manera que se ajuste óptimamente a las necesidades específicas. Los tipos de mezcla que a continuación se describen son: mezcla lineal simple, mezcla volumétrica, mezcla biaxial, mezcla triaxial y método de rejilla.

7.5.3 Mezcla lineal simple

También llamado método de progresión, de adición o binario, es una prueba útil para descubrir cómo se comporta un componente dependiendo de sus proporciones. Se mezcla el componente principal con diferentes variaciones de cantidad del segundo componente. Por ejemplo (véase figura 35), un esmalte base transparente con diferentes porcentajes de un óxido colorante, se prepara la mezcla para 100% esmalte base + 1% de óxido, el porcentaje del óxido se va aumentando de uno en uno hasta el 5%. De esta forma se tendrían que hacer pruebas de 5 mezclas diferentes. En este tipo de mezcla lineal sirve para probar diferentes tonalidades de color (Taylor, 2022).

Figura 35

Mezcla lineal

Mezcla	1	2	3	4	5
Esmalte base	100%	100%	100%	100%	100%
Óxido colorante	1%	2%	3%	4%	5%

Nota. Adaptado de Taylor (2022).

7.5.4 Mezcla volumétrica

También llamada lineal cruzada, implica la mezcla de dos componentes o recetas diferentes, pero de la misma temperatura de cocción. Las mezclas se realizan combinando los materiales A y B en proporciones que varían del 90% al 10%. Por ejemplo, en la prueba 1 se utiliza un 90% del componente A y un 10% del componente B, ajustando gradualmente las proporciones en incrementos de 10% hasta llegar a la última prueba (véase figura 36). Este método requiere una cantidad fija de cada mezcla y resulta en un total de 9 pruebas distintas con variaciones en los componentes. No obstante, las pruebas donde uno de los materiales está presente al 100% (pruebas 1 y 11) son redundantes, por lo que no se incluyen en este protocolo de pruebas (Currie, 2001; Forrest, 2013; Rogers, 2023; Taylor, 2022).

Figura 36

Mezcla volumétrica

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Material A	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Material B	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Nota. Adaptado de Rogers (2023).

7.5.5 Mezcla biaxial

Este experimento se configura en un formato bidimensional con estructura de cuadrícula, como se observa en la figura 37, lo cual permite manipular hasta dos componentes. Cada fila de la cuadrícula ya sea horizontal o vertical, representa una mezcla lineal de las variables. Comúnmente, se emplea una rejilla de 5 x 7, lo que resulta en un total de 35 mezclas distintas (Currie, 2001).

Figura 37

Diagrama biaxial

A	1	2	3	4	5	B
	6	7	8	9	10	
	11	12	13	14	15	
	16	17	18	19	20	
	21	22	23	24	25	
	26	27	28	29	30	
C	31	32	33	34	35	D

Nota. Adaptado de Revealing. Using the grid method de Ian Currie (2000).

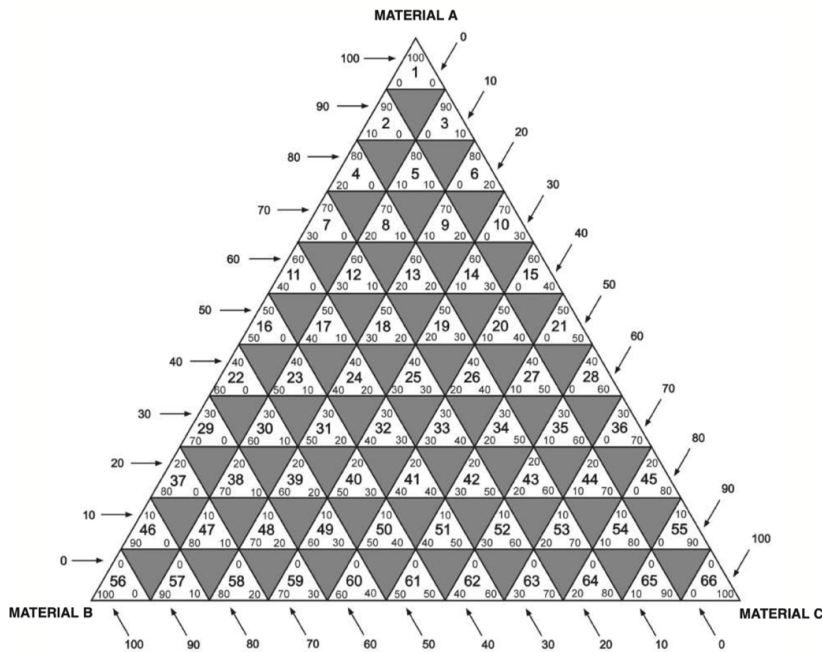
7.5.6 Mezcla triaxial

Se utiliza cuando se necesita variar tres componentes, se utiliza un triángulo equilátero como se observa en la figura 38, colocando materiales los puros en los vértices externos de los triángulos en las esquinas del diagrama triaxial, correspondiendo cada uno al 100% de un material, sin mezcla alguna. Progresando hacia el interior desde estos vértices, las proporciones disminuyen en decrementos del 10%, hasta llegar a 0% en los triángulos de la base. Cada triángulo interior del diagrama debe sumar 100% en total, reflejando las proporciones de los materiales según su posición inicial en el diagrama.

El método consiste en dividir cada uno de los lados de un gran triángulo equilátero, en un mismo número de partes, trazando con esas divisiones los triángulos que se forman al interior de éste. El número de divisiones depende del grado de complejidad que se requiera, ya que esto nos marcará el intervalo del porcentaje a usarse de cada material en nuestras mezclas. El más común consiste en dividir los lados del triángulo en 10 (+1) partes, obteniendo así 66 muestras con intervalos de 10%. Pero si se requieren intervalos de 20%, se dividirá en 5 (+1) secciones; o bien, para porcentajes de 5%, se dividirá en 20 (+1) secciones (Vázquez, 2005, p.89).

Figura 38

Diagrama triaxial



Nota. Tomado de *Materiales cerámicos* de Emma del Carmen Vázquez (2005), p.90.

Se colocan materiales puros en los vértices externos de los triángulos en las esquinas del diagrama triaxial, correspondiendo cada uno (triángulos 1, 56, 66) al 100% de un material seleccionado, sin mezcla alguna. Progresando hacia el interior desde estos vértices, las proporciones disminuyen en decrementos del 10%, hasta llegar a 0% en los triángulos de la base. Cada triángulo interior del diagrama debe sumar 100% en total, reflejando las proporciones de los materiales según su posición inicial en el diagrama. Vázquez (2005), plantea dos propuestas para elaborar mezclas complejas para vidriados. La primera implica situar en uno de los vértices del triángulo una mezcla de materiales en distintas proporciones, que en conjunto sumen la cantidad total correspondiente a ese vértice. Esta técnica es especialmente útil para recetas donde un material con variedad de componentes. La segunda estrategia consiste en establecer un porcentaje fijo para uno de los materiales y sustraer esa cantidad del total de 100%, creando así un nuevo diagrama triaxial con el porcentaje residual.

Este método facilita la exploración de combinaciones en las que se mantienen constantes las proporciones de uno de los materiales.

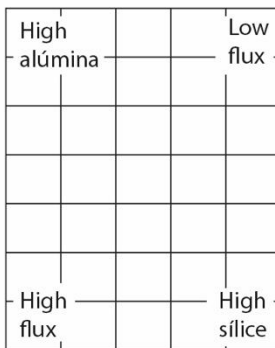
El total de mezclas requeridas puede disminuir significativamente al descartar todas aquellas combinaciones que no incluyan todos los materiales involucrados, específicamente aquellas en los triángulos ubicados en los bordes exteriores del diagrama triaxial. Esto reduce el número de mezclas necesarias de 66 a 36 (Vázquez, 2005).

7.5.7 Método de rejilla

Este método consiste en la variación de tres componentes en una rejilla bidimensional, (véase figura 39). Originalmente fue diseñado para visualizar los cambios en el vidriado cuando se varían las cantidades de alúmina, sílice y fundentes. Al trabajar con tres componentes lo usual es utilizar el método triaxial, sin embargo, de acuerdo con Ian Currie (2001) este método permite seguir obteniendo resultados óptimos reduciendo la cantidad de pruebas experimentales.

Figura 39

Método de rejilla



Nota. Adaptado de Revealing. Using the grid method de Ian Currie (2000).

7.6 Densidad de la barbotina

Posterior a la mezcla se mide la densidad de la barbotina para asegurar que esta no esté espesa o diluida, para una aplicación uniforme. Se mide en gramos/mililitro, e indica que tantos gramos de material hay por mililitro. La densidad de un vidriado varía según el método de

aplicación al que esté destinado; el tipo de esmalte, la temperatura de cocción y la composición específica. Por lo que se pueden utilizar valores de referencia comúnmente utilizados por los ceramistas como punto de partida. La medición precisa de la densidad y los ajustes basados en pruebas son esenciales. Es recomendable llevar un registro de las proporciones y los resultados obtenidos, para poder replicar o ajustar las recetas con precisión en el futuro (Rhodes, 1989).

7.6.1 Densidad de vidriados para diferentes métodos de aplicación

Para aplicación con pincel los esmaltes deben tener una densidad en el rango de 1.5 a 1.7 g/ml. Esta densidad ligeramente más alta ayuda a que el esmalte se adhiera mejor al pincel y se transfiera de manera eficiente a la pieza de cerámica sin gotear.

Para inmersión o vertido la densidad ideal tiende a ser más baja, generalmente entre 1.4 a 1.6 g/ml. Una densidad menor facilita que la pieza de cerámica se cubra de manera uniforme y rápida al sumergirla en el esmalte o al verter el esmalte sobre ella.

Estos valores son orientativos y deben ajustarse según los resultados deseados y las especificidades del esmalte y la técnica de aplicación.

7.7 Pruebas de vidriado

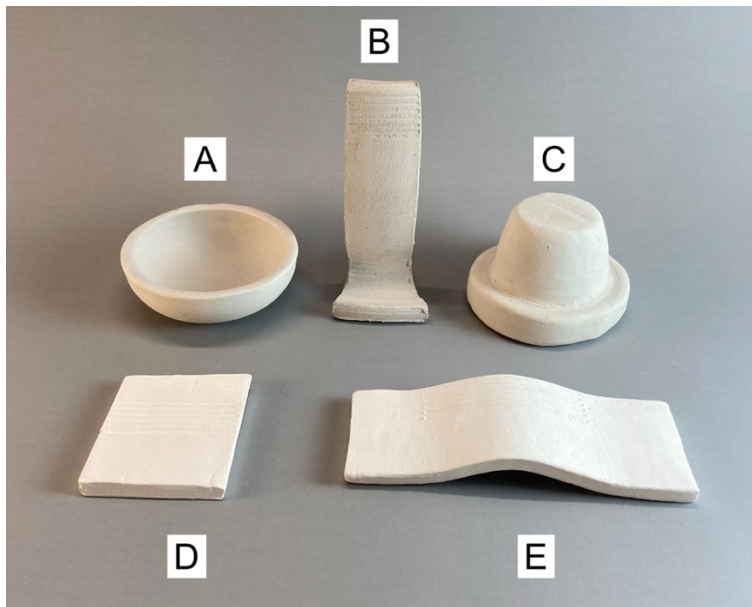
Para llevar a cabo la experimentación de manera efectiva, es necesario realizar ensayos sobre la superficie cerámica para la cual esté destinado el vidriado, a esto se le denomina muestras, losas o pastillas de prueba. Deben realizarse con la pasta cerámica que sea más adecuada para la receta del vidriado. Esto garantiza la compatibilidad entre ambos materiales. Han de realizarse las muestras necesarias para testear variaciones en los materiales, densidades o cualquier otra característica específica que se desee explorar. Estas pruebas permiten analizar el comportamiento de un vidriado en diferentes formas, tales como la contracción, viscosidad, tensión superficial, entre otras (Taylor, 2022).

Es importante diferenciar entre un muestrario de vidriados ya ensayados, en el cual el ceramista aporta su toque personal y único, y los muestrarios diseñados exclusivamente para pruebas. Estos últimos deben adoptar formas específicas adaptadas a los distintos tipos de ensayos que se llevarán a cabo.

De acuerdo con diversos autores en el campo, existen diversos tipos de soporte recomendados para la evaluación de los vidriados cerámicos. Estas formas (véase figura 40 y tabla 20) son útiles para examinar cómo se comporta el vidriado en distintos tipos de superficies, incluyendo texturas variadas, superficies planas, verticales y en cuencos (Forrest, 2013; Rogers, 2023; Taylor, 2022).

Figura 40

Tipos de soporte de pasta cerámica para pruebas de vidriado



Nota. Piezas y fotografía propias.

Tabla 20

Formas comunes para pruebas de vidriado en cerámica

Referencia de figura	Forma de la muestra	Utilidad	Ventajas
A	Forma de "cuenco"	Se observa el comportamiento del vidriado en superficies cóncavas.	Si el vidriado escurre quedará contenido en el fondo de la pieza.
B	Forma de "L"	Permite observar si el esmalte escurre en superficies verticales.	La forma del soporte permite que el esmalte escurrido quede contenido en la base, evitando que escurra en las placas del horno. Tiene espacio suficiente para registro.

Referencia de figura	Forma de la muestra	Utilidad	Ventajas
C	Forma de "pirámide"	Sirve para evaluar el escurrimiento del vidriado en superficies verticales.	Se pueden probar de dos a cuatro recetas similares en el mismo soporte.
D	Placa horizontal	Se puede evaluar escurrimiento del esmalte, (Requiere de soportes adicionales que las mantengan de forma vertical).	Permite hacer anotaciones en el reverso.
E	Forma de "onda"	Se utiliza para observar el comportamiento del vidriado en superficies convexas.	El escurrimiento del esmalte queda contenido en las orillas de la pieza.

Nota. Se describe el tipo de forma, utilidad y ventajas de su uso. Adaptado de Taylor (2022) y Forrest (2013).

Según Matthes (1990), para guardar documentación comparativa y características claras se recomiendan superficies de entre los 40mm x 60mm o 50mm x 50mm.

Para hacer pruebas de esmalte, se requiere entre de 2 a 5 gramos de esmalte para cada muestra. Idealmente, una sección de la losa debería aplicarse con una sola capa de la barbotina de vidriado, mientras que otra sección debería recibir dos capas. Esta estrategia revelará cómo varía el comportamiento del vidriado al modificar el grosor de la aplicación. También se puede observar el comportamiento en zonas texturizadas al tacto, por lo que la losa deberá tener el tamaño suficiente para verificar los indicadores que se deseen evaluar (Taylor, 2022).

Por ejemplo, Miranda Forrest, ceramista experimentada en la elaboración de esmaltes de ceniza, señala en su obra *Natural glazes. Collecting and making* (2013), que para sus muestras de prueba utiliza cuencos de 5 cm de diámetro, en ocasiones agrega textura a los cuencos. Esto sirve de referencia para el diseño y dimensionamiento de futuras muestras de prueba.

En otro caso particular, Ian Currie en su libro *Stoneware Glazes. A systematic approach* (2001), detalla distintos tipos de losas que utiliza para sus experimentos. Inicialmente, lleva a cabo la mayor cantidad posible de pruebas en lo que denomina una losa de evaluación. Posteriormente, utiliza losas individuales para examinar con mayor precisión los resultados más prometedores de las pruebas previas. Tras obtener resultados preliminares con las losas de

evaluación, se forma una idea sobre los esmaltes que merecen un análisis más detallado. Este proceso se lleva a cabo mediante el uso de las *losas Individuales* (Currie, 2001).

7.7.1 Losas individuales

Utilizando estas losas individuales, es posible examinar las características específicas previamente indicadas, tales como el grosor de las capas, la colocación de las piezas y la forma del cuerpo cerámico. En este mismo proceso, se presenta la oportunidad de incorporar óxidos colorantes para evaluar simultáneamente su comportamiento y efectos. Dependiendo de las intenciones de la experimentación (Currie, 2001).

7.7.2 Sistema de etiquetado

Es esencial documentar todos los datos pertinentes, asegurando que se pueda acceder a la información detallada sobre el esmalte, la arcilla y el proceso de cocción cuando sea necesario. Esta información debe anotarse en una bitácora y/o directamente en la base de montaje de las piezas. Los mosaicos de evaluación ofrecen un tamaño adecuado para que la información pueda ser añadida en ellos. Currie (2001), sugiere tener en cuenta los siguientes datos:

- a. Nombre del vidriado, por ej. "Esmaltes de ceniza de pino".
- b. Nombre de la persona y dirección.
- c. El número del cono, la marca o tipo de cono utilizado, y el dibujo de la forma final del cono (para casos en los que se utilicen).
- d. Detalles de cocción, calentamiento, sostenimiento de la temperatura y enfriamiento, e indicar reducción u oxidación.
- e. Indicar el tipo de horno, por ejemplo, horno eléctrico.
- f. Tipo de arcilla utilizada en losas de evaluación.
- g. Tipo de caolín utilizado.
- h. Cualquier otro dato relevante.

7.7.2.1 Técnicas de aplicación sobre muestras de prueba.

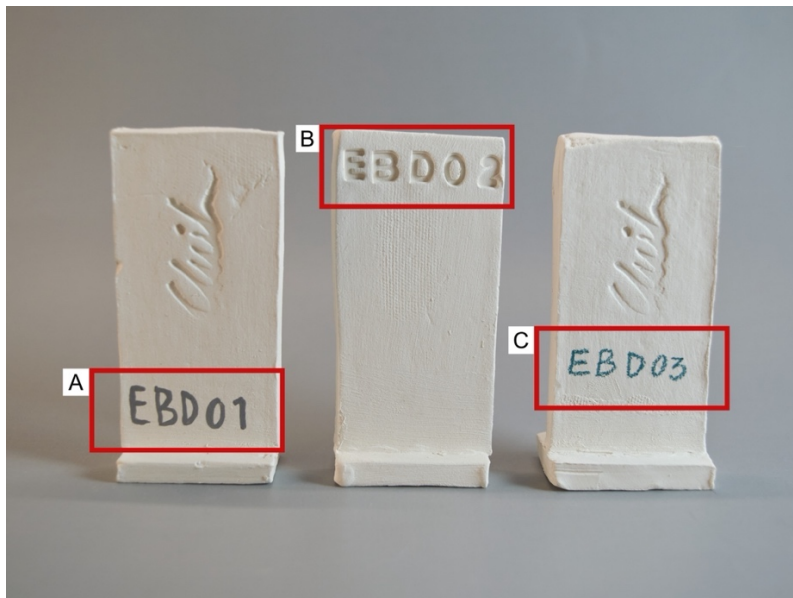
Algunas de las técnicas que se utilizan para identificar las losas de prueba pueden ser la mezcla de óxidos y agua (Taylor, 2022). Esta funciona como una especie de tinta que sirve para escribir

sobre las piezas. Aunque según Matthes (1990) este método podría causar problemas pues se estaría trabajando con materiales adicionales a los que se desea estudiar. Otro similar es utilizando un vidriado preparado. Los lápices de vidriado y los sellos o relieves en cada pieza; se hacen antes de cocer por primera vez la pasta (Forrest, 2013; Taylor, 2022).

En la figura 41 se observa la aplicación de las técnicas mencionadas sobre una losa individual.

Figura 41

Técnicas de etiquetado para pruebas de vidriados cerámicos



Nota. (A) esmalte preparado, (B) relieve y (C) lápiz de vidriado. Piezas y fotografías propias.

7.8 Técnicas de aplicación de un vidriado cerámico

Existen diversas formas de aplicar un vidriado sobre un cuerpo cerámico. Para elegir el método adecuado se considera el tamaño y la complejidad en la forma de la pieza y la manipulación de esta tras la aplicación. En el caso de la producción en serie, la cantidad de piezas a esmaltar (Matthes, 1990). En la tabla 21 se presentan las técnicas que mencionan diversos autores para aplicar un vidriado.

Tabla 21*Técnicas de aplicación de un vidriado cerámico*

Autor y año	Técnicas
**Chavarría (2002)	Inmersión Sistema de bañado Pincel Pulverización
*Matthes (1990)	Inmersión Vertido Centrifugado Pulverización Pintado con pincel Espolvoreado Presión Electroforesis Rociado
*Currie (2001)	Vertido por jeringa
**Bloomfield (2020)	Inmersión Vertido Pincel
**Peterson (2003)	Inmersión Vertido Pincel Pulverizado

Nota. Se mencionan los autores, año y tipo de técnica que mencionan en sus publicaciones.

*El autor describe el proceso

**El autor describe el proceso y utiliza imágenes de referencia.

La selección de la técnica de vidriado adecuada es fundamental para optimizar tanto la calidad del acabado cerámico final como la eficiencia del proceso productivo, asegurando que cada pieza cumpla con los estándares estéticos y funcionales deseados. Para el caso de la elaboración de pruebas de esmalte, podrían resultar más útil la inmersión.

7.8.1 Inmersión o vertido

En este método, el grosor de la capa está determinado por la capacidad de absorción de la pasta. Es la forma más rápida y fácil de aplicar un esmalte sobre todas las superficies del cuerpo cerámico, (véase figura 42). Es posible modificar el espesor de la capa ajustando el tiempo de inmersión y la velocidad con la que se introduce y retira el objeto (Matthes, 1990).

Figura 42

Técnica de inmersión



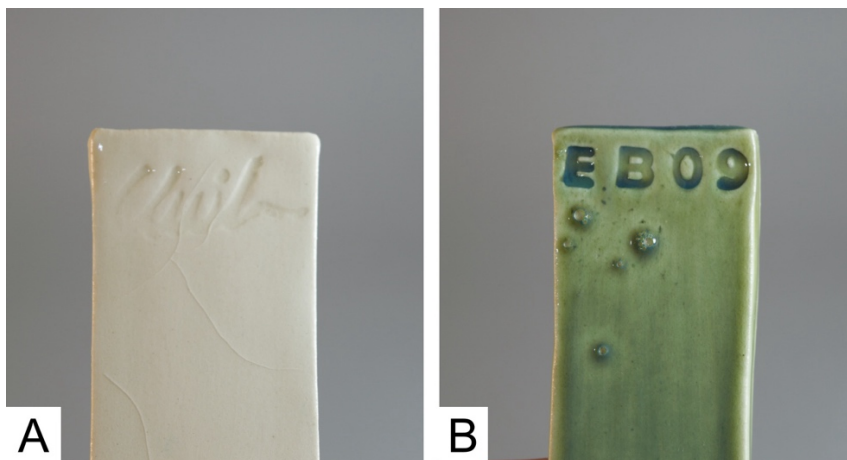
Nota. Fotografías propias.

7.9 Defectos en los vidriados

Son irregularidades no intencionadas que emergen en el producto cerámico finalizado, se pueden observar algunos ejemplos en la figura 43. “Los defectos que presenta un vidriado pueden producirse en cualquiera de los pasos de su elaboración” (Morales, 2005, p.165). En ocasiones, estas pueden utilizarse como efecto decorativo.

Figura 43

Defectos de los vidriados



Notas. (A) cuarteado, (B) escurrido y burbujeado. Piezas y fotografía propias.

En la tabla 22, se presenta la lista de defectos de los vidriados que según diversos autores pueden darse en antes y después de la aplicación del vidriado. Se realizó una recopilación de los defectos mencionados con anotaciones sobre la explicación de los autores.

Tabla 22

Defectos de los defectos de los vidriados

Autor y año	Clasificación	Observaciones
Vittel Claude (1978) p.125-131	Resquebrajaduras Escamado Eflorescencia Picado Burbujas Descolgado Contracción Exceso de fusibilidad Sub-cocción Desvitrificación Absorbido por la pasta Toxicidad	Menciona causas y soluciones
Norton (1975) p. 287 (1981) p. 467	Suciedad Picaduras Arrugas Estrellado Ampollas y agujeros Superficie ondulada Superficie Guijosa Motas Grietas capilares Puntos de color Perdida de lustre Color no uniforme Ecurrimiento	Menciona causas
Matthes (1990) p.131-138	Defectos en crudo: barbotina. Sedimentación rápida de la suspensión Papilla demasiado líquida, poco viscosa Barbotina espesa tras el reposo Barbotina sedimentada dura que no se vuelve a homogeneizar Defectos en crudo: aplicación y secado. Capa que no se vuelve suficientemente gruesa al aplicarse Capa demasiado gruesa e irregular Agrietamiento y desprendimiento de la capa Defectos en la cocción* Defectos en estado sólido y enfriado. Grietas capilares Capa del vidriado saltada Quebradura del bizcocho Picaduras Superficie mate en efecto brillante Superficie brillante en efecto mate Decoloración Rugosidad	Menciona causas y soluciones

Autor y año	Clasificación	Observaciones
Chavarría (2014) p.34	Picado Burbujas Cuarteado Ecurrido Poco o demasiado espesor Poco o demasiado cocidos Manchas Separación y arrugado Saltado	Menciona causas y soluciones e incluye imágenes de referencia
Morales (2005) p.165-168	Defectos en estado crudo Defectos durante la fusión Defectos en la etapa de enfriamiento	Menciona síntoma y causa
Vila (2023) p.123-205	Defectos de las materias primas Defectos en el almacenamiento Defectos en la aplicación (por técnica) Defectos en la cocción Defectos en la decoración Estadísticas de defectos en la cerámica	Menciona causas con explicaciones científicas y explicaciones gráficas

Nota. Se mencionan los autores, año y páginas donde explican los defectos de los vidriados.

*Páginas no encontradas.

Los defectos suelen ser identificados en el acabado final del esmaltado, siendo esta etapa donde comúnmente se detectan las irregularidades. Entre los expertos que ofrecen una clasificación de estos defectos destaca Matthes (1990), quien proporciona una descripción detallada y clara sobre la diversidad de defectos, las etapas de producción en las que ocurren, así como las causas específicas y sus posibles soluciones.

Por su parte, Vila (2023) en su libro *Defectos de los vidriados*, organiza los defectos según los procesos de fabricación y presenta un análisis estadístico que relaciona la frecuencia de estos con las diversas etapas del proceso productivo. Su estudio también especifica aspectos críticos como la gravedad, la frecuencia y la cantidad de los defectos observados. Por lo tanto, esta investigación se fundamentó principalmente en las obras de estos dos autores.

Capítulo 8. Sostenibilidad en la producción cerámica

Según la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1998) “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Este enfoque integra consideraciones económicas, sociales y ambientales.

Macedo (2005) amplía esta definición al sugerir que el desarrollo sostenible puede lograrse sin un crecimiento cuantitativo en el uso de energía y materiales, enfocados en mejoras cualitativas y el despliegue de potencialidades sin aumentar la escala física. Esto implica una eficiencia en el uso de los recursos y una economía circular.

Lira (2018) complementa estas ideas al señalar que el desarrollo sostenible requiere una integración y desarrollo paralelo de los factores económicos, sociales y ambientales. El enfoque económico debe analizar los costos de los bienes y mejorar el crecimiento tanto a corto como a largo plazo. El enfoque social debe asegurar la distribución equitativa de los recursos para satisfacer las necesidades presentes y futuras, mientras que el enfoque ambiental debe manejar responsablemente los recursos naturales.

Analizando estas definiciones se tiene un entendimiento multidimensional del desarrollo sostenible que aboga por un equilibrio entre el bienestar humano, el crecimiento económico y la preservación ambiental, considerando tanto las necesidades presentes como las futuras.

8.1 Principios y objetivos de la producción cerámica sostenible

El concepto de cerámica sostenible se refiere a las prácticas en la producción de cerámica que buscan minimizar el impacto ambiental y promover la sostenibilidad en todas las etapas del proceso de fabricación. Esto incluye los métodos que utilizan los ceramistas desde la obtención de materias primas hasta la producción, el uso y la disposición final de los productos cerámicos (Hopper, 2008; Rogers, 2023). A continuación, se explican algunos principios y objetivos que podrían hacer que la cerámica sea sostenible a través del uso de cenizas vegetales en la formulación de vidriados.

Al utilizar materiales locales y naturales se reduce la huella de carbono asociada con el transporte de materias primas. Además, el uso de cenizas vegetales puede reducir la dependencia de productos químicos sintéticos y extracción de minerales. Con esto se promueve el reciclaje al incorporar residuos naturales en la producción de cerámica para reutilizarlos en la preparación de materiales cerámicos.

Por otro lado, pueden resultar propuestas de innovación en materiales al investigar y desarrollar nuevos materiales que sean sostenibles, que promuevan la reciclabilidad y

disminución de consumo de productos comerciales, en la búsqueda de una economía circular para la producción de cerámica local que de acuerdo con Alameida y Díaz (2020) “la economía circular está siendo acogida... como una estrategia de desarrollo sostenible, que promueve una mayor protección ambiental, y beneficio social, pero también como una estrategia competitiva en el mundo empresarial”.

Por otro lado, se fomenta la educación y conciencia sobre prácticas sostenibles entre ceramistas y consumidores de este tipo de producto.

8.2 Importancia de la producción sostenible en la cerámica en Mexicali

La elaboración de propuestas sostenibles desempeña un papel crucial en la capacidad del sector para mantener operaciones rentables a largo plazo, al mismo tiempo que contribuyen al desarrollo económico, social y ambiental de la comunidad local en sus prácticas comerciales de acuerdo con la *Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible* de Artaraz (2002).

La sostenibilidad económica, social y ambiental en este contexto se define por la eficiencia en costos de producción, la diversificación de mercados, innovación y desarrollo de productos, la inversión en la formación y desarrollo de talento, y no menos importantes, la responsabilidad social, que involucra el uso eficiente de recursos y la conservación de patrimonio cultural.

En cuanto a la eficiencia en costos, los ceramistas deben buscar formas de mejorar sus procesos de producción para reducir costos y maximizar márgenes de beneficio. Esto puede implicar la optimización de la cadena de suministro, la adopción de tecnologías más eficientes y la gestión adecuada de los recursos.

La innovación en el desarrollo de productos cerámicos sostenibles puede abrir nuevas oportunidades de mercado y generar ventajas competitivas.

Mediante el uso eficiente de recursos locales se busca minimizar el consumo de recursos industriales y comerciales. La reutilización y el reciclaje pueden mejorar la rentabilidad y la eficiencia de costes en la creación de cerámica, llevando a un modelo de negocio más sostenible. Se promueve la formación de ceramistas en técnicas de reciclaje y en la reducción

del uso de materiales comerciales, fomentando un enfoque empresarial novedoso y ecoamigable.

La sostenibilidad en la producción de cerámica implica la búsqueda de un equilibrio entre la rentabilidad económica, el uso eficiente de recursos, la innovación y el cumplimiento de responsabilidades éticas y sociales. Con esto, podemos analizar cómo los esmaltes cerámicos hechos con cenizas vegetales afectan las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad.

Marco metodológico, aplicación y resultados

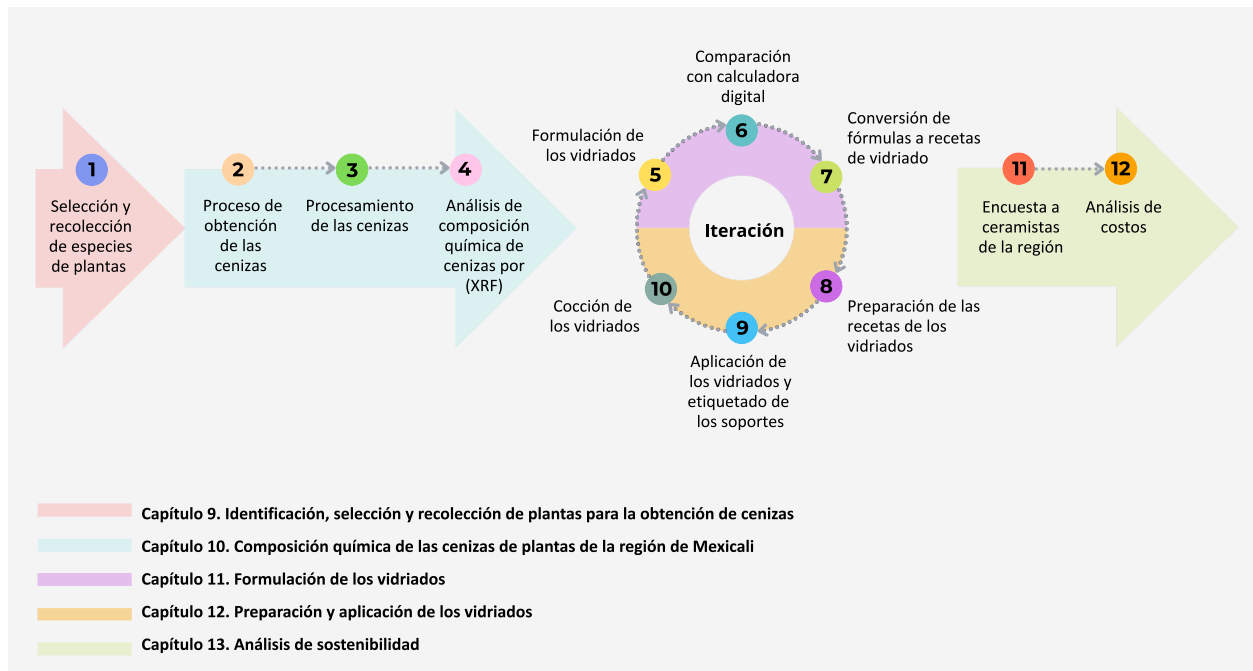
Se trata de una investigación de enfoque mixto que combina el análisis cualitativo y cuantitativo. Emplea un método sintético para integrar diversos conocimientos y antecedentes teóricos. Su diseño es experimental, ya que incluye la manipulación de variables en un entorno controlado. Se ubica en un nivel aplicado, orientado a la solución de un problema concreto. La investigación se desarrolla bajo una modalidad documental, con base en la revisión de fuentes teóricas, y se complementa con la elaboración de un proyecto factible que propone una solución práctica y viable.

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de esta investigación es “Analizar cómo la composición química de las cenizas vegetales de diferentes especies de plantas de la región de Mexicali influye en la formulación de vidriados cerámicos, con el fin de evaluar en qué medida estas formulaciones contribuyen al desarrollo de una producción cerámica más sostenible”, la metodología se estructuró en una serie de doce pasos articulados con las preguntas de investigación y los objetivos específicos. En conjunto, estos pasos conducen al logro del objetivo general e integran las cuatro variables de estudio: especies de plantas de la región, composición química de las cenizas, fórmulas de los vidriados y producción sostenible.

Debido a la complejidad de los métodos, se decidió presentar cada uno junto con su aplicación. Para ello, se organizaron cinco capítulos, cada uno explica los pasos que abarca en particular, con el propósito de facilitar la comprensión del tema. Finalmente, como síntesis gráfica, en la figura 44 se muestra el marco metodológico completo.

Figura 44

Marco metodológico de la tesis



Nota. Elaboración propia.

Capítulo 9. Identificación, selección y recolección de especies de plantas para la obtención de cenizas

En este capítulo se responde a la pregunta de investigación, ¿Qué características hacen a las especies de plantas de la región de Mexicali, elegibles para la producción de ceniza?, ligada al primer objetivo específico: “Identificar y seleccionar las especies vegetales de la región de Mexicali con potencial para la obtención de cenizas, considerando criterios y recomendaciones de la literatura especializada”. Con ello se aborda la variable “Especies de plantas de la región”, y se describe el método empleado para la selección de especies vegetales y sus resultados.

9.1 Instrumento para la selección y recolección de especies de plantas de la región para la obtención de cenizas

Con base en los aspectos para la selección y recolección de especies vegetales destinadas a la obtención de cenizas, definidos a partir de la revisión bibliográfica de trabajos

de ceramistas que han empleado cenizas en la elaboración de vidriados cerámicos (presentada en el marco teórico, tabla 9), se diseñó un instrumento de selección (véase figura 44). Este instrumento tiene como propósito identificar y evaluar de manera sistemática las especies más adecuadas para su recolección y posterior aprovechamiento en la obtención de cenizas. A continuación, se describe su estructura general:

Encabezado: El esquema comienza con un recuadro que contiene campos en blanco para especificar el "Nombre común" de la planta y "A qué especie o familia pertenece".

Primera decisión: A continuación, hay una pregunta en un rombo amarillo que cuestiona: "El estado de conservación de la planta, ¿es vulnerable?". Si la respuesta es "Sí", se dirige a un cuadro rojo que indica "Descartar", sugiriendo que esa planta no es viable para el proceso. Si la respuesta es "No", el flujo continúa hacia abajo.

Ubicación y accesibilidad: El siguiente paso incluye un campo para indicar la localización de la planta, seguido de otra decisión en un rombo amarillo que pregunta: "El acceso a la planta ¿está limitado por su localización?". Si la respuesta es "Sí", nuevamente se dirige al cuadro de "Descartar". Si es "No", el proceso continúa.

Recolección: Aparece un cuadro donde se debe indicar la estación del año en que se va a recolectar la planta, con un espacio para rellenar. Continúa con otro recuadro que pregunta: "¿Qué parte de la estructura de la planta es posible recolectar?", seguido de un espacio para escribir.

Suficiencia de la planta: Otro rombo amarillo plantea la pregunta: "El tamaño de la planta, ¿es adecuado para recolectar las partes necesarias?". Si la respuesta es "No", se vuelve a dirigir al cuadro de "Descartar". Si es "Sí", el flujo avanza.

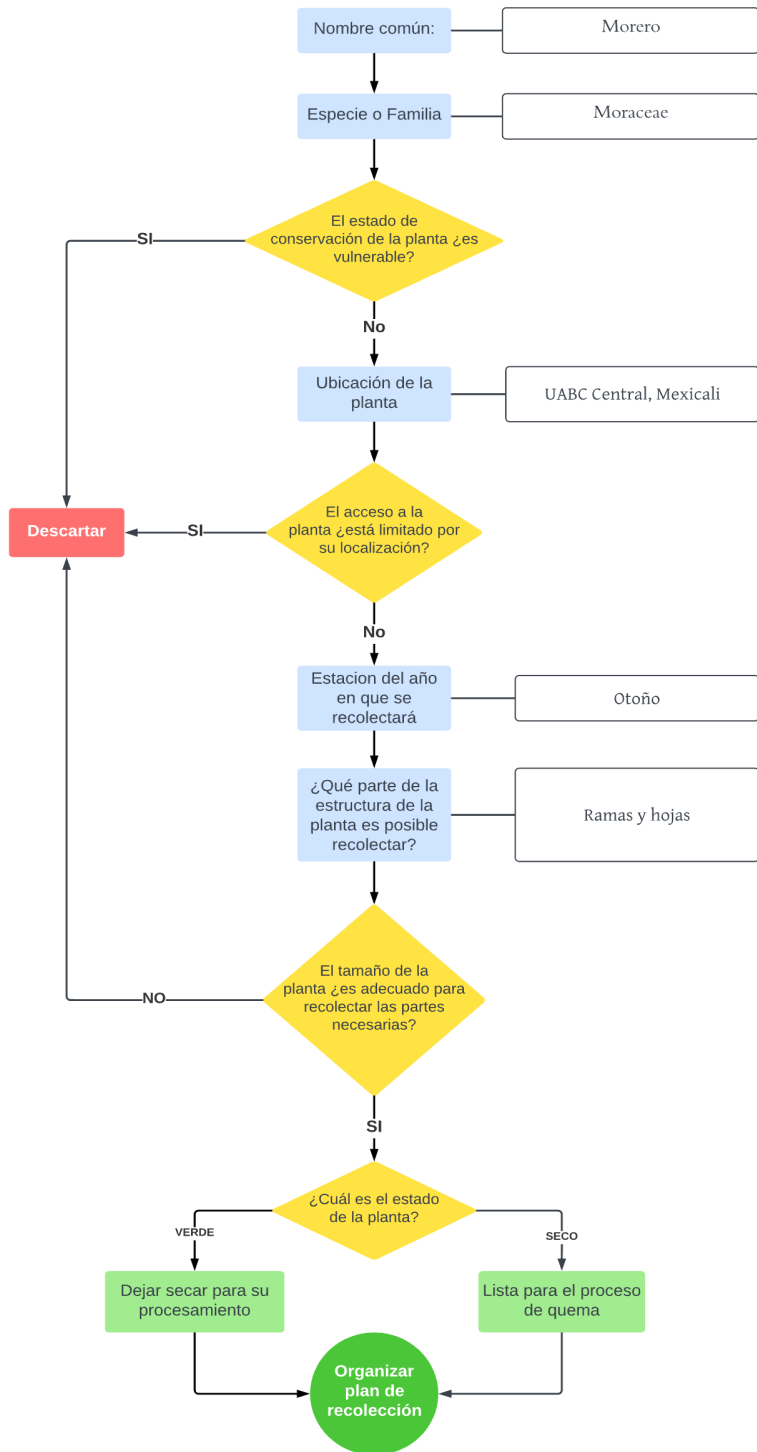
Estado de la planta: La siguiente pregunta en un rombo amarillo es: "¿Cuál es el estado de la planta?", y según la respuesta, se bifurca en dos opciones: "Dejar secar para su procesamiento" o "Lista para el proceso de quema".

Paso final: Finalmente, ambas opciones convergen en un cuadro verde que indica "Organizar plan de recolección".

Este esquema se presenta en la figura 45. El instrumento fue utilizado durante la etapa de selección de especies vegetales.

Figura 45

Instrumento de selección de especies vegetales



Nota. Se muestra un ejemplo de datos en los campos para escritura. Elaboración propia (octubre 2023).

9.1.1 Especies vegetales seleccionadas

Se realizó un recorrido por diversas áreas verdes de la ciudad de Mexicali, identificando el campus de Mexicali de la Universidad Autónoma de Baja California ubicado en Av. Ignacio López Rayón, Parcela 44, 21289 Mexicali, B.C, como una zona accesible. Se identificaron cuatro especies de árboles presentes en la zona con las características comunes de estado de conservación, localización, zona de crecimiento y acceso, tamaño y población. En la tabla 23 se muestra la descripción de aspectos conforme a los criterios de selección y recolección.

Tabla 23

Datos de las especies seleccionadas

Aspecto	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre común de la planta y tipo	Eucaplipto	Morero	Mezquite	Olivo negro
Especie y/o familia de la planta ^a	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Prosopis</i>	<i>Bucida buceras</i>
Estado de conservación de la especie ^b	Preocupación menor (LC)	Preocupación menor (LC)	Preocupación menor (LC)	Preocupación menor (LC)
Localización y/o acceso a la planta	UABC, campus Mexicali. Acceso público	UABC, campus Mexicali. Acceso público	UABC, campus Mexicali. Acceso público	UABC, campus Mexicali. Acceso público
Estructura de la planta ^c	Ramas Tronco	Ramas Hojas	Ramas Tronco	Ramas Hojas
Cantidad de material	de 4 a 6 kg	de 3 a 4 kg	de 3 a 5 kg	de 3 a 4 kg
Época y fecha de recolección	Invierno enero 2024	Invierno noviembre 2023	Otoño octubre 2023	Invierno febrero 2024
Estado y apariencia de las plantas	Verde y seco	Verde	Verde	Verde
Clima ^d	Árido desértico cálido (Bwh)	Árido desértico cálido (Bwh)	Árido desértico cálido (Bwh)	Árido desértico cálido (Bwh)

Notas.

- Especie o familia de acuerdo con la Guía de forestación para el municipio de Mexicali, Baja California (XVII Ayuntamiento de Mexicali B.C., n.d).
- Taxón Preocupación menor (*Least Concern*) que indica que no es vulnerable, según la división de taxones del International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2024).
- Partes de una planta de acuerdo con Simpson (2010) en Plant Morphology. *Plant Systematics*.
- La calcificación Bwh del clima indica que es un clima árido desértico cálido según García (2004) en *Modificaciones al sistema de clasificación del clima de Köpen*.

9.1.2 Ficha técnica de las especies seleccionadas

A continuación, se presentan las cuatro especies de árboles seleccionadas: eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la figura 46, morero (*Morus alba*) en la figura 47, mezquite (*Prosopis*) en la figura 48 y olivo negro (*Bucida buceras*) en la figura 49.

Figura 46

Ficha técnica del árbol eucalipto



Nota. Nombre común: eucalipto. Nombre científico: *Eucalyptus globulus*. Familia: *Myrtaceae*. Resumen de la descripción morfológica según Menéndez (2023), puede medir hasta 40 m de altura. El tronco puede alcanzar hasta 2 m de diámetro. Su corteza es lisa y fibrosa, se puede apreciar de un color blanco cremoso a un amarillo grisáceo. Sus hojas perennes pueden medir entre 4 y 16 cm las hojas jóvenes; son opuestas, ovadas con la base redondeada, tienen una superficie recubierta por una capa cerosa y un nervio central marcado. Tiene inflorescencias tipo umbela en las que hay entre 3 o 7 flores, éstas nacen de botones cuadrangulares. El fruto es una cápsula con 4 caras.

Estado de conservación: Preocupación menor (LC) según la International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, (2024).

Fotografías propias (mayo 2024) tomadas en Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali.

Figura 47

Ficha técnica del árbol morero



Nota. Nombre común: morero. Nombre científico: *Morus alba*. Familia: *Moraceae*. Resumen de la descripción morfológica según el XVII Ayuntamiento de Mexicali B.C. (s.f.) y Fischer (2022), es un árbol caducifolio de rápido crecimiento. Con tallo recto y delgado con numerosas ramas, corteza lisa color marrón a gris claro. Puede llegar a medir 9 m de altura. Las hojas de margen aserrado son ásperas, están cubiertas de pequeños pelos o vellos finos y suaves en el envés, son alternas, miden de 6 a 18 cm de largo y 5 a 13 cm de ancho, tienen 3 venas prominentes. Las flores aparecen en racimos y sus frutos con forma de mora rondan entre 1 y 5 cm. Estado de conservación: Preocupación menor (LC) según la IUCN (2024). Fotografías propias (mayo 2024), tomadas en Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali.

Figura 48

Ficha técnica del árbol mezquite



Nota. Nombre común: mezquite. Nombre científico: *Prosopis*. Familia: *Fabaceae*. Resumen de la descripción morfológica según XVII Ayuntamiento de Mexicali B.C (s.f.) y Gobierno Municipal de Mexicali (2020), alcanza de 8 a 10 m de altura con un diámetro de copa entre los 8 y 10 m. De tallo recto, ramas ascendentes y luego péndulas, corteza con fisuras de color oscuro. Las ramas jóvenes son de color verde pardoso con espinas en pares. Sus hojas de color verde pálido y de superficie lisa, dispuestas en espiral sobre cada par de espinas. Florece en color amarillo, generalmente en primavera y otoño.

Estado de conservación: Preocupación menor (LC) según la IUCN (2024).

Fotografías propias (mayo 2024), tomadas en Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali.

Figura 49

Ficha técnica del árbol olivo negro



Nota. Nombre común: olivo negro. Nombre científico: *Bucida buceras*. Familia: *Combretaceae*. Resumen de la descripción morfológica según Porter-Bolland et al., (2009), alcanza hasta 35 m de alto, de tronco recto y un diámetro a la altura del pecho hasta 1.5 m. Su corteza es escamosa color gris amarillento a pardo amarillento. Tiene hojas simples dispuestas en espiral, aglomeradas en la punta de las ramas, lámina elíptica y obovada, de 4.5 a 9 cm de largo y de 2.5 a 4.5 cm de ancho. Su inflorescencia se da en espigas axilares, de 5 a 10 cm de largo, son sedosas color verde crema a amarillo claro, con aroma dulce.

Estado de conservación: Preocupación menor (LC) según la IUCN (2024).

Fotografías propias (mayo 2024), tomadas en Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali.

9.2 Proceso de recolección

El proceso para recolectar los residuos de las especies vegetales consiste en cuatro sencillos pasos: la selección de las partes de las plantas y ajuste del tamaño de las ramas, así como el secado de estas (de ser necesario). En la figura 50 se muestra un esquema que muestra este proceso y se explican detalladamente a continuación.

Figura 50

Proceso de recolección



Nota. Elaboración propia.

9.2.1 Recolección de residuos de las especies vegetales

Una vez identificadas las especies vegetales presentes en el área de estudio, se inició un periodo de recolección de residuos provenientes de estas especies. El proceso se centró en aprovechar las podas que se llevaron a cabo en diferentes fechas, determinadas según el mantenimiento de las áreas verdes de la localización, evidenciadas en la figura 51.

Figura 51

Evidencias de mantenimiento de áreas verdes



Nota. A la izquierda la imagen fue tomada el 30 de noviembre de 2023, a la derecha la imagen fue tomada el 6 de diciembre de 2023, en la Universidad Autónoma de Baja California, campus Mexicali. Fotografías propias.

9.2.2 Selección de las partes de las plantas

Se priorizó la recolección de residuos vegetales como hojas, ramas y troncos, con el objetivo de abarcar la mayor diversidad posible de partes de cada especie. Se observó que el tipo de residuo disponible varía según la especie: algunas proporcionan hojas, ramas y troncos, mientras que otras solo ramas (véase figura 52). El elemento común en todas las especies fueron las ramas, lo que permitió utilizarlas como material base para la obtención de cenizas. De este modo, se asegura una recolección representativa, adaptada tanto a las características del entorno como a la disponibilidad real de los materiales.

Figura 52

Recolección de especies vegetales



Nota. (A) eucalipto recolectado en enero de 2024, (B) morero recolectado en noviembre de 2023, (C) mezquite recolectado en octubre de 2023 y (D) olivo negro recolectado en febrero de 2024. Fotografías propias.

9.2.3 Unificación del tamaño de los residuos

Luego de la selección de las partes, las ramas fueron cortadas para facilitar el proceso de quema. Al cortarse en tamaños más pequeños, se asegura una combustión uniforme y completa, además de que permite que se ajusten adecuadamente al recipiente donde se llevará a cabo la quema. En la figura 53 se muestran ejemplos de ramas cortadas de las diferentes especies seleccionadas y una escala de 10 cm que permite visualizar el tamaño aproximado que se utilizó.

Figura 53

Tamaño de las ramas



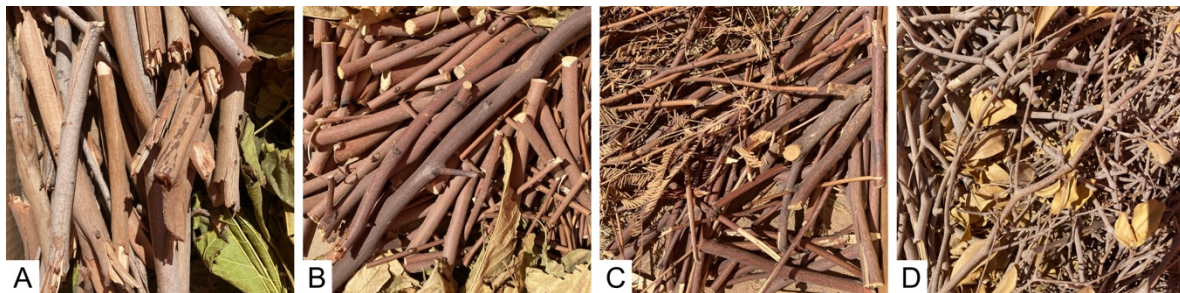
Nota. Se muestran ramas secas de las cuatro especies seleccionadas. Fotografía propia (octubre 2023).

9.2.4 Secado de los residuos

La recolección de las ramas de los distintos tipos de árboles se llevó a cabo principalmente en estado verde, ya que los residuos provienen de las podas de mantenimiento que contenían en su mayoría ramas frescas. Debido a esto, fue necesario someterlas a un periodo de secado antes de su utilización. Para este propósito, las ramas se dejaron secar al aire libre, expuestas a la luz solar, estando bajo estas condiciones ambientales durante aproximadamente seis meses (véase figura 54). Durante este periodo, el secado tuvo lugar principalmente en las estaciones de primavera y verano, cuando las temperaturas oscilaron entre los 30 y 50°C. El clima de exposición se caracterizó por niveles de humedad inferiores al 70%, lo cual favoreció el proceso de secado natural. Además, se tomaron precauciones para proteger las ramas de eventuales lluvias, asegurando que fueran retiradas de la intemperie en caso de precipitaciones y posteriormente expuestas al sol una vez que las condiciones climáticas fueran adecuadas. Esto permitió un secado homogéneo y efectivo de las ramas a lo largo de todo el proceso.

Figura 54

Secado de los residuos



Nota. (A) eucalipto, (B) morero, (C) mezquite, (D) olivo negro.
Fotografías propias (mayo 2024).

Capítulo 10. Composición química de las cenizas de plantas de la región de Mexicali

Este capítulo responde a la segunda pregunta de investigación, ¿Cuáles son los principales componentes químicos presentes en las cenizas vegetales de las especies de plantas de la región de Mexicali?, que se buscó responder con el objetivo específico: “Recolectar, procesar y calcinar los residuos vegetales para la producción de cenizas para analizar su composición química con el fin de determinar su uso en la formulación de vidriados cerámicos”, esto corresponde a la variable de “composición química de las cenizas”. En este capítulo se describen los métodos de proceso de quema de los residuos para la obtención de cenizas, procesamiento de las cenizas y análisis químico cuantitativo por la técnica de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X, y los respectivos resultados de cada método.

10. 1 Proceso de obtención de las cenizas de especies vegetales

Antes de iniciar la quema, se tomaron las fotografías que se muestran en la figura 55 y se registraron los pesos de las diferentes especies seleccionadas, con el objetivo de obtener datos precisos sobre la cantidad de ceniza generada por cada gramo de ramas secas. Para ello se tomaron 100 g de ramas secas de cada especie y una vez completada la quema se pesaron las cenizas obtenidas. Esto permitió registrar con precisión el rendimiento de ceniza por unidad de masa, facilitando la comparación entre las distintas especies.

Figura 55

Pesaje de las especies

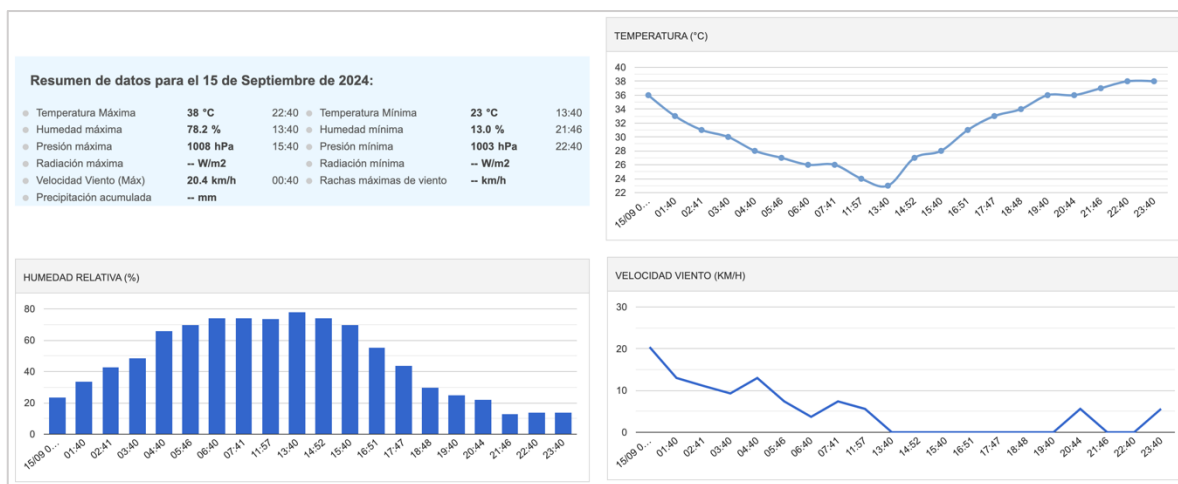


Nota. En cada imagen se muestran 100 g de ramas de cada especie en el siguiente orden: (A) eucalipto, (B) morero, (C) mezquite y (D) olivo negro. Fotografías propias (septiembre 2024).

Seguendo las recomendaciones de la literatura, se procuró realizar la quema utilizando una olla de cocina como recipiente y un encendedor para iniciar el fuego, manipulando las cenizas cuidadosamente para evitar la contaminación cruzada. La quema se efectuó entre las 10:00 y las 13:00 hrs, en un día con condiciones meteorológicas favorables: vientos inferiores a 10 km/h, una temperatura de aproximadamente 24°C, y una humedad relativa del 73.6%, según los datos que se muestran en la figura 56 según (Meteored, 2024). Estas condiciones permitieron un ambiente controlado que favorece una combustión uniforme de las ramas.

Figura 56

Clima el día de la quema



Nota. Fecha del 15 de septiembre 2024 en Mexicali. Tomado de Meteored (2024) Histórico del clima en Mexicali:

<https://www.meteored.mx/mexicali/historico>.

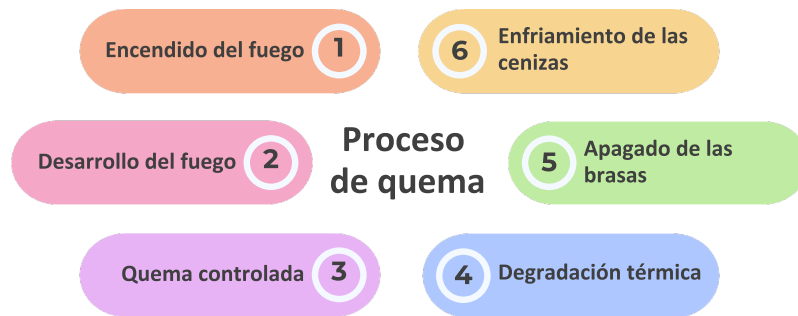
10.1.1 Proceso de quema

Las ramas se colocaron cuidadosamente dentro del recipiente, procurando una distribución uniforme que facilitara una combustión homogénea. Una vez dispuestas, el recipiente se trasladó a un área segura al aire libre, con buena ventilación y libre de materiales inflamables, con el fin de minimizar riesgos de incendio.

En la figura 57 se presenta un esquema que resume el proceso de quema para la obtención de cenizas, seguido de una descripción detallada del procedimiento.

Figura 57

Esquema del proceso de quema



Notas. Elaboración propia (octubre 2024).

Se inició el fuego utilizando un encendedor, aplicándolo directamente sobre las ramas secas. A medida que el fuego se prende, la propagación de las llamas se expande de manera controlada, quemando gradualmente las ramas. Durante esta etapa es fundamental monitorear la combustión para asegurarse de que todas las partes de las ramas se quemen de manera uniforme. Cuando las llamas disminuyen, las ramas se convierten en brasas, indicando que la combustión está casi completa. Es importante dejar que las brasas continúen ardiendo hasta que se reduzcan mayormente a cenizas.

Finalmente, tras el agotamiento de las brasas, se permitió el enfriamiento natural de las cenizas dentro del recipiente, evitando su manipulación mientras siguen calientes. Una vez enfriadas, las cenizas se recogieron y almacenaron para su posterior procesamiento. Este proceso se repitió para cada tipo de especie vegetal, en la figura 58 se muestra un ejemplo visual de la quema. Una vez que las cenizas se han enfriado, se recolectaron cuidadosamente utilizando una bolsa sellable y etiquetada como recipiente que las contendrá hasta su procesamiento.

Figura 58

Proceso de quema



Notas. Las tomas del proceso están representadas por las etapas del proceso de las diferentes quemas realizadas donde: (A) colocación de las ramas en el recipiente, (B) encendido, (C) desarrollo del fuego, (D) quema controlada, (E) degradación térmica, (F) enfriamiento. Fotografías propias (septiembre 2024).

10.1.1.1 Registro de quemas.

Durante las quemas se llevó registro (véase tabla 24), indicando la especie, hora de encendido del fuego y hora de apagado. Posteriormente se calcularon los minutos aproximados en los que se produjo el desarrollo del fuego y la degradación térmica, así como un estimado de tiempo de enfriamiento. Esto para dar una idea sobre el tiempo que toma realizar este proceso.

Tabla 24

Registro de quemas

Especie	Hora encendido	Desarrollo del fuego y la degradación térmica (min)	Hora apagado	Enfriamiento (min)
Eucalipto	10:00 am	40	10:40 am	30
Olivo negro	11:17 am	23	11:40 am	15
Mezquite	12:00 pm	10	12:10 pm	10
Morero	12:30 pm	10	12:40 pm	40

Nota. Los tiempos son aproximados, se hicieron anotaciones conforme el proceso. Elaboración propia (septiembre 2024).

10.1.1.2 Observaciones de la etapa de quema.

Las ramas de morero y mezquite presentaron un menor tiempo de quema; no obstante, el morero requirió un mayor tiempo de enfriamiento. Durante la combustión, las ramas de mezquite generaron un burbujeo característico, como se aprecia en la figura 59. En todos los casos, las cenizas obtenidas conservaron residuos de gran tamaño, siendo el eucalipto la especie con menor cantidad de residuos y el olivo negro la que produjo la mayor proporción.

Figura 59

Burbujeo en la quema de mezquite



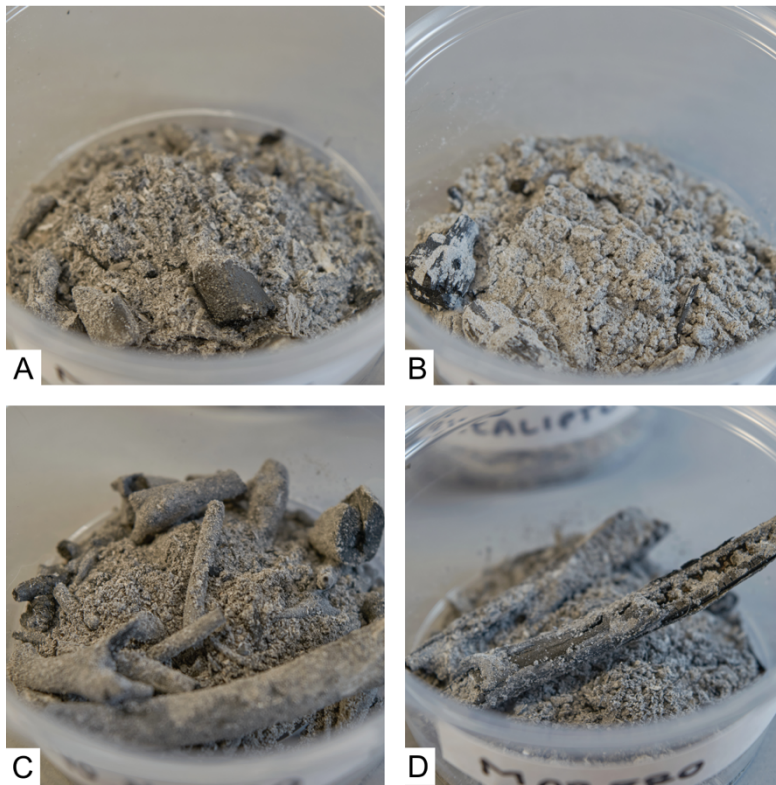
Notas. Durante la propagación del fuego, se observó que las ramas comenzaron a desprender líquido, lo que provocó un burbujeo. Fotografías propias (septiembre 2024).

10.1.1.3 Características visuales de las cenizas obtenidas.

A simple vista (véase figura 60), se pueden distinguir varias características físicas de las cenizas que las diferencian entre sí. En cuanto al color la ceniza de olivo negro y morero presenta tonos oscuros, mientras que la de mezquite y eucalipto exhibe tonos más claros, lo que sugiere posibles diferencias en su composición química. Además, el tamaño de las partículas varía: el eucalipto tiene las partículas más finas, mientras que el olivo negro tiene las más gruesas. De igual manera, el mezquite y el eucalipto mostraron una combustión más completa que el olivo negro y el morero, como se puede notar por la presencia de fragmentos más grandes en las últimas dos especies. Las diferencias en el peso de las cenizas también reflejan variaciones en la densidad, lo que podría estar relacionado con su contenido químico (Chavarría, 2014).

Figura 60

Características de las cenizas



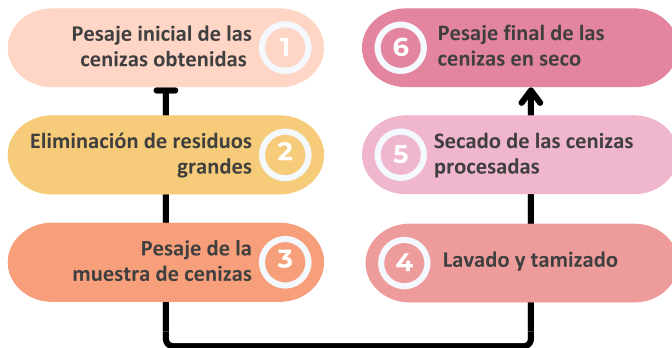
Notas. (A) mezquite (B) eucalipto, (C) olivo negro y (D) morero.
Fotografías propias (septiembre 2024).

10.2 Procesamiento de las cenizas para el análisis químico

Siguiendo las recomendaciones para el procesamiento de las cenizas de Currie, 2001; Forrest, 2013; Rogers, 2023 y Ros i Frigola, 2017, se procedió a diseñar el siguiente esquema (véase figura 18). A continuación, se presenta la descripción de los pasos de forma detallada. Este proceso se realizó cuatro veces, una por cada tipo de ceniza.

Figura 61

Método para el procesamiento de las cenizas



Notas. Elaboración propia (octubre 2024).

10.2.1 Pesaje inicial de las cenizas obtenidas

Como se observa en la figura 62 se registró el peso total de las cenizas obtenidas tras la quema de las ramas de cada especie vegetal, asegurando una medición precisa de la cantidad generada.

Figura 62

Pesaje inicial de las cenizas



Nota. El peso marcado por la báscula toma en cuenta el aumento de 3 g por el peso de la bolsa con etiqueta. Fotografías propias (septiembre 2024).

10.2.2 Eliminación de residuos grandes

Se retiraron cuidadosamente con ayuda de una pincetas los restos de ramas carbonizadas que no se han descompuesto completamente (véase figura 63).

Figura 63

Eliminación de residuos grandes



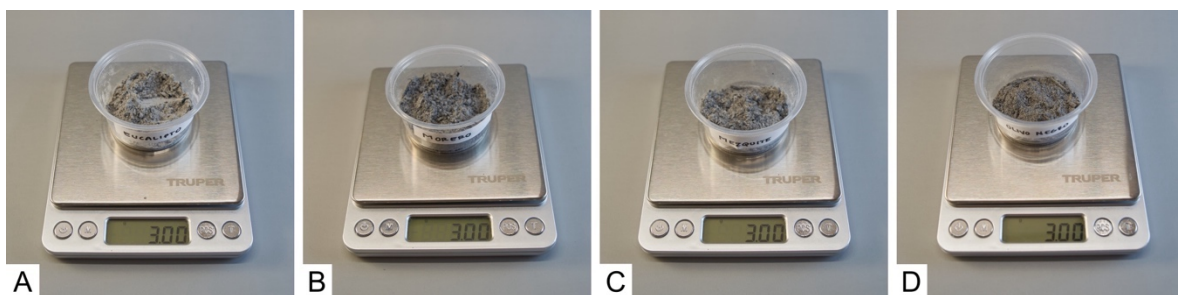
Nota. Fotografías propias (octubre 2024).

10.2.3 Pesaje de la muestra de cenizas

Se seleccionó una cantidad fija de cenizas de cada especie, controlando el material a procesar y permitiendo un registro detallado de la cantidad utilizada (véase figura 64).

Figura 64

Pesaje de las cenizas sin residuos



Nota. Se tomó la cantidad de 3 g por cada muestra. Fotografías propias (octubre 2024).

10.2.4 Lavado y tamizado

Esta etapa incluye el lavado para eliminar impurezas, reposo para sedimentación, eliminación de residuos flotantes y tamizado para obtener una granulometría uniforme.

Para eliminar las impurezas (figura 65), las cenizas se colocaron en un recipiente con capacidad suficiente para contener tanto su volumen como el agua utilizada en el lavado. En este procedimiento se emplearon aproximadamente 8 ml de agua, ajustando la cantidad según el volumen de la muestra. Para lavar 3 g de cenizas de cada especie se utilizó un recipiente de 2 oz. El agua se vertió lentamente sobre las cenizas con el fin de evitar la pérdida de partículas.

Figura 65

Lavado de las cenizas



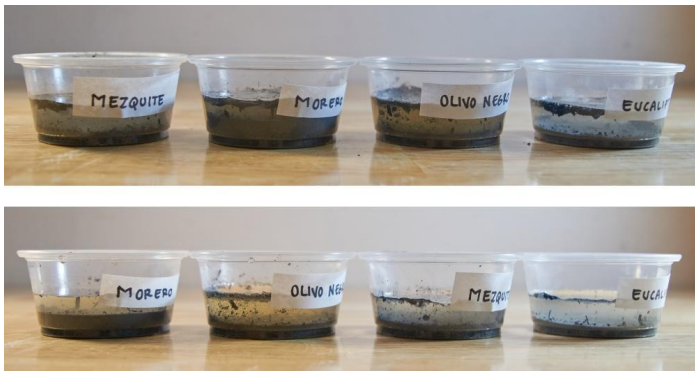
Nota. Fotografías propias (octubre 2024).

El proceso de sedimentación (figura 66) consistió en dejar reposar la mezcla durante 15 minutos, lo que permitió que las partículas más pesadas se depositaran en el fondo del recipiente. Posteriormente, los residuos fueron retirados manualmente (figura 67) y se prolongó el reposo por otros 15 minutos para asegurar una sedimentación completa.

Cada muestra de cenizas se pasó primero por un tamiz de malla de 50 y luego por uno de malla de 100. Esto permitió separar las partículas gruesas y obtener una granulometría uniforme (véase figura 68). Durante el tamizado se observó que la ceniza de eucalipto, olivo negro y morero fueron fácilmente tamizadas en malla 50 pero se tamizaron con dificultad en malla 100. Mientras que la ceniza de mezquite se tamiza fácilmente en ambas mallas.

Figura 66

Sedimentación de las cenizas



Nota. La imagen superior muestra la sedimentación a los 15 minutos de reposo, la imagen inferior muestra la sedimentación posterior a la eliminación de residuos flotantes. Fotografías propias (octubre 2024).

Figura 67

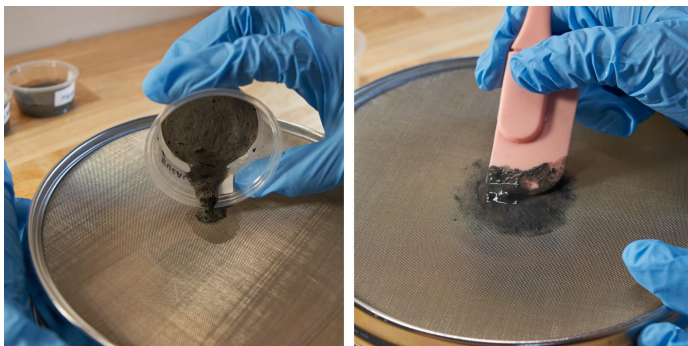
Residuos flotantes



Nota. Fotografías propias (octubre 2024).

Figura 68

Tamizado de las cenizas



Notas. Fotografías propias (octubre 2024).

10.2.5 Secado de las cenizas procesadas

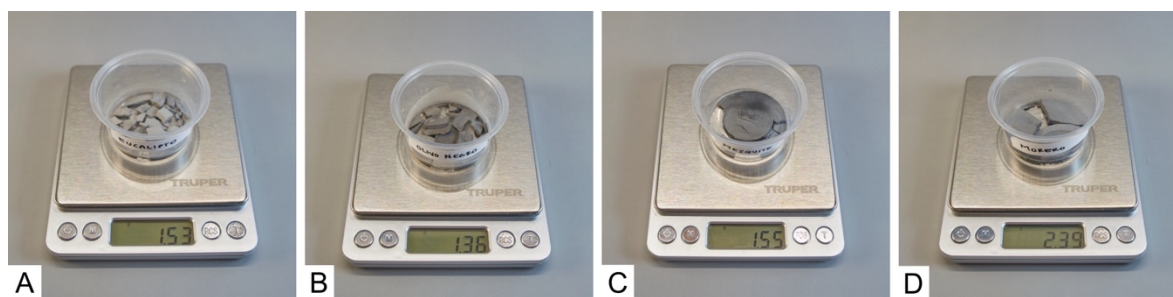
Las cenizas se dejaron secar en un recipiente abierto, en un lugar ventilado, pero sin corrientes de aire. Se tuvo cuidado de evitar la volatilización de las partículas y la contaminación de las cenizas. Con este paso se busca eliminar toda la humedad restante para devolver las cenizas a un estado seco, asegurando que estén listas para el siguiente paso.

10.2.6 Pesaje final de las cenizas en seco

Se realizó una nueva medición del peso para registrar la cantidad de cenizas obtenidas tras el procesamiento de lavado y tamizado (véase figura 69). Con el fin de registrar un valor exacto para su uso posterior.

Figura 69

Pesaje de las cenizas obtenidas en seco



Notas. (A) eucalipto, (B) olivo negro, (C) mezquite y (D) morero. Fotografías propias (octubre 2024).

La selección de la cantidad de muestra de cenizas, así como los tiempos de procesamiento, incluyendo el reposo, la cantidad de lavados y los tamizados, se determinó en función de las cantidades obtenidas durante la quema y ajustándose a las necesidades específicas de cada muestra. Estos parámetros fueron establecidos siguiendo las recomendaciones de Rogers (2023) y Forrest (2013), además se consideró el tamaño óptimo de la muestra para realizar un análisis mediante Fluorescencia de Rayos X.

10.2.6.1 Registro del pesaje de las cenizas.

Se realizó el pesaje de las muestras en diferentes etapas; en la primera etapa se pesaron las ramas secas y las cenizas sin procesar para registrar la cantidad obtenida por gramo de material utilizado.

La segunda etapa de pesaje se hizo durante el procesamiento de las cenizas; peso de las muestras de cenizas a utilizar (sin residuos grandes), y peso de las cenizas procesadas en seco. Esta información se registró en la tabla 25.

Tabla 25

Registro de pesos

Especie	Ramas secas (g)	Ceniza obtenida (g)	Ceniza a utilizar (g)	Ceniza procesada seca (g)
Eucalipto	100	15.65	3	1.53
Olivo negro	100	16.12	3	1.37
Mezquite	100	7	3	1.55
Morero	100	7.33	3	2.39

Notas. De todas las especies se pesaron 100 g de ramas para cada quema. Elaboración propia (octubre 2024).

10. 3 Análisis y registro de composición química de las cenizas por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X

Se utilizó la técnica de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X por dispersión de energía para analizar el contenido químico de las cenizas, mediante el equipo Shimadzu modelo EDX-7000 que se muestra en la figura 70. Este equipo es controlado a través de una computadora que opera con un programa especializado, el cual facilita la interacción con el dispositivo.

Figura 70

Equipo de laboratorio Shimadzu EDX-7000



Nota. Fotografías propias (octubre 2024) tomadas en el Laboratorio de Química del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

10.3.1 Descripción del método

El procedimiento para realizar el análisis se detalla en los siguientes pasos: encendido y calibración del equipo, activación de los Rayos X, colocación de la muestra, análisis de los elementos presentes, generación del informe de resultados, análisis de los óxidos presentes, emisión del nuevo informe de análisis, y finalmente, retiro de la muestra.

El encendido y la calibración del equipo toma aproximadamente 10 min. Posteriormente, la activación de los Rayos X requiere otros 10 min para estar lista. Una vez que el equipo está preparado, emite una notificación a través del programa de computadora indicando que está listo para comenzar el análisis.

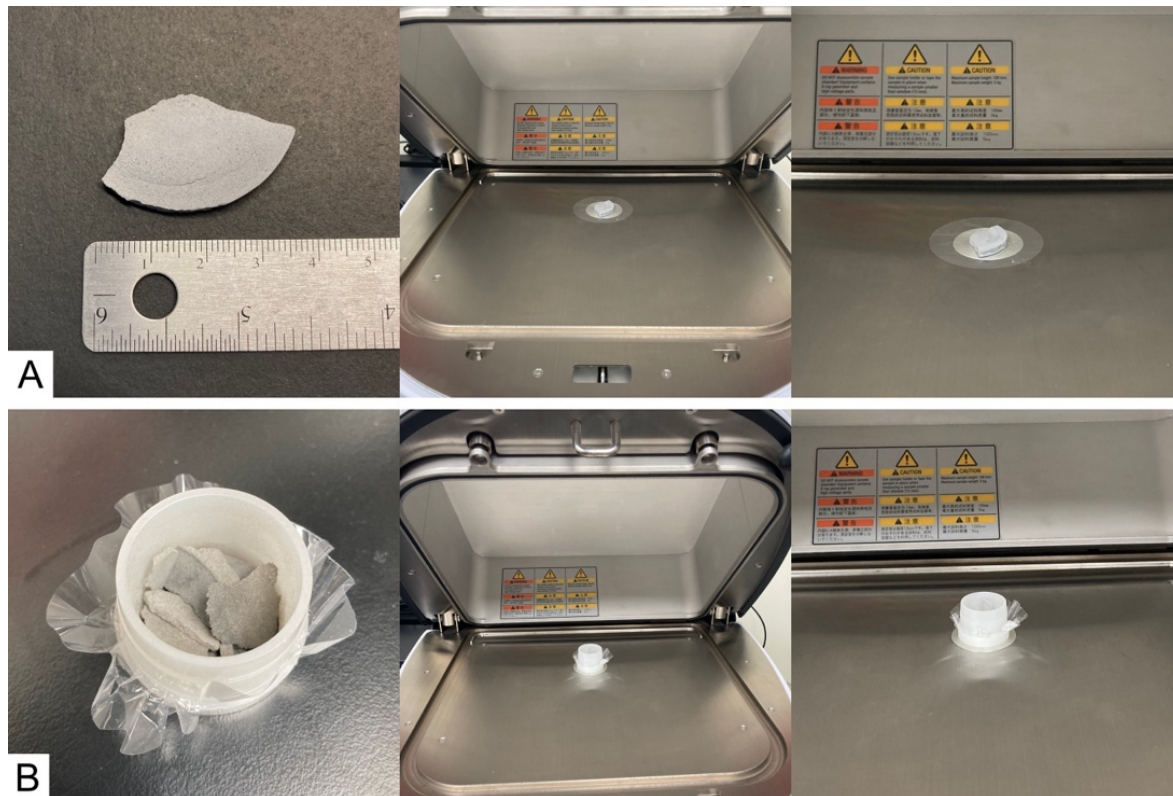
En este equipo se pueden analizar una amplia variedad de muestras, que abarcan desde polvos hasta líquidos (Shimadzu Scientific Instruments, 2024). Algunas muestras requieren el uso de un porta muestras para asegurar un análisis adecuado, lo cual depende de características como la forma o el tamaño de la muestra. Según estas propiedades, se determina si es necesario utilizar un porta muestras o si puede analizarse directamente. En cualquiera de los casos, se coloca una película protectora por seguridad para el equipo.

En este estudio se analizaron cuatro muestras de ceniza: eucalipto, olivo negro, mezquite y morero. Dos muestras no necesitaron de un porta muestras pues quedaron en

fragmentos de al redor de 3.5 cm, compactados tras la etapa de lavado y secado. Mientras que las otras dos muestras compuestas principalmente de fragmentos menores a 1 cm y polvos, para las cuales fue indispensable el uso del porta muestras (véase figura 71).

Figura 71

Montaje de muestras para analizar

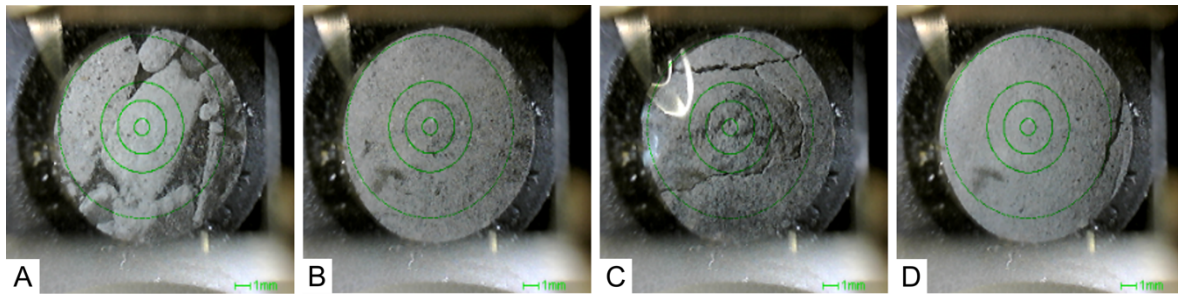


Notas. En la serie de imágenes de la fila A, se observa una muestra de ceniza sin porta muestras y cómo ésta es colocada dentro del equipo. En la serie de imágenes de la fila B se observa una muestra distinta de cenizas que requirió el porta muestras, y su colocación dentro del equipo. Fotografías propias (octubre 2024).

Durante la colocación de la muestra que se va a analizar, se utiliza una cámara de observación que se encuentra dentro del equipo, que permite asegurar que la posición de irradiación de los Rayos X sea la adecuada para la medición. Además, se selecciona el diámetro de irradiación más adecuado según la forma de la muestra (véase figura 72). Una vez confirmada la posición, se cierra la compuerta y se inicia el proceso de análisis.

Figura 72

Colocación de las muestras



Notas. (A) ceniza de eucalipto, (B) ceniza de olivo negro, (C) ceniza de mezquite y (D) ceniza de morero. Imágenes obtenidas a través del equipo de análisis (octubre 2024).

El análisis de cada muestra toma alrededor de 10 min, tanto para la determinación de elementos como de óxidos presentes, lo que significa que el proceso total por muestra es de aproximadamente 20 min. Al finalizar el análisis, los resultados se muestran en la pantalla de la computadora y se guardan en formato Excel para su revisión.

10.3.2 Informe del análisis

Se realizó un análisis de elementos y óxidos contenidos en cada muestra de ceniza. Los datos originales se muestran en el anexo 5, el informe de cada muestra incluye datos cuantitativos organizados en una tabla y gráficas que indican los elementos y óxidos detectados según su orden en la tabla periódica. Se consideró necesario modificar el aspecto de las gráficas del análisis para mejorar su visualización y comprensión (véase anexo 6). Para facilitar la revisión y análisis de los datos obtenidos en el informe, dichos datos se presentan de manera unificada en la tabla 26.

Tabla 26

Informe de análisis XRF de muestras de ceniza

Especie vegetal	Presencia de elementos		Presencia de óxidos	
	Elementos	% contenido	Óxidos	% contenido
Eucalipto	Ca	88.250	CaO	69.199
	K	8.626	K ₂ O	29.477
	Sr	1.451	SrO	0.630
	S	0.922	Fe ₂ O ₃	0.356
	Fe	0.355	SO ₃	0.120
	Zn	0.148	Lu ₂ O ₃	0.072
	Lu	0.094	MnO	0.071
	Mn	0.082	ZnO	0.051
	Cu	0.069	CuO	0.022
	Ni	0.003	NiO	0.002
	Morero	Ca	57.630	K ₂ O
K		25.315	CaO	28.085
P		11.481	P ₂ O ₅	22.538
Si		3.167	SrO	0.285
Sr		1.007	SO ₃	0.110
S		0.900	MnO	0.077
Zn		0.281	ZnO	0.062
Mn		0.139	CuO	0.013
Cu		0.054	Rb ₂ O	0.002
Er		0.024	MoO ₃	0.002
Ni		0.002	NiO	0.001
Mezquite	Ca	48.364	K ₂ O	71.129
	K	39.427	CaO	26.644
	Cl	8.063	P ₂ O ₅	1.081
	S	2.309	SO ₃	0.347
	Sr	0.948	SrO	0.321
	P	0.392	Fe ₂ O ₃	0.212
	Fe	0.283	ZnO	0.029
	Zn	0.109	MnO	0.020
	Cu	0.060	CuO	0.015
	Mn	0.035	MoO ₃	0.005
	Mo	0.011	Rb ₂ O	0.003
Olivo negro	Ca	89.523	CaO	74.089
	K	6.313	K ₂ O	24.260
	Si	1.354	Fe ₂ O ₃	0.759
	Sr	0.786	SrO	0.368
	Fe	0.731	MnO	0.233
	S	0.696	SO ₃	0.149
	Mn	0.257	TiO ₂	0.070
	Cu	0.105	CuO	0.036
	Ti	0.100	ZnO	0.036
	Zn	0.097		
	P	0.036		
Ni	0.002			

Notas. En los datos originales obtenidos del análisis químico por XRF aparece el cloro (Cl) en la tabla de óxidos presentes, al no ser un óxido en esta recopilación se omitió. Elaboración propia (octubre 2024).

10.3.3 Resultados del análisis

Según el informe de análisis se concluye que es conveniente hacer una revisión individual de la composición elemental y contenido de óxidos, así como la variabilidad química de las muestras para determinar su uso potencial en la formulación de vidriados cerámicos.

10.3.3.1 Composición elemental.

Se identificaron los elementos presentes en las muestras de ceniza. De los cuales, con mayor porcentaje se encuentran el calcio (Ca) y el potasio (K), mismos que coinciden en todas las muestras con 88.250% de Ca y 8.626% de K en la ceniza de eucalipto, 57.630% de Ca y 25.315% de K en la ceniza de morero, 48.364% de Ca y 39.427% de K en la ceniza de mezquite, y 89.523% de Ca y 6.313% de K en la ceniza de olivo negro.

10.3.3.2 Contenido de óxidos.

Predomina el óxido de calcio (CaO) y el óxido de potasio (K₂O), con las siguientes proporciones en las cenizas de distintas especies vegetales: 69.199% de CaO y 29.477% de K₂O en la ceniza de eucalipto, 28.085% de CaO y 48.826% de K₂O en la ceniza de morero, 26.644% de CaO y 71.129% de K₂O en la ceniza de mezquite, y 74.089% de CaO y 24.260% de K₂O en la ceniza de olivo negro. Estos datos permiten identificar las fórmulas químicas predominantes en las muestras de ceniza.

10.3.3.3 Variabilidad entre muestras.

Las diferencias más notables son en las concentraciones de ciertos elementos en las muestras, algunas son significativamente más altas que otras. Por ejemplo, el Ca varía desde un 48.364% hasta un 89.523%, lo que indica una gran variabilidad en la cantidad de calcio entre las muestras. El K también presenta variabilidad, oscilando entre 6.313% y 39.427%. El contenido de óxidos también varía considerablemente. Por ejemplo, el CaO tiene un rango de 26.644% a 74.089%, mientras que el K₂O va desde un 24.260% hasta un 71.129%.

Los óxidos y elementos contenidos en las muestras de ceniza analizadas claramente presentan variaciones en su composición por lo que vale la pena revisar a detalle sus diferencias y similitudes. A continuación, se hace una descripción de los elementos y óxidos que coinciden

en todas las muestras, aquellos que se presentan en algunas de las muestras y finalmente los que aparecen como únicos en las diferentes muestras.

10.3.3.4 Elementos y óxidos que coinciden en todas las muestras.

Los elementos y óxidos comunes como el calcio, potasio y sus óxidos correspondientes son los principales componentes de las cenizas vegetales, esto podría indicar que el aporte de las cenizas en una formulación de vidriado podría ser directamente como óxidos básicos. En la tabla 27 se presentan los elementos y óxidos presentes en todas las muestras y sus variaciones de contenido.

Tabla 27

Elementos y óxidos que coinciden en todas las muestras (con oscilaciones)

Elementos ^a	Oscilación % Elementos	Óxidos ^b	Oscilación % Óxidos
Ca	48.364% - 89.523%	CaO	26.644% - 74.089%
K	6.313% - 39.427%	K ₂ O	24.260% - 71.129%
S	0.696% - 2.309%	SO ₃	0.110% - 0.356%
Sr	0.786% - 1.451%	SrO	0.285% - 0.630%
Cu	0.054% - 0.105%	MnO	0.020% - 0.233%
Mn	0.035% - 0.257%	ZnO	0.029% - 0.062%
Zn	0.097% - 0.281%	CuO	0.013% - 0.036%

Notas.

- Elementos presentes en todas las muestras: calcio (Ca) con porcentajes que varían entre 48.364% y 89.523%, potasio (K) con un rango de 6.313% a 39.427%, azufre (S) con porcentajes que oscilan entre 0.696% y 2.309%, estroncio (Sr) en concentraciones que van desde 0.786% a 1.451%, cobre (Cu) aunque en bajas concentraciones, el cobre está presente en todas las muestras con valores entre 0.054% y 0.105%. El manganeso (Mn), está presente en todas las muestras y su contenido varía de entre 0.035% a 0.257%, lo que indica que puede estar más concentrado en algunas muestras que en otras. El cinc (Zn) presente con una oscilación del 0.097% al 0.281%.
- Óxidos presentes en todas las muestras: óxido de calcio (CaO) con porcentajes que varían de 26.644% a 74.089%, óxido de potasio (K₂O) con contenidos entre 24.260% y 71.129%. Óxido de azufre (SO₃) en bajas concentraciones de 0.110% a 0.356%, óxido de estroncio (SrO) con porcentajes que varían de 0.285% a 0.630%, óxido de manganeso (MnO) con concentraciones que varían entre 0.020% y 0.233%. El óxido de zinc (ZnO) en pequeñas cantidades del 0.029% a 0.051% y óxido de cobre (CuO) con oscilaciones de 0.013% a 0.036%.
Elaboración propia (octubre 2024).

10.3.3.5 Elementos y óxidos que coinciden sólo en algunas muestras.

La presencia de algunos elementos como el fósforo (P) y silicio (Si) en algunas muestras podría indicar propiedades adicionales como mayor dureza o capacidad de formar vidrios, lo cual es importante en la formulación de los vidriados cerámicos. En la tabla 28 se muestran los elementos y óxidos que aparecen en algunas de las muestras con las oscilaciones de porcentaje contenido.

Tabla 28*Elementos y óxidos que coinciden sólo en algunas muestras (con oscilaciones)*

Elementos ^a	Oscilación % Elementos	Óxidos ^b	Oscilación % Óxidos
P	0.036% - 0.392%	Fe ₂ O ₃	0.212% - 0.759%
Si	1.354% - 3.167%	NiO	0.001% - 0.002%
Ni	0.002% - 0.003%	Rb ₂ O ₃	0.002% - 0.003%
Fe	0.283% - 0.731%		

Notas.

- a. Elementos: fósforo (P) solo aparece en las muestras de mezquite y olivo negro, con concentraciones de 0.036% a 0.392%. Silicio (Si) se encuentra en las muestras de olivo negro y morero con concentraciones de 1.354% y 3.167%. Níquel (Ni) aparece en concentraciones muy bajas de 0.002% a 0.003% en las muestras de eucalipto, morero y olivo negro, pero está ausente en la muestra de mezquite. Hierro (Fe) presente en las muestras de eucalipto, mezquite y olivo negro con oscilaciones de 0.283% a 0.731%.
- b. Óxidos: óxido de hierro (Fe₂O₃) está presente en la ceniza de eucalipto, mezquite y olivo negro con valores que oscilan entre 0.212% y 0.759%. Óxido de níquel (NiO) presente en las cenizas de morero y eucalipto con valores de 0.001% a 0.002%. Óxido de rubidio (Rb₂O₃) se encuentra en las muestras de morero y mezquite de 0.002% a 0.003%. Elaboración propia (octubre 2024).

10.3.3.6 Elementos y óxidos que diferencian a las muestras.

Los elementos y óxidos presentes en las diferentes muestras se encuentran en concentraciones inferiores al 2%, con la excepción del cloro (Cl), que alcanza un 8.063% en la ceniza de mezquite. Debido a su baja concentración y a la naturaleza volátil de algunos de estos compuestos a altas temperaturas, puede no ser importantes para determinar las propiedades físicas o químicas de las cenizas, especialmente para su uso en la formulación de vidriados cerámicos. En la tabla 29 se muestran los elementos y óxidos que están presentes únicamente en ciertas muestras, lo que las distingue de las demás.

Tabla 29*Elementos y óxidos que diferencian a las muestras (con porcentajes)*

Elementos ^a	Muestra	Óxidos ^b	Muestra
Cl (8.063%)	mezquite	TiO ₂ (0.070%)	olivo negro
Mo (0.011%)	mezquite	MoO ₃ (0.005%)	morero
Lu (0.094%)	eucalipto	Lu ₂ O ₃ (0.072%)	eucalipto
Er (0.024 %)	morero	P ₂ O ₅ (1.081 %)	mezquite
Ti (0.100%)	olivo negro		

Notas. Elaboración propia (octubre 2024).

- a. Elementos: cloro (Cl), molibdeno (Mo), lutecio (Lu), erbio (Er) y titanio (Ti).
- b. Óxidos: óxido de titanio (TiO₂), óxido de molibdeno (MoO₃), óxido de Lutecio (Lu₂O₃) y óxido de Fósforo (P₂O₅).

10.3.3.7 Elementos de menor proporción.

En algunos casos, el análisis muestra elementos en cantidades por debajo de los 0,1%. Ya que se encuentran en una proporción mínima se prevé que no generen modificaciones significativas en las propiedades de los vidriados. En la tabla 30 se muestran los elementos y óxidos presentes en menor proporción.

Tabla 30

Elementos y óxidos presentes en menor proporción

Muestra	Elementos	Óxidos
Eucalipto	Lu	Lu ₂ O ₃
	Mn	MnO
	Cu	ZnO
	Ni	CuO
		NiO
Morero	S	MnO
	Zn	ZnO
	Mn	CuO
	Cu	Rb ₂ O
	Er	MoO ₃
	Ni	NiO
Mezquite	Cu	ZnO
	Mn	MnO
	Mo	CuO
		MoO ₃
Olivo negro		Rb ₂ O
	Zn	TiO ₂
	P	CuO
	Ni	ZnO

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).

10.3.4 Conclusiones del capítulo

El instrumento diseñado para la selección de especies vegetales utilizables en la obtención de cenizas demostró ser eficaz al identificar cuatro especies que comparten características relevantes para este propósito. Tanto el método para la obtención de las cenizas como el procesamiento para su análisis dieron resultados óptimos y sin ningún tipo de iteración. Por cada 100 g de ramas secas se obtuvieron variaciones en la cantidad de ceniza generada, con un rango de entre 16.12 y 7.33 g. Tras el procesamiento se obtuvo entre 2.39 y 1.37 g de muestras de ceniza por especie, suficiente para su análisis químico.

A partir de los datos obtenidos del análisis químico se pueden hacer inferencias sobre las propiedades de las cenizas, como su fusión, comportamiento en altas temperaturas o su capacidad para reaccionar con otros materiales. Para entender las propiedades que las cenizas pueden aportar a los vidriados cerámicos resulta útil clasificar los óxidos en formadores de vidrio, fundentes y estabilizadores.

Según la clasificación de óxidos de Herman Seger que menciona Morales (2005, p.21) en su obra Tecnología de los materiales cerámicos, se dividen en óxidos básicos ($R_2O + RO$) o fundentes, óxidos anfóteros o estabilizadores (R_2O_3) y óxidos ácidos o refractarios, también conocidos como formadores de vidrio ($RO_2 + R_2O_5 + RO_3$).

Tras el análisis químico de las muestras de ceniza se propone la siguiente clasificación:

Tabla 31

Clasificación de los óxidos contenidos en las cenizas

Tipo de ceniza	Óxidos básicos RO / R ₂ O	Óxidos anfóteros R ₂ O ₃	Óxidos ácidos RO ₂ + R ₂ O ₅ + RO ₃
Eucalipto	CaO K ₂ O SrO MnO ZnO CuO NiO	Fe ₂ O ₃ Lu ₂ O ₃	SO ₃
Morero	K ₂ O CaO SrO MnO ZnO CuO Rb ₂ O NiO		P ₂ O ₅ SO ₃ MoO ₃
Mezquite	K ₂ O CaO SrO ZnO MnO CuO Rb ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅ SO ₃ MoO ₃
Olivo negro	CaO K ₂ O SrO MnO CuO ZnO	Fe ₂ O ₃	SO ₃ TiO ₂

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).

Con esto podemos decir que las cenizas analizadas contienen una concentración de óxidos básicos de los cuales destacan los óxidos de calcio (CaO), óxido de potasio (K₂O). En menor proporción se identificó el óxido de fósforo (P₂O₅) que representa la presencia de óxidos ácidos. El resto de los óxidos no se consideran relevantes debido a sus bajas concentraciones, por lo que solo se tomarán en cuenta aquellos presentes en cantidades superiores al 1%. Cabe señalar que el óxido de azufre (SO₃) tiende a volatilizarse a los 315 °C y el óxido de molibdeno (MoO₃) se volatiliza a más de 800 °C, por lo tanto, no contribuyen a las propiedades de un vidriado cerámico por lo que no se tomará en cuenta para los cálculos de las formulaciones.

De acuerdo con Ros i Frigola (2017) y las cantidades de los óxidos del análisis químico las cenizas se clasifican como básicas.

Observar las coincidencias y diferencias entre las concentraciones de las cenizas permite la caracterización detallada de cada tipo de ceniza y así determinar sus aplicaciones potenciales en las formulaciones de vidriados. Con esto se concluye que las cenizas pueden contribuir principalmente como fundentes en una formulación de vidriado cerámico. La cantidad de ceniza a utilizar dependerá de la disponibilidad de este material, así como de otros materiales que complementen a los óxidos involucrados en la fórmula.

Capítulo 11. Formulación de los vidriados

Este capítulo responde a la pregunta de investigación ¿Cuáles son los métodos de formulación de vidriados y de qué manera se incorporan las cenizas vegetales para obtener sus correspondientes fórmulas químicas?, cuyo objetivo específico es “Proponer fórmulas de vidriados balanceados utilizando métodos de cálculo y ajuste basados en fórmulas moleculares, incluyendo a las vegetales como materia prima” y se vincula con la variable “fórmula molecular de los vidriados”. En este se presentan los métodos de formulación de los vidriados, su aplicación y resultados de los cuales derivaron cuatro propuestas de fórmulas de vidriado. Asimismo, se expone un método de comparación entre las formulaciones realizadas en forma manual con las formulaciones de una herramienta digital. Finalmente se describe proceso de conversión de las fórmulas de vidriado a recetas y sus resultados.

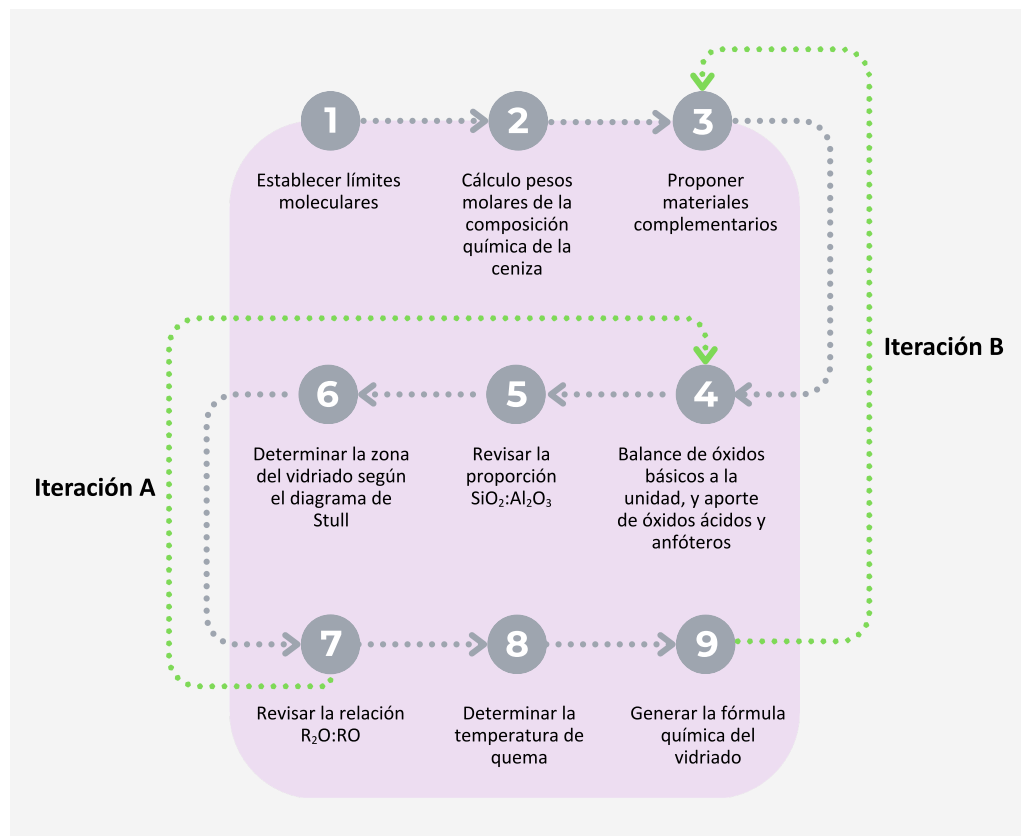
11.1 Método para la formulación del vidriado con cálculo Seger y determinación de la temperatura de cocción

En la figura 73 se muestra el método que se utilizó para formular los vidriados de ceniza, de acuerdo con los sistemas para la formulación de vidriados cerámicos vistos en el marco teórico. El método consiste en una serie de 9 pasos, y dos procesos iterativos en donde *iteración A*, se refiere a que alguna proporción excede los valores recomendados y se deben ajustar las cantidades en el balance de óxidos (paso 4), e *iteración B*, de ser necesario se modifican los materiales propuestos para corregir la fórmula.

Estos pasos se siguieron para formular cuatro esmaltes a base de ceniza, uno por cada tipo de muestra y se describen a continuación.

Figura 73

Método para la formulación de vidriados



Notas. Iteración A: se ajustan las cantidades en el balance, Iteración B: se modifican los materiales propuestos. Elaboración propia.

11.1.1 Límites moleculares

Para los vidriados de ceniza, se seleccionaron los límites moleculares de vidriados alcalinos con boro correspondientes a los conos Orton del 05 al 5, de acuerdo con Matthes (1990). Se utilizaron para las cuatro formulaciones y se muestran en la tabla 32. Estos límites se eligieron de acuerdo con la disponibilidad de materia prima cuyo contenido químico se enlista en los límites propuestos.

Tabla 32*Límites moleculares para vidriados alcalinos con boro 05-5*

Óxidos básicos RO / R₂O	Óxidos anfóteros R₂O₃	Óxidos ácidos RO₂ + R₂O₅ + RO₃
0,00-0,70 Na ₂ O	0,15-0,60 Al ₂ O ₃	1,50-4,50 SiO ₂
0,00-0,60 K ₂ O	0,30-1,60 B ₂ O ₃	
0,00-0,30 Li ₂ O		
0,10-0,50 CaO		
0,00-0,10 MgO		
0,00-0,10 ZnO		
0,00-0,10 BaO		

Notas. Adaptado de *Vidriados cerámicos* (Matthes 1990, p. 44).

11.1.2 Cálculo de pesos molares de la composición química de la ceniza

A partir del análisis químico con XRF, se obtuvieron los porcentajes de óxidos presentes en las muestras de ceniza (ubicados en la primera y segunda columna de las tablas 33-36). En la tercera columna se registraron los pesos molares de cada óxido según Matthes (1990).

En la cuarta columna se calculan los moles dividiendo el porcentaje obtenido por XRF entre el peso molar del óxido (g/mol), de acuerdo con la ecuación 1. Luego se multiplica el peso molar del óxido por la cantidad de moles, dividida entre el total de moles, para obtener el peso molar proporcional presente en la ceniza (ecuación 2). A continuación, se presentan las tablas de cálculo de pesos molares para cada muestra de ceniza.

$$\text{Moles} = \frac{\text{Porcentaje en XRF}}{\text{Peso molar}} \quad (1)$$

$$\text{Peso molar proporcional} = \text{peso molar} * \frac{\text{moles}}{\text{moles totales}} \quad (2)$$

Tabla 33*Cálculo de pesos molares de ceniza de eucalipto*

Óxido	Porcentaje en XRF	Peso molar del óxido (g/mol)	Moles	Peso molar proporcional (g/mol)
CaO	69.199	56.08	1.233934	44.95030767
K ₂ O	29.477	101.96	0.289104	19.14767871
		Moles totales	1.54	64.78896094

Notas. Peso molar del óxido de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 34*Cálculo de pesos molares de ceniza de mezquite*

Óxido	Porcentaje en XRF	Peso molar del óxido (g/mol)	Moles	Peso molar proporcional (g/mol)
CaO	26.64	56.08	0.475107	22.505635113
K ₂ O	71.13	101.96	0.697617	60.081193512
P ₂ O ₅	1.08	283.89	0.003808	0.913098317
		Moles totales	1.18	84.021547731

Notas. Pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 35*Cálculo de pesos molares de ceniza de morero*

Óxido	Porcentaje en XRF	Peso molar de óxido (g/mol)	Moles	Peso molar proporcional (g/mol)
CaO	28.09	56.08	0.500802	26.353857550
K ₂ O	48.83	101.96	0.478874	45.816394828
P ₂ O ₅	22.54	283.89	0.079390	21.148771282
		Moles totales	1.06	93.902491795

Notas. Pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 36*Cálculo de pesos molares de ceniza de olivo negro*

Óxido	Porcentaje en XRF	Peso molar del óxido (g/mol)	Moles	Peso molar proporcional (g/mol)
CaO	74.09	56.08	1.321131	46.974452500
K ₂ O	24.26	101.96	0.237936	15.381503565
		Moles totales	1.55	63.081995971

Notas. Pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

11.1.3 Proponer materiales complementarios

Conociendo la composición química de las cenizas, fue posible identificar los tipos de óxidos presentes, observándose que predominan los óxidos básicos.

Es importante recordar que un vidriado se compone de un equilibrio entre distintos tipos de óxidos (ácidos, anfóteros y básicos), por lo que es necesario proponer materiales complementarios para lograr este balance, tomando en cuenta los límites moleculares. Tras obtener los pesos molares de los óxidos en la composición química de las cenizas, se determinó la fórmula química de los materiales propuestos y sus pesos molares. Los datos resultantes se presentan en las tablas 37-40).

Tabla 37*Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de eucalipto*

Material	Fórmula	Peso molar (g/mol)
Colemanita calcinada	2CaO 3B ₂ O ₃	357
Feldespato sódico	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	524.5
Bórax anhidro	Na ₂ O 2B ₂ O ₃	201
Sílice	SiO ₂	60
Ceniza de eucalipto	1.23393366 CaO 0.28910357K ₂ O	64.78896094

Notas. Fórmula química y pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 38*Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de mezquite*

Materiales	Fórmula	Peso molar (g/mol)
Colemanita calcinada	2CaO 3B ₂ O ₃	357
Feldespato Sódico	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	524.5
Bórax anhidro	Na ₂ O 2B ₂ O ₃	201
Sílice	SiO ₂	60
Cenizas de mezquite	0.38076818 CaO 0.11859484 K ₂ O 0.00064733 P ₂ O ₅	84.021547731

Notas. Fórmula química y pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 39*Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de morero*

Materiales	Fórmula	Peso molar (g/mol)
Colemanita calcinada	2CaO 3B ₂ O ₃	357
Feldespato Sódico	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	524.5
Bórax anhidro	Na ₂ O 2B ₂ O ₃	201
Sílice	SiO ₂	60
Cenizas de morero	0.4051685 CaO 0.10056355 K ₂ O 0.01667193 P ₂ O ₅	93.902491795

Notas. Fórmula química y pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 40*Selección de materiales para la fórmula del vidriado de ceniza de olivo negro*

Materiales	Fórmula	Peso molecular
Colemanita calcinada	2CaO 3B ₂ O ₃	357
Feldespato Sódico	Na ₂ O Al ₂ O ₃ 6SiO ₂	524.5
Bórax anhidro	Na ₂ O 2B ₂ O ₃	201
Sílice	SiO ₂	60
Cenizas de olivo negro	1.32113052 CaO 0.23793644 K ₂ O	63.081995971

Notas. Fórmula química y pesos molares de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

11.1.4 Balance de óxidos básicos a la unidad y aporte de óxidos ácidos y anfóteros

Al conocer las fórmulas químicas y pesos molares de los materiales a utilizar, el paso siguiente es ordenar los óxidos bases de los materiales propuestos (incluida la ceniza) de manera que la suma total de los moles sea uno. Se proponen proporciones específicas para cada material en la mezcla que aporta óxidos básicos. Por ejemplo, se sugiere una combinación de 0.15 de colemanita calcinada, 0.33 de feldespato sódico, 0.17 de bórax anhidro y 0.13 de cenizas de eucalipto (ver tabla 41). La suma del aporte en peso molar de cada óxido de los materiales debe ser igual a 1.

Simultáneamente, se evalúan las proporciones de los materiales que aportan óxidos ácidos y anfóteros, considerando factores clave como la relación $R_2O:RO$ y la relación $SiO_3:Al_2O_3$ y la temperatura estimada de quema. Verificando que las cantidades de cada óxido se mantengan dentro de los límites establecidos. Si alguna proporción excede los valores recomendados, se ajustan las cantidades (*iteración A*) o se modifican los materiales propuestos para corregir la fórmula (*iteración B*). A continuación, se muestran las tablas (41-44) de balance de óxidos para cada formulación de vidriado.

Tabla 41

Balance de óxidos (ceniza de eucalipto)

Grupos de óxidos	Materiales →	Colemanita calcinada	Feldespato Sódico	Bórax anhidro	Sílice	Cenizas de eucalipto	Suma por óxido	Suma de óxidos bases
	Fracción utilizada →	0.15	0.33	0.17	0.75	0.13		
	Óxidos de los materiales	aporte	aporte	aporte	aporte	aporte		
Bases (RO, R ₂ O)	CaO	0.3	0	0	0	0.1604114	0.4604114	1
	Na ₂ O	0	0.33	0.17	0	0	0.5	
	K ₂ O	0	0	0	0	0.0375835	0.0375835	
Anfóteros (R ₂ O ₃)	B ₂ O ₃	0.45	0	0.34	0	0	0.79	
	Al ₂ O ₃	0	0.33	0	0	0	0.33	
Ácidos (RO ₂)	SiO ₂	0	1.98	0	0.75	0	2.73	

Notas. Fórmula química, pesos molares y temperatura de fusión de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462).
Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 42

Balance de óxidos (ceniza de mezquite)

Grupos de óxidos	Materiales →	Colemanita calcinada	Feldespató Sódico	Bórax anhidro	Sílice	Cenizas de mezquite	Suma por óxido	Suma de óxidos bases
	Fracción utilizada →	0.15	0.33	0.17	0.75	0.17		
	Óxidos de los materiales	aporte	aporte	aporte	aporte	aporte		
Bases (RO, R ₂ O)	CaO	0.3	0	0	0	0.08076819	0.3807682	1
	Na ₂ O	0	0.33	0.17	0	0	0.5	
	K ₂ O	0	0	0	0	0.1185948	0.1185948	
Anfóteros (R ₂ O ₃)	B ₂ O ₃	0.45	0	0.34	0	0	0.79	
	Al ₂ O ₃	0	0.33	0	0	0	0.33	
Ácidos (RO ₂)	SiO ₂	0	1.98	0	0.75	0	2.73	
	P ₂ O ₅	0	0	0	0	0.00064733	0.0006473	

Notas. Fórmula química, pesos molares y temperatura de fusión de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 43

Balace de óxidos (ceniza de morero)

Grupos de óxidos	Materiales →	Colemanita calcinada	Feldespató Sódico	Bórax anhidro	Sílice	Cenizas de morero	Suma por óxido	Suma de óxidos bases
	Fracción utilizada →	0.15	0.33	0.17	0.75	0.21		
	Óxidos de los materiales	aporte	aporte	aporte	aporte	aporte		
Bases (RO, R ₂ O)	CaO	0.3	0	0	0	0.10516851	0.40516851	1
	Na ₂ O	0	0.33	0.17	0	0	0.5	
	K ₂ O	0	0	0	0	0.10056355	0.1005636	
Anfóteros (R ₂ O ₃)	B ₂ O ₃	0.45	0	0.34	0	0	0.79	
	Al ₂ O ₃	0	0.33	0	0	0	0.33	
Ácidos (RO ₂)	SiO ₂	0	1.98	0	0.75	0	2.73	
	P ₂ O ₅	0	0	0	0	0.01667194	0.0166719	

Notas. Fórmula química, pesos molares y temperatura de fusión de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462).

Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 44

Balace de óxidos (ceniza de olivo negro)

Grupos de óxidos	Materiales →	Colemanita calcinada	Feldespató Sódico	Bórax anhidro	Sílice	Cenizas de olivo negro	Suma por óxido	Suma de óxidos bases
	Fracción utilizada →	0.15	0.33	0.17	0.75	0.13		
	Óxidos de los materiales	aporte	aporte	aporte	aporte	aporte		
Bases (RO, R ₂ O)	CaO	0.3	0	0	0	0.17174697	0.471747	1
	Na ₂ O	0	0.33	0.17	0	0	0.5	
	K ₂ O	0	0	0	0	0.03093174	0.0309317	
Anfóteros (R ₂ O ₃)	B ₂ O ₃	0.45	0	0.34	0	0	0.79	
	Al ₂ O ₃	0	0.33	0	0	0	0.33	
Ácidos (RO ₂)	SiO ₂	0	1.98	0	0.75	0	2.73	

Notas. Fórmula química, pesos molares y temperatura de fusión de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462).
Elaboración propia (octubre 2024).

11.1.5 Revisar la proporción $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$

Las cantidades de alúmina y sílice en el vidriado influyen en la temperatura de quema y la relación entre ambos influye en la brillantez del vidriado. La proporción $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ se determina de acuerdo con la cantidad de moles propuestos para cada componente. Para calcularla, se divide el aporte en peso molar de la sílice entre el de la alúmina de la fórmula del vidriado (ecuación 3). Si la relación no es adecuada, se deben ajustar las proporciones de los óxidos ácidos y anfóteros para alcanzar el equilibrio óptimo.

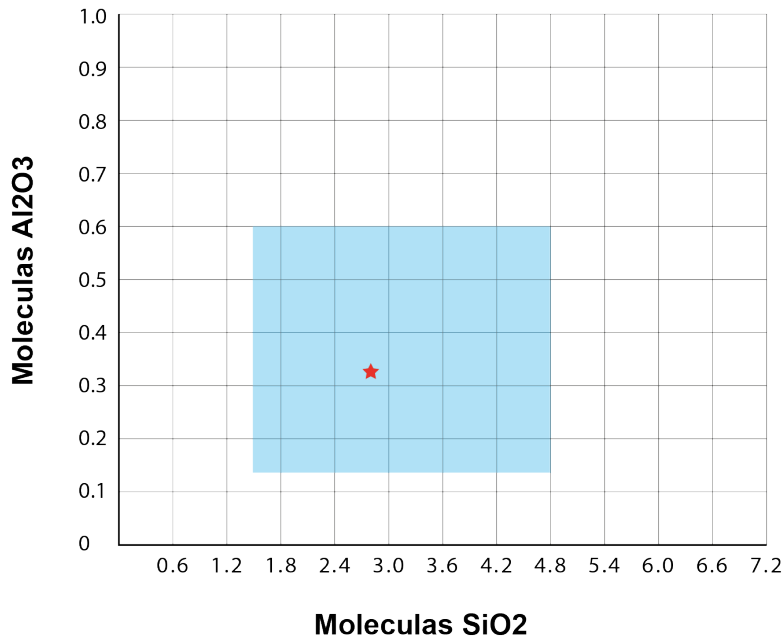
$$\text{Proporcion SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Peso molar sílice}}{\text{peso molar alumina}} \quad (3)$$

Para las cuatro formulaciones se utilizaron 0.33 moles de Al_2O_3 y 2.73 moles de SiO_2 de manera que la relación resultante es de 8.27 $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$. En la figura 74 se presentan los valores de la alúmina en el eje vertical y los de la sílice en el eje horizontal. El rectángulo delimita los rangos establecidos en los límites moleculares para Al_2O_3 (0.15-0.60) y SiO_2 (1.50-4.50). El punto en forma de estrella indica la posición dentro de los límites de los valores de Al_2O_3 (0.33) y SiO_2 (2.73).

Las cantidades de alúmina y sílice sugieren un vidriado de baja temperatura, y la proporción resultante de 8.27 indica que podría tener acabado semi mate o semi brillante de acuerdo con (Hammer y Hammer, 1991).

Figura 74

Proporción de $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$



Notas. Adaptado de Vázquez en *Materiales cerámicos* (2005, p. 99).

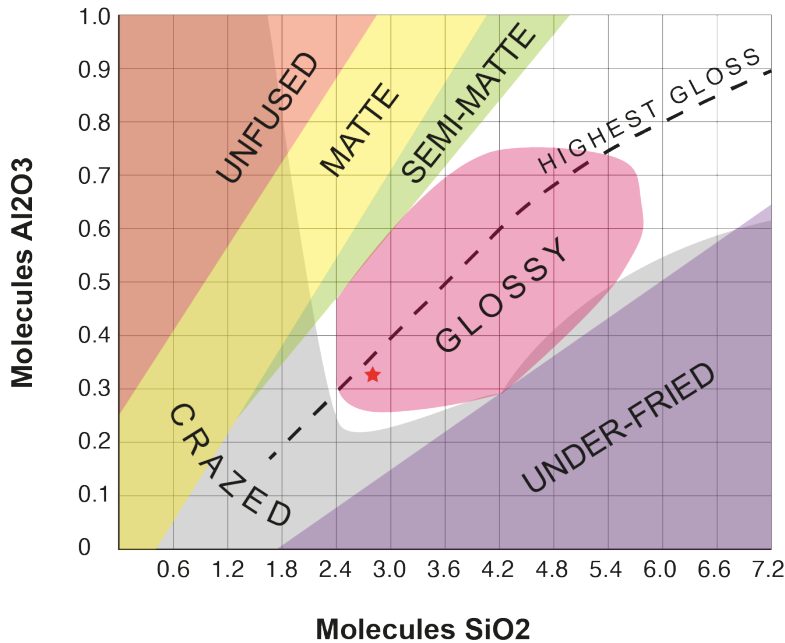
11.1.5 Determinar la zona del vidriado según el diagrama de Stull

En este paso se evalúa cómo afecta la proporción de alúmina y sílice en la fórmula del vidriado, con el fin de determinar su ubicación en el diagrama de Ray Thomas Stull.

En todas las formulaciones de vidriados de ceniza, la proporción se mantiene en Al_2O_3 (0.33) y SiO_2 (2.73). Se utilizó el diagrama propuesto en el marco teórico que representa la influencia de sílice y alúmina en vidriados de porcelana a constante RO (véase figura 75), basado en el original de Stull (1912). Los resultados mostraron que los vidriados propuestos se encuentran en la zona de acabados brillantes (*GLOSSY*), lo que puede predecir buenos resultados en las pruebas de vidriado.

Figura 75

Determinación de la zona de los vidriados de ceniza



Notas. El punto en forma de estrella marca la zona estimada del vidriado. Elaboración propia basado en el diagrama original de Stull (1912).

11.1.6 Revisar la relación $R_2O:RO$

Katz (2016) demostró experimentalmente que la mejor relación entre óxidos básicos es 0.3 R_2O :0.7 RO y que la abundancia de óxidos R_2O promueve la fragilidad en los vidriados. Esta proporción, es aplicable a cualquier rango de temperatura. Se calcula sumando los pesos molares de los óxidos R_2O (alcalinos) y los pesos molares de los óxidos RO (alcalinotérreos). Véase el ejemplo de cálculo en la tabla 45. Las relaciones obtenidas en cada una de las formulaciones se muestran en la tabla 46.

Tabla 45

Ejemplo de cálculo de relación $R_2O:RO$ (fórmula de ceniza de eucalipto)

	Pesos molares de R_2O	Pesos molares de RO
	0.5 Na_2O	0.46041137 CaO
	0.03758346 K_2O	
Sumatoria	0.53758346 R_2O	0.46198075 RO

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 46

Relación $R_2O:RO$ de las fórmulas de vidriado de ceniza

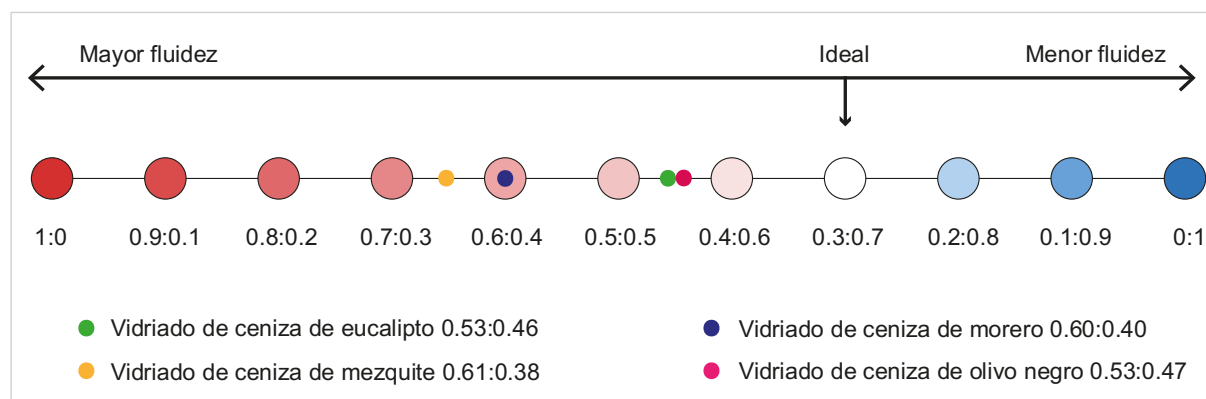
Vidriado	$R_2O:RO$
Vidriado de ceniza de eucalipto	0.53 R_2O : 0.46 RO
Vidriado de ceniza de mezquite	0.61 R_2O : 0.38 RO
Vidriado de ceniza de morero	0.60 R_2O : 0.40 RO
Vidriado de ceniza de olivo negro	0.53 R_2O : 0.47 RO

Notas. Elaboración propia (octubre 2024).

En la figura 76 se muestra la escala visual de la proporción $R_2O:RO$ adaptada de Glazy (2023), en la que se representa la proporción ideal que establece Katz (2016) y las proporciones de cada fórmula. Esta relación sugiere que en una escala del 1:0, el vidriado presentará mayor fluidez, mientras que en la escala del 0:1, el vidriado pierde fluidez.

Figura 76

Posiciones de la relación $R_2O:RO$ de las fórmulas de vidriados de ceniza



Notas. Adaptado de Glazy.org (2023).

Las proporciones R₂O:RO de los vidriados de ceniza de eucalipto y olivo negro, indican buena fluidez (más cercano al ideal). Las proporciones R₂O:RO de los vidriados de ceniza de mezquite y morero, indican mayores cantidades de R₂O lo que representa mayor fluidez.

La relación R₂O:RO obtenida en cada fórmula y la relación SiO₃:Al₂O₃ indican dos vidriados con buena fluidez y acabado brillante, y dos vidriados con mayor fluidez, se considera que es necesario realizar pruebas de los vidriados para confirmarlo.

11.1.7 Determinar la temperatura de quema

La temperatura de quema se determina considerando el aporte al punto de fusión de los materiales y los límites de temperatura establecidos. Para hacer una estimación de la temperatura de fusión del vidriado, primero se debe hacer una recopilación de la temperatura de fusión de cada óxido. Posteriormente, sabiendo cuantos moles de cada óxido contiene la fórmula, se estima el aporte de cada oxido en la temperatura de fusión, con la relación expresada en la ecuación 4.

Para vidriados alcalinos con boro, se utilizan los conos Orthon del 05 al 5, según los límites recomendados por Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). En la tabla 47 se ejemplifica con la fórmula de vidriado de ceniza de eucalipto, se expresan los óxidos, su temperatura de fusión y el aporte de cada óxido al punto de fusión.

$$Aporte\ oxido = \frac{(moles\ oxido/moles\ total\ formula)}{temperatura\ fusion\ oxido} \quad (4)$$

Tabla 47

Aporte al punto de fusión de los óxidos en la fórmula de vidriado de ceniza de eucalipto

Óxido	Temperatura de fusión	Aporte a la temperatura de fusión total
CaO	2572	3.6910E-05
Na ₂ O	1373	7.5088E-05
K ₂ O	1360	5.6981E-06

Óxido	Temperatura de fusión	Aporte a la temperatura de fusión total
B ₂ O ₃	450	3.6198E-04
Al ₂ O ₃	2072	3.2839E-05
SiO ₂	1713	0.000328605
	Sumatoria	0.000841298

Notas. Fórmula química y temperatura de fusión de acuerdo con Matthes en *Vidriados cerámicos* (1990, p. 446-462). Elaboración propia (octubre 2024).

La temperatura de la alúmina y sílice (Al:Si), se calcula dividiendo 1 entre la suma sus contribuciones a la temperatura de fusión total (ecuación 5). Del mismo modo, la temperatura de fusión de los óxidos se obtiene dividiendo 1 entre la suma de los aportes de todos los óxidos (incluyendo la alúmina y la sílice). Este cálculo se realiza para equilibrar adecuadamente los componentes. Finalmente, la elección de los conos Orthon depende de la temperatura estimada a partir de estos cálculos.

$$T_f = \frac{1}{\frac{Moles_1}{T_{f1}} + \frac{Moles_2}{T_{f2}} + \dots + \frac{Moles_n}{T_{fn}}} \quad (5)$$

La temperatura de fusión estimada corresponde a condiciones ideales y debe considerarse solo como una aproximación inicial, sujeta a posibles ajustes en la experimentación. A continuación, se presentan los datos de temperatura estimada para cada formulación (tablas 48-51). Como nota importante, del cono 5 al 6 hay un aumento en la temperatura que sobrepasa el estimado por lo que se considera el máximo al 5 (10186 °C).

Tabla 48

Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de eucalipto

Parámetros	Temperaturas estimadas de fusión
Al:Si	2766.67629 °C
Con óxidos	1188.63954 °C
Conos Orthon	05 (1031 °C) a 5 (1186 °C)

Notas. Equivalencia de temperaturas en conos Orthon según Skutt (1998) en *Kilnmaster manual for kilns* (p. 18). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 49*Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de mezquite*

Parámetros	Temperaturas estimadas de fusión
Al:Si	2767.4648 °C
Con óxidos	1180.2356 °C
Conos Orthon	05 (1031 °C) a 5 (1186 °C)

Notas. Equivalencia de temperaturas en conos Orthon según Skutt (1998) en *Kilnmaster manual for kilns* (p. 18). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 50*Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de morero*

Parámetros	Temperaturas estimadas de fusión
Al:Si	2780.3200 °C
Con óxidos	1173.3269 °C
Conos Orthon	05 (1031 °C) a 5 (1186 °C)

Notas. Equivalencia de temperaturas en conos Orthon según Skutt (1998) en *Kilnmaster manual for kilns* (p. 18). Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 51*Determinación de la temperatura de quema del vidriado de ceniza de olivo negro*

Parámetros	Temperaturas estimadas de fusión
Al:Si	2769.4421 °C
Con óxidos	1189.9086 °C
Conos Orthon	05 (1031 °C) a 5 (1186 °C)

Notas. Equivalencia de temperaturas en conos Orthon según Skutt (1998) en *Kilnmaster manual for kilns* (p. 4). Elaboración propia (octubre 2024).

11.1.8 Generar la fórmula química del vidriado

La fórmula química del vidriado resulta de la suma de los óxidos que contienen los materiales, indicando las cantidades molares de los óxidos. En la tabla 52 se presentan las cuatro propuestas de fórmulas químicas de los vidriados de ceniza.

Tabla 52*Fórmula química de los vidriados de ceniza*

Nombre	Fórmula química
Vidriado de ceniza de eucalipto	0.46041137 CaO 0.5 Na ₂ O 0.03758346 K ₂ O 0.79 B ₂ O ₃ 0.33 Al ₂ O ₃ 2.73 SiO ₂
Vidriado de ceniza de mezquite	0.38076818 CaO 0.5 Na ₂ O 0.11859484 K ₂ O 0.79 B ₂ O ₃ 0.33 Al ₂ O ₃ 2.73 SiO ₂ 0.00064733 P ₂ O ₅
Vidriado de ceniza de morero	0.4051685 CaO 0.5 Na ₂ O 0.10056355 K ₂ O 0.79 B ₂ O ₃ 0.33 Al ₂ O ₃ 2.73 SiO ₂ 0.01667193 P ₂ O ₅
Vidriado de ceniza de olivo negro	0.47174696 CaO 0.5 Na ₂ O 0.03093173 K ₂ O 0.79 B ₂ O ₃ 0.33 Al ₂ O ₃ 2.73 SiO ₂

Notas. Elaboración propia (octubre 2024).**11.1.9 Características de los vidriados**

De acuerdo con la clasificación de los vidriados planteada en el marco teórico y a partir de las formulaciones se esperan las siguientes características de los vidriados (véase tabla 53).

Tabla 53*Características de los vidriados*

Característica	Tipo
Temperatura	Baja
Tipo de soporte cerámico	Gres
Fundente principal	Alcalino (CaO, Na ₂ O y K ₂ O)
Aspecto	Brillante / semi brillante Transparente Incoloro Liso al tacto y a la vista
Composición (material dominante)	Feldespató sódico
Atmósfera	Oxidación

Nota. Elaboración propia.

11.2 Comparar los cálculos propios con los datos que se obtienen de la calculadora digital Glazy.org

Se compararon los cálculos de formulación del vidriado obtenidos mediante el método Seger con aquellos realizados en la calculadora digital Glazy.org, donde se incorporaron los materiales junto con sus fórmulas químicas, incluyendo las formulaciones específicas de cada muestra de ceniza (véase anexo 8). Posteriormente, se desarrollaron las recetas para cada vidriado y se revisaron los análisis obtenidos, tales como el balance de óxidos (presentado en la calculadora como unity molecular formula - UFM), la relación $R_2O:RO$ y la proporción $SiO_3:Al_2O_3$ (véase anexo 9).

Para mostrar los resultados, Glazy.org hace una estimación del contenido de cada óxido en porcentaje, basado en los porcentajes de la fórmula que se registre. Para esto, primero se multiplica la cantidad de moles que cada óxido de cada material por el peso molar del óxido, como en la ecuación 6.

$$\text{Peso equivalente óxido} = \text{Peso molar óxido} * \text{Moles óxido} \quad (6)$$

Este producto da como resultado el peso equivalente, que indica la cantidad de gramos que aporta cada óxido de cada material. Este valor será necesario dividirlo sobre la masa en gramos del material al que pertenece (ecuación 7).

$$\text{Proporción óxido} = \text{Peso equivalente óxido} * \text{Peso total material} \quad (7)$$

Finalmente, se multiplica por el porcentaje del material correspondiente de la receta propuesta inicialmente (ecuación 8).

$$\text{Porcentaje óxido} = \text{Proporción óxido} * \text{Porcentaje receta material} \quad (8)$$

Si se desea conocer el porcentaje total de cada óxido en la receta, se hace la suma de todos los porcentajes individuales en cada material. Asimismo, se generaron gráficos UFM que

permiten visualizar la posición de la fórmula del vidriado en el diagrama de Stull (véase anexo 10). Como aclaración, en las fórmulas químicas de cenizas que contienen Rb_2O , este componente no fue añadido, ya que no está en la base de datos de Glazy.org. Sin embargo, no se observan diferencias significativas entre el cálculo original y el de Glazy.org.

11.2.1 Asesoría con experto externo

Además de esta comprobación, se organizó una asesoría por videollamada con la técnico ceramista Norma Mainero, cuya intención fue revisar la metodología de trabajo previo a la preparación de los vidriados con el fin de realizar ajustes de ser necesario (véase anexo 7).

11.3 Conversión de fórmula a receta de vidriado de ceniza

Se colocaron las materias primas a utilizar en la primera columna, la fracción de cada material en el total de la mezcla en la segunda columna y el peso molar de cada material en la tercera columna se muestra un ejemplo de conversión. Para la cuarta columna se calcula el peso proporcional con el producto de la fracción y el peso molar (ecuación 9). En la quinta columna se normaliza el peso de cada material (ecuación 10) y en la sexta columna se obtiene el peso en porcentaje multiplicando el peso normalizado por 100 (ecuación 11). Esta conversión deberá realizarse siempre que se requiera elaborar una receta. Las tablas (54-57) contienen las respectivas recetas de vidriados de ceniza de esta investigación.

$$\text{peso proporcional} = \text{fracción} * \text{peso molar} \quad (9)$$

$$\text{peso normalizado} = \frac{\text{peso proporcional}}{\sum \text{peso proporcional}} \quad (10)$$

$$\text{peso en porcentaje} = \text{peso normalizado} * 100 \quad (11)$$

Tabla 54*Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de eucalipto a receta*

Materia prima	Fracción	Peso molar	Peso proporcional	Peso normalizado	Peso en porcentaje (Receta)
Colemanita calcinada	0.15	357	53.55	0.170405975	17.04%
Feldespato Sódico	0.33	524.5	173.085	0.550788389	55.07%
Bórax anhidro	0.17	201	34.17	0.108735241	10.875
Sílice	0.75	60	45	0.143198298	14.31%
Ceniza de eucalipto	0.13	64.958	8.444	0.026872096	2.68%
		Σ	314.249		

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).**Tabla 55***Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de mezquite a receta*

Materia prima	Fracción	Peso molar	Peso proporcional	Peso normalizado	Peso en porcentaje (Receta)
Colemanita calcinada	0.15	357	53.55	0.167298938	16.72%
Feldespato Sódico	0.33	524.5	173.085	0.540745783	54.07%
Bórax anhidro	0.17	201	34.17	0.106752656	10.67%
Sílice	0.75	60	45	0.140587343	14.055
Ceniza de mezquite	0.17	84.0042	14.280	0.044615281	4.46%
		Σ	320.085		

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).**Tabla 56***Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de morero a receta*

Materia prima	Fracción	Peso molar	Peso proporcional	Peso normalizado	Peso en porcentaje (Receta)
Colemanita calcinada	0.15	357	53.55	0.16452204	16.45%
Feldespato Sódico	0.33	524.5	173.085	0.531770258	53.17%
Bórax anhidro	0.17	201	34.17	0.10498073	10.49%
Sílice	0.75	60	45	0.138253815	13.82%
Ceniza de morero	0.21	93.7300	19.6833	0.060473157	6.04%
		Σ	325.4883		

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).

Tabla 57*Conversión de fórmula de vidriado de ceniza de olivo negro a receta*

Materia prima	Fracción	Peso molar	Peso proporcional	Peso normalizado	Peso en porcentaje (Receta)
Colemanita calcinada	0.15	357	53.55	0.170515685	17.05%
Feldespato Sódico	0.33	524.5	173.085	0.551142995	55.11%
Bórax anhidro	0.17	201	34.17	0.108805247	10.88%
Sílice	0.75	60	45	0.143290492	14.32%
Ceniza de olivo negro	0.13	63.4027	8.2423	0.026245582	2.62%
		Σ	314.0473		

Nota. Elaboración propia (octubre 2024).

Una vez teniendo la receta del vidriado, es posible preparar las cantidades que se consideren necesarias para la elaboración de pruebas de vidriado.

Capítulo 12. Preparación y aplicación de los vidriados

Este capítulo responde a la pregunta ¿Cómo influye la proporción de cenizas vegetales en la apariencia y acabados del vidriado cerámico? que corresponde al objetivo específico: “Preparar, aplicar los vidriados en losas de prueba, con el propósito de evaluar el comportamiento de las formulaciones y los resultados obtenidos”. Si bien esta pregunta y su correspondiente objetivo no se vinculan directamente con una variable de investigación, aportan resultados relevantes sobre la aplicación práctica del método en condiciones reales. En este capítulo se exponen los métodos de preparación de las recetas de vidriados, su aplicación en soportes de pasta cerámica y, finalmente, se describe el proceso de cocción junto con los resultados obtenidos.



12.1 Selección de pastas cerámicas para la elaboración de pruebas de vidriado de ceniza

Para realizar las pruebas de vidriados de ceniza, se seleccionaron pastas según la disponibilidad y adecuación al rango de temperaturas definido por los conos Orthon, que va desde el cono 05 (1031°C) hasta el cono 5 (1186°C) (véase tabla 58). Estas pastas corresponden a la sección de *Pasta tradicional y cerámica para el hogar* y se clasifican como *gres común*,

según la clasificación de pastas cerámicas descrita en el libro *Materiales cerámicos* de Emma del Carmen Vázquez (2005, p. 9).

Tabla 58

Pastas disponibles para pruebas de vidriado

Datos del material	Imagen
<p>Código: Wc-861 hagi porcelain Proveedor: Laguna Clay Presentación: Pasta Características indicadas por el proveedor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cono 5 • Color de cocción: blanco grisáceo • Porcentaje de contracción: 8,5% • Absorción de agua: 0,5% • Coeficiente de expansión: 5,6 	
<p>Código: Mp-32 Pasta azul Proveedor: Ceramicolor Presentación: Polvo Características indicadas por el proveedor: Cono 010 a 1 Color de cocción: beige</p>	

Notas. Imágenes tomadas de Laguna clay (2024) <https://www.lagunaclay.com/es/product-page/wc861-hagi-porcelain> y Ceramicolor (2024) <https://ceramicolor.com.mx/producto/mp-32-pasta-azul/>. Elaboración propia (noviembre 2024).

12.1.2 Losas de prueba

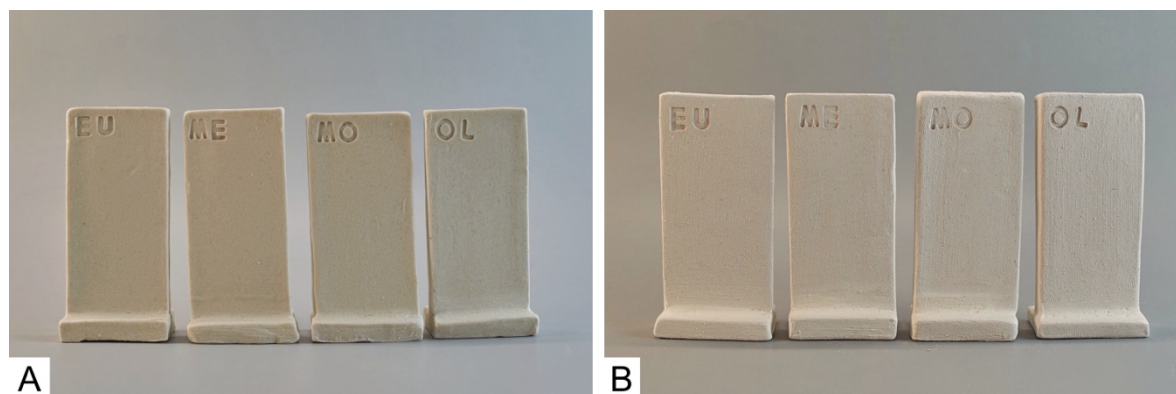
Se elaboraron losas de prueba individuales en forma de “L” teniendo en cuenta su utilidad y ventajas para observar el comportamiento del esmalte y el espacio para registro de datos que esta forma ofrece según lo visto en el marco teórico.

Se elaboraron losas de las dos pastas disponibles para cada receta de vidriado (eucalipto, mezquite, morero y olivo negro), según su temperatura de maduración: para porcelana hagi de Laguna Clay a cono 5 (1186 °C) y para pasta azul de Ceramicolor a cono 06 (998°C).

Para efectos prácticos de la lectura de los textos siguientes identificaremos a las losas por el nombre indicado por el fabricante y su temperatura de cocción utilizada: porcelana hagi - cono 5 y pasta azul - cono 06. En la figura 77 se muestran ejemplos de las losas en bizcocho.

Figura 77

Losas de prueba en forma de "L"



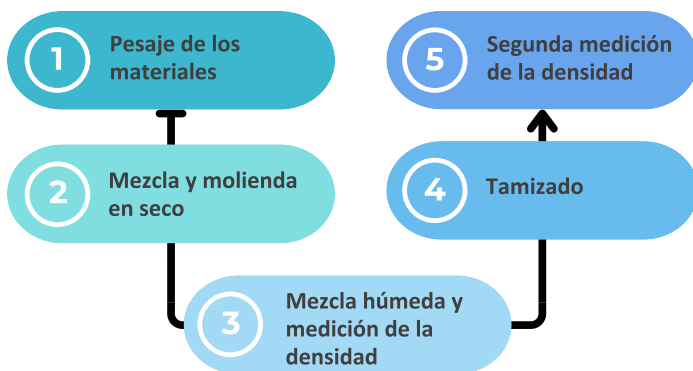
Nota. (A) soportes de pasta porcelana hagi - cono 5, (B) soportes de pasta azul - cono 06. Fotografías propias (febrero 2025).

12.2 Preparación de los vidriados de ceniza

Para preparar cada receta cada una de las recetas de vidriado de ceniza se siguieron los pasos descritos en el marco teórico. En la figura 78 se ilustra una síntesis de los pasos.

Figura 78

Pasos para la preparación de los vidriados



Nota. Elaboración propia (abril 2025).

12.2.1 Pesaje de los materiales

Se pesaron las cantidades necesarias para elaborar 20 gramos de esmalte cada receta (véase tabla 59). En la figura 79 se muestran ejemplos de pesaje de las materias primas.

Tabla 59

Peso de los materiales por receta

Materiales (g)	Receta Eucalipto	Receta Mezquite	Receta Morero	Receta Olivo negro
Colemanita calcinada	3.40	3.34	3.29	3.41
Feldespató sódico	11.01	10.81	10.63	11.02
Bórax anhidro	2.17	2.13	2.09	2.17
Sílice	2.86	2.81	2.76	2.86
Ceniza	0.53	0.89	1.21	0.52

Nota. Elaboración propia con base en el peso en porcentaje de los materiales de las formulaciones.

Figura 79

Pesaje de materiales para los esmaltes



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

12.2.2 Mezcla y molienda en seco

El siguiente paso consistió en la integración de los materiales en seco de cada receta para luego ser molidos y mezclados mediante un mortero de porcelana durante 25 minutos. En la figura 80 se observa con detalle este paso.

Figura 80

Mezcla y molienda



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

12.2.3 Mezcla húmeda y primera medición de la densidad

Una vez pasada la mezcla de materiales por el mortero se colocaron en un recipiente nuevo para la incorporación de agua y con esto obtener una barbotina. No se utilizó una medida de agua establecida, si no que se agregó una cantidad que permitió una mezcla homogénea y se midió la densidad buscando valores entre 1.4 y 1.6 g/ml para aplicaciones por inmersión (véase figura 81).

Figura 81

Mezcla húmeda y medición de la densidad



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

12.2.4 Tamizado

Una vez obtenida la densidad adecuada se tamizó cada mezcla utilizando un tamiz malla número 100 con apertura de 0.46 mm (véase figura 82).

Figura 82

Tamizado con malla no. 100



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

12.2.5 Segunda medición de la densidad

Una vez tamizada la mezcla, se volvió a medir la densidad para asegurar que no hubiera pérdida de humedad durante el tamizado. Para el caso de las mezclas que si resultaron con densidad fuera del rango adecuado se volvió a agregar agua a la mezcla para asegurar para conseguir la densidad útil para la aplicación del esmalte por inmersión. En la tabla 60 se presentan las mediciones de la densidad de cada esmalte antes de aplicar.

Tabla 60

Medición de la densidad

Receta	Peso (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
Eucalipto	15	10	1.5
Mezquite	16	10	1.6
Morero	14.32	10	1.43
Olivo negro	15.81	10	1.58

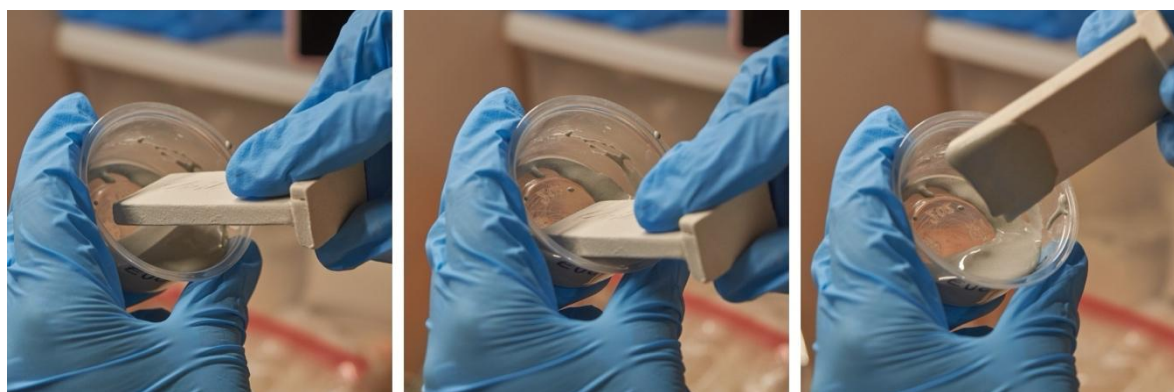
Nota. Elaboración propia (mayo 2025).

12.3 Aplicación de los vidriados y etiquetado de las losas

Por cada receta se aplicaron los vidriados en las losas utilizando la técnica de inmersión. Se utilizaron tres losas por receta, una de pasta porcelana hagi - cono 5, una de pasta azul - cono 06 y adicionalmente, antes del paso de tamizado se esmaltó una losa de pasta porcelana hagi - cono 5, con el objetivo de comparar el comportamiento del vidriado tamizado y sin tamizar. Esta decisión se tomó debido a que uno de los materiales (bórax anhidro) se incorporó en forma de granos más gruesos que el resto, por lo que se consideró relevante evaluar si el tamizado influía al impedir su paso. En la figura 83 se muestra un ejemplo de la aplicación del esmalte, y en la figura 84, los vidriados aplicados antes de la cocción.

Figura 83

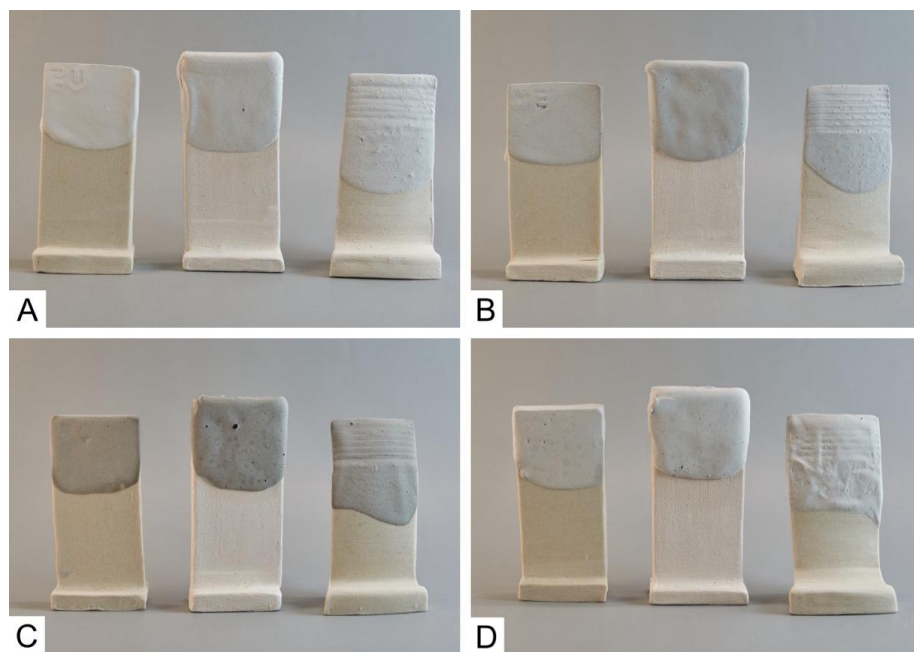
Aplicación del esmalte por inmersión



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

Figura 84

Piezas de prueba esmaltadas previo a la quema



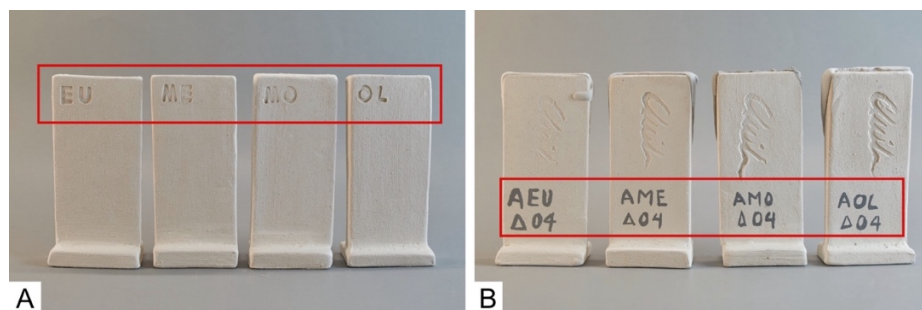
Nota. (A) eucalipto, (B) mezquite, (C) morero y (D) olivo negro. Fotografías propias (mayo 2025).

12.3.1 Etiquetado de las losas de prueba

La identificación de cada losa se realizó mediante dos técnicas de etiquetado (véase figura 85). Con la técnica de relieve se aplicaron en la parte frontal las dos letras iniciales del vidrioado correspondiente, adicionalmente se marcaron en la parte posterior utilizando un esmalte comercial aplicado con pincel indicando el cono al que se someterían en el horno.

Figura 85

Sistemas de etiquetado



Nota. (A) etiquetado por relieve, (B) etiquetado por esmalte. Se observa también la firma personal en relieve en la parte posterior de las losas. Fotografías propias (mayo 2025).

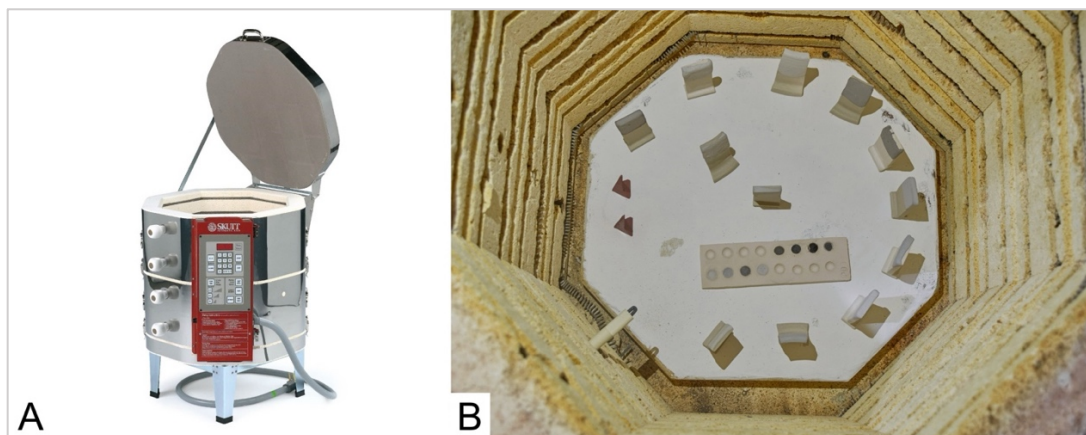
12.4 Cocción de los vidriados

Tras un periodo de secado de un día, las piezas se sometieron a la cocción del vidriado. Con fines prácticos y por disponibilidad, se empleó un horno eléctrico marca Skutt, modelo KM-818 (véase figura 84). La cocción se realizó en atmósfera oxidante. El horno cuenta con un pirómetro integrado para medir la temperatura y utiliza la clasificación de cocción de Edward Orton, según lo indicado por el fabricante en el manual de operación (Skutt, 1998, p. 38). Se aplicaron las curvas de cocción programadas de fábrica y, como método de confirmación, se emplearon conos pirométricos.

Los parámetros utilizados fueron los siguientes: temperatura máxima correspondiente al cono 04 (1063 °C), velocidad de calentamiento media y sin tiempo de mantenimiento en el punto máximo de temperatura. Además, se consideraron observaciones complementarias relacionadas con el tipo de quema, la capacidad de carga ocupada en el horno, el estado de las mirillas (abiertas o cerradas), la ventilación según las recomendaciones del fabricante, el uso de pirómetro digital y conos pirométricos, así como la disposición de pisos, postes y el recubrimiento utilizado en los pisos. En la figura 86 se muestra la carga del horno y en la figura 87 los parámetros y anotaciones correspondientes.

Figura 86

Horno



Notas. (A) Horno Skutt modelo KM-818. Imagen tomada de Sheffield pottery (2024). <https://www.sheffieldpottery.com/SKUTT-KILN-KM818-3-240V-or-208-V-1-Phase-p/skkm8183.htm>. (B) Carga del horno. Fotografía propia (mayo 2025).

Figura 87

Anotaciones del registro de quema

Registro de quemas

Fecha: **Amtósfera:** Oxidación Reducción

Tipo de quema: Bizcocho Vidriado Otro

Parámetros de trabajo

1. **Temperatura:** cono 04 (1063°C)

2. **Velocidad de calentamiento:** media

3. **Tiempo que se mantiene la temperatura:** 0 minutos

Carga del horno: Lleno Medio Poca

Conos utilizados

06 04 Guardia

Guía Objetivo Guardia

Aspecto del cono objetivo

Tiempo encendido:

Anotaciones adicionales

-Mirillas: primer mirilla abierta, 3 cerradas.

-La tapa del horno se mantuvo abierta hasta los 537°C como indica el manual de uso.

-Se utilizó pirómetro digital para monitorear la temperatura.

-No se utilizaron pisos ni postes adicionales al necesario.

-Recubrimiento de piso compuesto por sílice 20%, alúmina 60%, feldespato potásico 1% y caolín 20%.

Nota. Adaptado de Leigh (2025).

12.5 Resultados de la quema

Los resultados se presentan comparando las predicciones del cálculo Seger en la formulación de los vidriados con las características observadas en los vidriados, considerando las relaciones entre materiales y su influencia los esmaltes. Se analizan los acabados, la fluidez de los esmaltes y la presencia de defectos, con un enfoque correlacional con dos variables: proceso de tamizado y el tipo de pasta utilizada.

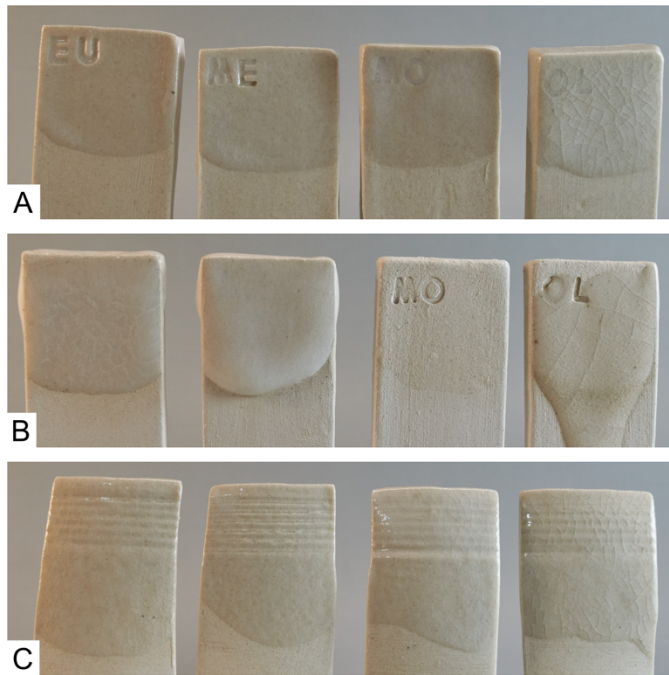
Para facilitar la interpretación de los resultados, las muestras se identifican según tres criterios: tipo de ceniza (eucalipto, mezquite, morero y olivo negro), tipo de pasta (porcelana hagi - cono 5 y pasta azul - cono 06), y método de preparación del esmalte (tamizado o sin tamizar).

12.5.1 Acabados

De acuerdo con la proporción $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ en el cálculo Seger, se anticipaba un acabado semi mate o semi brillante, según lo señalado por Hammer y Hammer (1991). En los resultados, se observó efectivamente un acabado semi brillante. Por otro lado, el diagrama de Ray Thomas Stull (1912) que relaciona la influencia de sílice y alúmina en vidriados de porcelana de la constante RO, sugiere que los vidriados formulados se ubican en la zona de acabados brillantes (*glossy*), lo cual coincide con las observaciones. Por último, no se encontraron diferencias significativas en el brillo de las pruebas con esmalte sin tamizar y las del esmalte tamizado (véase figura 88).

Figura 88

Acabado de las losas de prueba



Nota. (A) porcelana hagi cono 5 esmalte tamizado, (B) pasta azul cono 06 esmalte tamizado, (C) porcelana hagi cono 5 sin tamizar. Fotografías propias (mayo 2025).

12.5.2 Fluides

En el cálculo Seger de las propuestas de vidriado, las proporciones $R_2O:RO$ de los vidriados de ceniza de eucalipto y olivo negro, indicaron buena fluides, mientras que las de ceniza de mezquite y morero, indicaron mayor fluides. A continuación, se presentan las observaciones de cada receta, acompañadas de imágenes y descripciones que muestran las losas antes y después del horneado (figura 89).

Figura 89

Fluidez de las muestras de vidriado

Vidriado con ceniza de eucalipto



A Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar



B Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar

Vidriado con ceniza de mezquite



A Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar



B Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar

Vidriado con ceniza de morero



A Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar



B Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar

Vidriado con ceniza de olivo negro



A Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar



B Porcelana hagi Δ5 Tamizado | Pasta azul Δ06 Tamizado | Porcelana hagi Δ5 Sin tamizar

Nota. (A) antes y (B) después del horneado. Fotografías propias (mayo 2025).

En las muestras de vidriado de ceniza de eucalipto se observa que presentan una buena fluidez que coincide con la predicción, esto en cada una de las losas.

En las muestras de vidriado de ceniza de mezquite, se observa que presentan una alta fluidez solamente en la losa de pasta porcelana hagi - cono 5 con el esmalte tamizado, lo que podría indicar menor compatibilidad con la pasta e indica coincidencia con la predicción. Las muestras de porcelana hagi - cono 5 y pasta azul - cono 06 sin tamizar muestran una buena fluidez.

En cuanto las muestras de vidriado de ceniza de morero, presentan una buena fluidez en cada una de las losas, contrario a lo que la predicción indicaba. Aunque de la losa de pasta azul - cono 06 no se aprecia la fluidez debido a que presentó un defecto en particular que abordaremos más adelante.

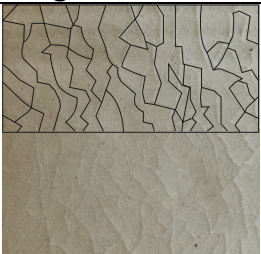
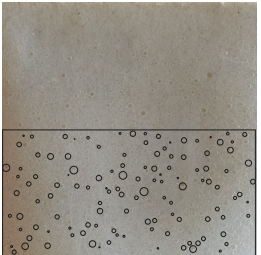

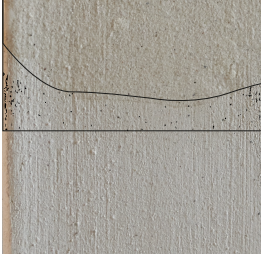
Por otro lado, las muestras de vidriado de ceniza de olivo negro presentan una buena fluidez en las losas de pasta porcelana hagi - cono 5, mientras que en la muestra de pasta azul cono 06, presentó una fluidez alta. Según las predicciones se presentaría alta fluidez, lo que podría indicar que este esmalte es más compatible con pastas de mayor temperatura.

12.5.3 Análisis descriptivo de los defectos de los vidriados

Se analizaron los defectos presentes en los vidriados y su posible correlación con dos variables: el tipo de pasta y el proceso de tamizado. La tabla 61 resume y se muestran los defectos observados en las losas, junto con sus posibles causas según lo establecido en el marco teórico por los autores Vittel (1978) Chavarría (2014) y Matthes (1990).

Tabla 61

Defectos comunes encontrados en las losas de prueba

Imagen	Defecto	Causas posibles	Autor
	Grietas capilares	<ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de dilatación térmica del vidriado mayor al de la pasta • Exceso de óxidos alcalinos • Falta de sílice o bórax • Capa gruesa del esmalte 	Matthes (1990)
	Burbujas	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de agua en el bizcocho o en el esmalte • No alcanzó la temperatura • Vidriados muy espesos 	Chavarría (2014) y Claude (1978)
	Escurrido	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepasó la temperatura de madurez • Capa gruesa de esmalte (si la temperatura si fue la correcta) 	Chavarría (2014)
	Absorbido	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiencia de sílice 	Claude (1978)

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 62 se describen de forma textual los defectos observados en cada losa, mientras que en la figura 90 se representan visualmente. A continuación, se detallan las observaciones específicas por tipo de vidriado.

El vidriado de ceniza de eucalipto presentó grietas capilares en ambas muestras de pasta porcelana hagi - cono 5, tanto con el esmalte tamizado como sin tamizar. En la muestra de pasta azul - cono 06 con esmalte tamizado se observaron grietas capilares acompañadas de

burbujas. Mientras que el vidriado de ceniza de mezquite mostró grietas capilares, burbujas y escurrido en la muestra de porcelana hagi – cono 5 con esmalte tamizado; grietas capilares en la misma pasta sin tamizar; y grietas capilares con burbujas en la muestra de pasta azul – cono 06 con esmalte tamizado.

El vidriado de ceniza de morero presentó grietas capilares y burbujas en la muestra de porcelana hagi – cono 5 tamizada; grietas capilares en la muestra sin tamizar; y absorbido en la muestra de pasta azul – cono 06 tamizada. Por último, el vidriado de ceniza de olivo negro: mostró grietas capilares y burbujas en las muestras de porcelana hagi – cono 5, tanto tamizadas como sin tamizar. La muestra de pasta azul – cono 06 tamizada también presentó estos defectos, además de escurrido.

Tabla 62

Defectos en los esmaltes

Receta	Tipo de pasta		
	Porcelana hagi (tamizado)	Porcelana hagi (sin tamizar)	Pasta azul (tamizado)
Eucalipto	Grietas capilares	Grietas capilares	Grietas capilares Burbujas
Mezquite	Escurreido Grietas capilares Burbujas	Grietas capilares	Grietas capilares Burbujas
Morero	Grietas capilares Burbujas	Grietas capilares	Absorbido
Olivo negro	Grietas capilares Burbujas	Grietas capilares Burbujas	Escurreido Burbujas Grietas capilares

Nota. Elaboración propia.

Figura 90

Defectos en los vidriados



Nota. Fotografías propias (mayo 2025).

12.5.4 Apariencia de los esmaltes

De acuerdo con la clasificación de vidriados descrita en el marco teórico, se realizaron observaciones centradas en la apariencia de los vidriados, ya que, según las predicciones del cálculo Seger estos debían presentar un acabado brillante, transparente, incoloro, y una superficie lisa tanto al tacto como a la vista. Sin embargo, con base en las observaciones realizadas (véanse las tablas 62-65), se determinó que el único aspecto que se cumplió en todas

las losas fue el brillo. En varios casos se registraron opacidad, coloración blanca, textura rugosa al tacto y apariencia visual craquelada o con cristales.

En el caso del esmalte de ceniza de eucalipto (tabla 63), las muestras de pasta porcelana hagi - cono 5 fueron las que más se aproximaron a la predicción, aunque presentaron irregularidades en la textura visual. En contraste, la muestra de pasta azul - cono 06 mostró las mayores desviaciones respecto a las características esperadas, particularmente en transparencia, color y textura visual, lo que podría indicar una menor compatibilidad entre el esmalte y este tipo de pasta.

Tabla 63

Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de eucalipto

Aspecto	Porcelana hagi (tamizado)	Porcelana hagi (sin tamizar)	Pasta azul (tamizado)
Brillo	Semi brillante	Semi brillante	Semi brillante
Transparencia	Transparente	Transparente	Opaco
Color	Incoloro	Incoloro	Blanco
Textura al tacto	Liso	Liso	Liso
Textura a la vista	Craquelado	Craquelado	Cristales

Nota. Elaboración propia.

En el esmalte de ceniza de mezquite (ver tabla 63) se presentaron aspectos similares a la predicción excepto la textura a la vista en las muestras de pasta porcelana hagi - cono 5 tamizado y sin tamizar, mientras que la muestra de pasta azul - cono 06 tamizado presentó distinta opacidad y color. Demostrando posible incompatibilidad con la pasta.

Tabla 64

Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de mezquite

Aspecto	Porcelana hagi (tamizado)	Porcelana hagi (sin tamizar)	Pasta azul (tamizado)
Brillo	Semi brillante	Semi brillante	Semi brillante
Transparencia	Transparente	Transparente	Opaco
Color	Incoloro	Incoloro	Blanco
Textura al tacto	Liso	Liso	Liso
Textura a la vista	Craquelado	Craquelado	Ninguna

Nota. Elaboración propia.

En el esmalte de ceniza de morero (ver tabla 65) sucede lo mismo que en los casos anteriores en las muestras de pasta porcelana hagi, mientras que en la muestra de pasta azul ocurrió una diferencia muy notable en el brillo y la textura al tacto, provocando un defecto distinto al del resto de las muestras.

Tabla 65

Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de morero

Aspecto	Porcelana hagi (tamizado)	Porcelana hagi (sin tamizar)	Pasta azul (tamizado)
Brillo	Semi brillante	Semi brillante	Mate
Transparencia	Transparente	Transparente	Opaco
Color	Incoloro	Incoloro	Incoloro
Textura al tacto	Liso	Liso	Rugoso
Textura a la vista	Craquelado	Craquelado	Ninguna

Nota. Elaboración propia.

Finalmente, en las muestras esmalte de ceniza de olivo negro (ver tabla 66) se repiten los aspectos de pasta porcelana hagi y se muestra de nuevo diferencias de transparencia y color en la muestra de pasta azul.

Tabla 66

Observaciones en el aspecto de los esmaltes de ceniza de olivo negro

Aspecto	Porcelana hagi (tamizado)	Porcelana hagi (sin tamizar)	Pasta azul (tamizado)
Brillo	Semi brillante	Semi brillante	Semi brillante
Transparencia	Transparente	Transparente	Opaco
Color	Incoloro	Incoloro	Blanco
Textura al tacto	Liso	Liso	Liso
Textura a la vista	Craquelado	Craquelado	Ninguna

Nota. Elaboración propia.

En términos generales, los resultados sugieren que el tamizado no tuvo un efecto significativo sobre las características de brillo, transparencia, color y textura al tacto en las muestras de porcelana hagi – cono 5. Sin embargo, se identificó la presencia consistente de grietas capilares como un defecto en los esmaltes, cuya causa requiere mayor análisis.

Por otro lado, en las muestras de pasta azul se observaron diferencias notables en transparencia y color, y en algunos casos también en brillo y textura, lo que indica una posible incompatibilidad entre este tipo de pasta y los vidriados.

Capítulo 13. Análisis de sostenibilidad

Este capítulo aborda a la pregunta ¿De qué manera la utilización de cenizas vegetales en vidriados cerámicos contribuye a la sostenibilidad del proceso productivo? que se responde con los objetivos específicos: “Estudiar y describir el proceso productivo de la comunidad ceramista de Mexicali” y “Comparar los costos de producción de los vidriados elaborados con cenizas frente a los de materias primas comerciales y vidriados preparados, para valorar su viabilidad económica”, los cuales corresponden a la variable “producción sostenible”. En este capítulo se exponen los métodos y resultados de la elaboración de una encuesta aplicada a la comunidad de ceramistas de Mexicali, así como el método utilizado para evaluar la sostenibilidad económica de los vidriados.

13.1 Encuesta a ceramistas de la región de Mexicali: análisis cualitativo.

A continuación, se presenta la metodología y los resultados de una encuesta aplicada a integrantes de la comunidad ceramista de Mexicali, con el objetivo de identificar los perfiles, roles y actividades que desarrollan dentro de sus procesos productivos. Además, con esta herramienta se buscó obtener una visión más precisa sobre las dinámicas de trabajo, así como los principales retos que enfrentan en términos de calidad, costos y volumen de producción. Los datos recabados permiten delinear el estado actual de la práctica cerámica en la región y constituyen una base para reflexionar sobre sus necesidades, limitaciones y áreas de oportunidad.

Dada la identificación de la comunidad ceramista dada por Alicia Gracia (2021) se consideró relevante establecer una vía de comunicación con este grupo. Por lo que en esta investigación se preparó un instrumento de encuesta, se elaboró una prueba piloto y posteriormente se contactó a los encuestados. A continuación, se detalla el diseño y métodos de análisis de la encuesta.

13.1.1 Diseño de encuesta

El diseño de la encuesta se elaboró a partir de cinco secciones cuyos objetivos se centralizaron en recabar distintos tipos de datos que pudieran ser analizados posteriormente por diferentes métodos. En la tabla 67 se describe a modo de resumen el diseño de la encuesta que se divide por secciones y objetivos.

Tabla 67

Diseño de encuesta

No.	Sección	Descripción	Objetivos
1	Datos personales	-Se recopilan los datos del encuestado.	-Aportar a la definición de perfiles y roles.
2	Actividades	-Se presentan descripciones de actividades del área de la cerámica. El encuestado selecciona cuáles son las que lo identifican.	-Aportar la identificación de la comunidad dentro de los perfiles y roles.
3	Procesos de elaboración	-Se listan técnicas y materiales y procesos para trabajar en cerámica, el encuestado selecciona las opciones que domina.	-Identificar qué técnicas, materiales y procesos utilizan para sintetizar el proceso productivo de la región.
4	Conocimiento y dominio del tema	-Se presenta un listado de conceptos y temas sobre procesos de producción en cerámica. El encuestado selecciona los que conoce y utiliza en la producción de objetos cerámicos.	-Establecer y medir niveles de conocimientos en la producción de objetos cerámicos.
5	Producción y calidad	-Se subdivide en defectos de la producción, esmaltes, costos e impacto en la producción. -Los encuestados responden a preguntas de escala con las que se sienten identificados y preguntas abiertas que ayudan a describir y concluir con detalle.	-Conocer la producción de objetos cerámicos en la comunidad. -Identificar y describir los defectos recurrentes en la producción de piezas que afectan a la calidad de sus productos. -Validar la importancia que tienen los esmaltes en la producción de piezas. -Medir el impacto económico y social de la actividad.

Nota. Elaboración propia

13.1.2 Muestra

Se hizo la selección de la muestra del tipo dirigida (no probabilística) donde la elección de la población no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación (Hernández et al., 2014). La unidad de análisis fue la comunidad ceramista de Mexicali en la que fueron previamente localizados alrededor de 45 individuos, donde los límites de la población se constituyen por las siguientes características: Reside en Mexicali B.C., tiene al menos tres años de experiencia en el ámbito de la cerámica, se dedica al diseño, producción o enseña de la cerámica, cursa o cursó alguna carrera que incluye la cerámica en su plan de estudios.

13.1.3 Aplicación de la encuesta

Se aplicó una encuesta autoadministrada a través de Google Forms y distribuida por internet (véase anexo 11). El contacto con los participantes se realizó mediante correo electrónico y redes sociales. Previamente, se llevó a cabo una prueba piloto con el objetivo de verificar la comprensión de los reactivos y realizar ajustes necesarios (véase anexo 12). El periodo de recolección de respuestas fue de un mes.

13.1.4 Métodos de análisis de la encuesta

Se obtuvieron respuestas de 22 participantes, de una muestra de 45 ceramistas. Se utilizó un método mixto en el análisis de la encuesta, pues éste resulta pertinente debido a que la información recabada combina elementos cuantificables con descripciones de carácter cualitativo. Por un lado, los datos numéricos obtenidos como la frecuencia de los perfiles, roles o prácticas productivas facilitan identificar tendencias y patrones comunes dentro del grupo encuestado. Por otro lado, las respuestas abiertas aportan experiencias y percepciones que explican el contexto y las razones detrás de dichas tendencias, ofreciendo una perspectiva más profunda sobre sus dinámicas de trabajo, retos y oportunidades.

De acuerdo con lo señalado por Fakis et al., (2014) y Axinn y Pearce (2006), el método mixto permite aprovechar datos que pueden ser codificados como números y, al mismo tiempo, analizados como texto, facilitando su transformación entre lo cuantitativo y lo cualitativo según las necesidades del estudio. En este caso, la combinación de análisis cuantitativo mediante

Microsoft Excel y análisis cualitativo a través de ATLAS.ti posibilita medir la presencia de perfiles y roles previamente definidos en la literatura, sino también confirmar su existencia y describir sus particularidades dentro del contexto local.

En relación con la tabla anterior, la tabla 68 presenta las secciones se utilizadas para cada tipo de análisis.

Tabla 68

Tipo de análisis de la encuesta

Sección	Elementos de la sección	Tipo de análisis
1. Datos personales	Edad	Cuantitativo
	Lugar de trabajo	Cuantitativo
	Lugar de estudio	Mixto
	Grado académico	Cuantitativo
	Carrera que estudia	Mixto
2. Actividades	Actividades que realiza	Mixto
3. Procesos de elaboración	Técnicas	Mixto
	Materiales	Mixto
4. Conocimiento y dominio del tema	Procesos	Mixto
	Conceptos que aplica	Mixto
	5. Producción y calidad	Calidad: defectos y esmaltes
	Costos	Cuantitativo
	Producción	Cuantitativo
	Impacto de la actividad	Cuantitativo

Nota. Elaboración propia.

13.1.4.1 Enfoque deductivo para análisis cualitativo.

El análisis cualitativo de la encuesta se realizó a través de un enfoque deductivo, partiendo de un marco teórico previamente definido para la codificación de conceptos. Se utilizó el programa ATLAS.ti como herramienta para organizar, visualizar y relacionar la información de manera estructurada. Según Flick (2018) este programa facilita la creación de una lista de códigos a priori, permitiendo su aplicación sistemática sobre los datos conforme a las categorías teóricas ya establecidas para validar marcos conceptuales existentes.

Entre sus funciones destacadas, la generación de redes permitió representar gráficamente la conexión entre códigos y categorías, favoreciendo la interpretación de las

relaciones y la identificación de estructuras conceptuales dentro del conjunto de datos analizado.

13.1.4.2 Códigos y categorías para el análisis cualitativo.

En este apartado se describen los códigos y categorías para el análisis de la encuesta, se incluyen: perfiles y roles de los ceramistas, actividades que realizan y niveles de conocimiento.

Perfil *Ceramista artista*: Artistas de profesión y miembros de comunidades indígenas. Su trabajo puede abarcar desde piezas utilitarias hasta obras de arte decorativas y esculturas, para la producción y preservación de una identidad cultural. Lleva a cabo sus actividades en escuelas, o talleres independientes, centros comunitarios o comunidades indígenas. La cerámica que produce se limita a la disponibilidad de materiales y el uso de técnicas tradicionales.

Perfil *Ceramista diseñador*: Diseñadores de profesión. Trabajan la producción de objetos cerámicos a partir de un proceso de diseño, en busca de una producción semi industrial para su comercialización. Lleva a cabo sus actividades en escuelas o talleres independientes. Se ve limitado por la disponibilidad de materiales y contenidos de asignaturas.

Para caracterizar los perfiles se presentan descripciones a partir de objetivos, roles, lugar de desarrollo y limitaciones (véase tabla 69).

Tabla 69

Perfiles de los ceramistas en Mexicali

Perfil	Objetivos	Roles	Lugar de desarrollo	Limitaciones
Ceramista artista	-Preservación de una identidad cultural -Producción en cerámica -Enseñanza y aprendizaje	-Docente académico (escuelas) -Docente independiente (talleres)	-Escuelas -Instituciones públicas -Taller independiente -Espacio personal	-Sujeto a técnicas tradicionales -Disponibilidad de materiales
Ceramista diseñador	-Marca personal -Investigar -Enseñanza y aprendizaje -Producción cerámica	-Creador independiente -Estudiante -Investigador	-Escuelas -Taller independiente -Espacio personal	-Disponibilidad de materiales -Sujetos a contenidos de asignatura

Nota: Elaboración propia. Se definen los objetivos y los diferentes roles que puede tomar y el lugar de desarrollo y limitaciones en su labor.

Además de estos dos perfiles, se pueden definir los siguientes roles: docentes académicos, independientes, creadores independientes, estudiantes e investigadores, según las actividades que desempeñan (véase tabla 70).

Tabla 70

Definiciones de las actividades por roles

Roles	Lugar de desarrollo	Objetivos	Actividades	Limitaciones
Docente académico	Escuelas privadas o públicas	Transmitir conocimiento de contenidos básicos de la cerámica	Enseñanza	Sujeto a contenidos de asignatura Disponibilidad de materiales y equipo
Docente independiente	Talleres independientes	Transmitir conocimiento de contenidos básicos y avanzados de la cerámica	Enseñanza	Disponibilidad de materiales y equipo
Creador independiente	Taller independiente o espacio privado	Producción de objetos cerámicos	Producción y venta	Disponibilidad de materiales y equipo
Estudiante	Escuelas o talleres independientes	Aprendizaje de conocimientos básicos y/o avanzados en cerámica	Aprendizaje y práctica	Disponibilidad de materiales y equipo
Investigador	Escuelas o talleres independientes	Producir investigación científica sobre conocimientos avanzados en cerámica	Producción científica	Disponibilidad de materiales Proyectos de investigación

Nota. Elaboración propia

13.1.4.3 Descripción de los roles.

Los *docentes académicos*, se desempeñan en universidades públicas o privadas que ofrecen programas relacionados con la cerámica; artes plásticas, diseño industrial, diseño integral. Su labor principal se centra en la enseñanza de asignaturas que cubren aspectos generales de materiales y procesos cerámicos. Este rol transmite los conocimientos básicos y orienta a sus estudiantes en su incursión por esta técnica, promoviendo un interés por la producción de objetos cerámicos con diversos propósitos; utilitarios, artísticos, artesanales y semi

industriales. Sin embargo, es importante señalar que, en la mayoría de los casos, estas materias no profundizan en conocimientos avanzados, ya que se encuentran limitadas por los contenidos de asignaturas.

Los *docentes independientes* llevan a cabo sus actividades en talleres que ofrecen una variedad de clases con diferentes alcances; iniciación, avanzado e itinerante. Mismos que varían en técnicas y materiales según el estilo de quien imparte. Estos talleres tienen dos objetivos principales. En primer lugar, proporcionan a los estudiantes con conocimientos previos un entorno donde pueden perfeccionar sus habilidades y desarrollarse en un ambiente acompañado, donde pueden seguir aprendiendo y practicando. En segundo lugar, buscan introducir a personas que no están familiarizadas con la cerámica, a que incursionen y experimenten en ella. Lo que distingue a los talleres, es la atención personalizada que se ofrece, además, permite a los alumnos elegir los contenidos que desea cursar según sus intereses individuales y las demandas del mercado, que, en este caso, son los propios estudiantes y sus necesidades formativas.

Por otro lado, los *creadores independientes* llevan a cabo sus actividades en espacios o talleres privados. Buscan generar una marca personal de productos cerámicos, utilizando sus habilidades creativas para conseguir un mercado que guste de su trabajo. Operan en un entorno flexible, donde tienen libertad creativa y experimentan con diversas técnicas cerámicas. En su búsqueda de reconocimiento y éxito, estos creadores independientes adoptan diferentes enfoques. Algunos optan por trabajar en comisiones, colaborando con clientes que desean piezas únicas y personalizadas. Otros generan productos de las tendencias actuales y diseñan productos que se ajusten a la demanda del mercado, equilibrando su visión creativa con la comercialización efectiva.

El estudiante se desarrolla en dos lugares diferentes; ya sea en instituciones educativas o en talleres independientes, o bien, en una combinación de ambos. Como se dijo anteriormente, el estudiante se desempeña como aprendiz bajo la tutela de los docentes, explora en sus posibilidades los diversos métodos de enseñanza. El estudiante pone en práctica las habilidades adquiridas, se sumerge en la experiencia práctica de trabajar con los materiales,

herramientas y técnicas cerámicas. Este período de formación se convierte en un período fundamental para desarrollar una comprensión de los procesos cerámicos y ganar destrezas esenciales en la producción de objetos cerámicos. Sus limitaciones están dadas por las metodologías de enseñanza y la disponibilidad de equipo en los laboratorios.

El investigador, este rol surge desde un interés más individual, motivado por la curiosidad por profundizar en temas específicos. Lleva a cabo sus actividades principalmente en instituciones académicas, a través de proyectos de investigación, con el objetivo de generar conocimiento de divulgación científica. Este proceso de investigación implica la realización de experimentos, análisis de datos, revisión exhaustiva de literatura y colaboración con otros colegas en el campo de la cerámica. A través de la divulgación científica, se busca compartir estos hallazgos de manera accesible y comprensible, fomentando así la difusión y el enriquecimiento del conocimiento en el campo de la cerámica.

13.1.5 Grupos de códigos para el análisis cualitativo

A continuación, se agrupan los diferentes grupos de códigos utilizados en el análisis cualitativo. En las tablas 71 y 72 se presentan los indicadores que servirán como referencia para el análisis de los datos de la encuesta para comprobar la existencia de perfiles y roles.

Tabla 71

Según el lugar de estudio y carrera

Categoría (perfiles)	Código	Posible respuesta
Ceramista artista	Lugar de estudio	Facultad de Artes
	Carrera	Artes plásticas
Ceramista diseñador	Lugar de estudio	Facultad de Arquitectura y Diseño
	Carrera	Diseño industrial

Nota. Elaboración propia a partir de la conformación de perfiles y roles.

Tabla 72

Según las actividades que realiza cada rol

Códigos (actividades que realiza)	Categorías	
Producción de cerámica elaborada con técnicas de construcción manual, con ayuda de herramientas, pero manteniéndose alejada de la producción industrial	C. Artista	Perfiles
Producción de piezas de arte o escultura	Coocurrencia (artista y diseñador)	
Preservación de la identidad cultural de los grupos indígenas de Baja California	C. Artista	
Producción de cerámica elaborada con técnicas tradicionales y avanzadas como la construcción manual, torno y moldes.	C. Diseñador	
Producción de objetos cerámicos a partir de un proceso de diseño, en busca de una producción semi industrial	C. Diseñador	
Producción de piezas utilitarias o decorativas	Coocurrencia (artista y diseñador)	
Imparto materias a estudiantes de carreras profesionalizantes en instituciones universitarias: sujetos a contenidos de asignatura	Docente académico	Roles
Imparto talleres a público en general en un taller independiente o itinerante	Docente independiente	
Impartición de talleres de recuperación de tradiciones para la elaboración de objetos cerámicos (Comunidades indígenas o público en general)	Docente independiente	
Impartición de cursos a docentes sobre temas específicos	Docente independiente	
Trabajo en la elaboración de piezas en una institución pública (Ejemplo. Casa de la Cultura)	Docente independiente	
Estudio una carrera profesionalizante con materias sobre proceso o técnicas en cerámica	Estudiante	
Trabajo con proyectos académicos: diseño, y elaboración de piezas para aplicar los conocimientos aprendidos	Estudiante	
Trabajo en proyectos profesionales: Diseño, elaboración y venta de piezas para exposición y venta en un espacio personal o taller independiente	Creador independiente	
Trabajo en la elaboración de proyectos por comisión comisiones (pedidos específicos)	Creador independiente	
Impartición de talleres por temporadas de tipo temáticos (Ej. Día de las madres)	Creador independiente	
Realizó investigación para contribuir al conocimiento existente	Investigador	
Elaboración de artículos y publicaciones científicas	Investigador	

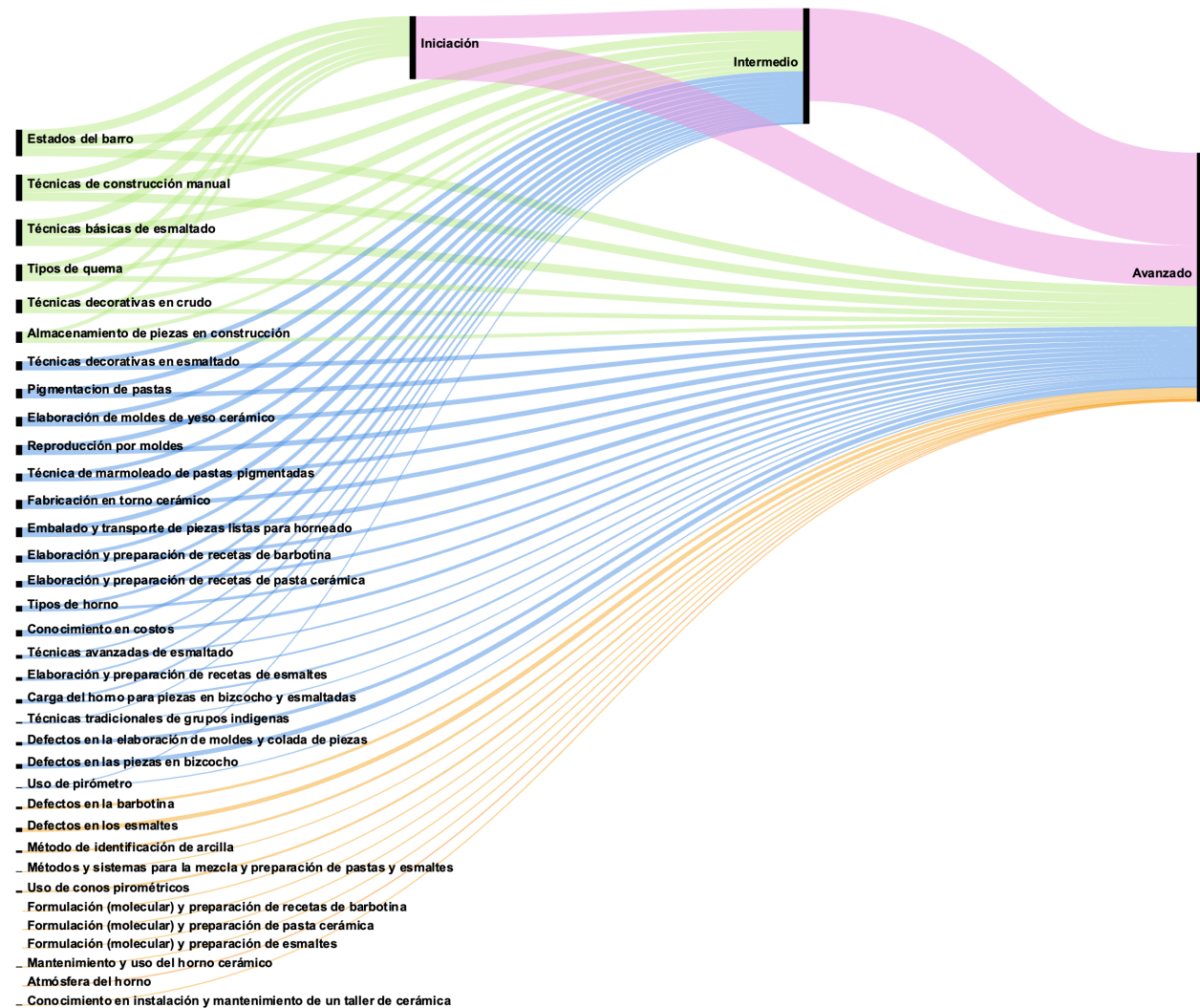
Nota. Elaboración propia a partir de la conformación de perfiles y roles.

13.1.5.1 Niveles de dominio de conocimiento.

La figura 91 muestra cómo los conocimientos, técnicas y procesos cerámicos se relacionan con los niveles de dominio: iniciación, intermedio y avanzado. Cada línea conecta un conocimiento específico con su nivel, lo que permite comparar la distribución y progresión de competencias dentro de la comunidad. Esta representación facilita identificar qué habilidades se concentran en la formación inicial, cuáles se desarrollan en etapas intermedias y cuáles exigen un dominio avanzado, ofreciendo una visión integral del alcance y profundidad del conocimiento técnico en la muestra.

Figura 91

Relación entre técnicas y procesos cerámicos con los niveles de dominio identificados en la comunidad ceramista



Nota. Elaboración propia en Raw graphs: <https://app.rawgraphs.io/>

13.1.5.2 Vinculación y categorización.

Se establecieron relaciones entre códigos a través de vínculos semánticos del tipo: puede ser un, se desarrolla en, tiene conocimiento sobre, domina el nivel de conocimiento, etc. Estos vínculos representan relaciones lógicas o funcionales entre perfiles y contextos de trabajo, formación entre otros (véase tabla 73).

Tabla 73

Relaciones

Códigos	Vínculos
Perfiles	Es un
Roles	Puede ser un
Lugar de desarrollo	Se desarrolla en
Actividades que realiza	Realiza
Objetivos del rol	Tiene como objetivo
Limitaciones	Está sujeto a limitaciones de
Niveles de conocimiento	Domina el nivel de conocimiento
Conocimiento o dominio de	Tiene conocimiento sobre

Nota. Elaboración propia.

13.1.6 Importación de la encuesta

Se parte de las respuestas a la encuesta aplicada a 22 ceramistas de la región. En este estudio, las unidades de análisis correspondieron a los discursos individuales obtenidos en cada caso de la encuesta.

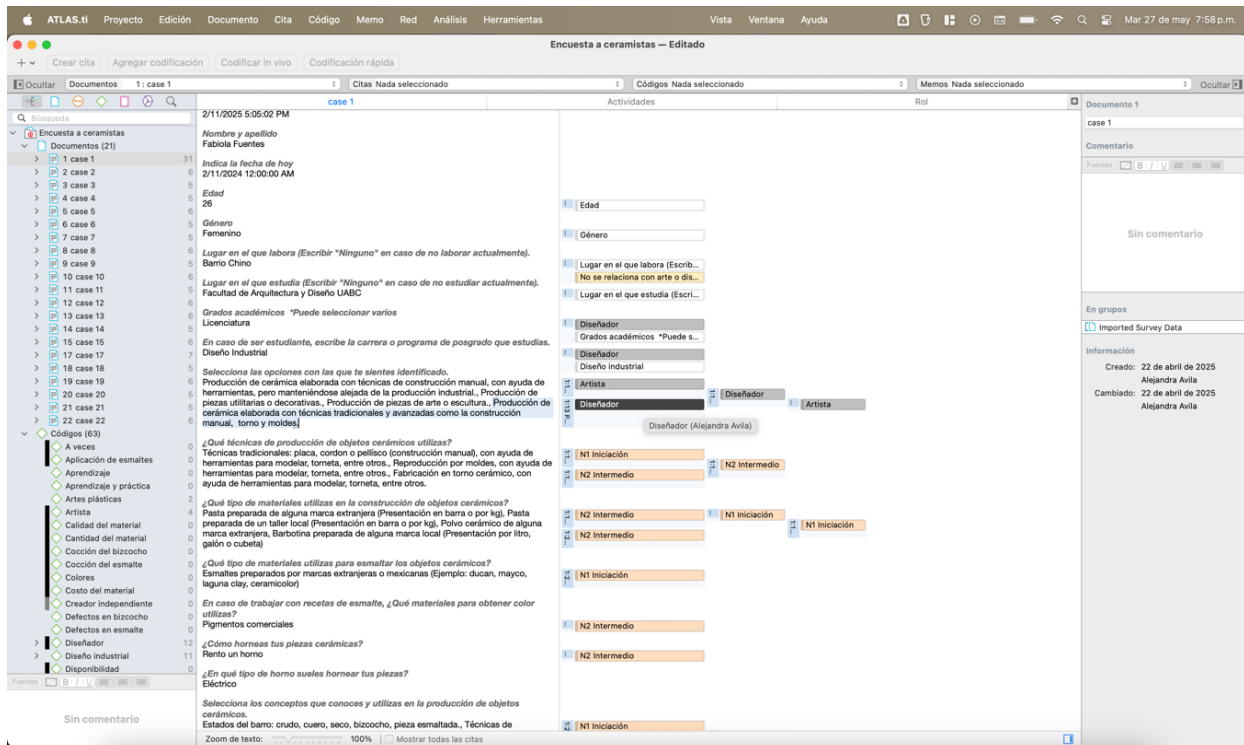
En la figura 92 se observa, en la primera columna, el listado de documentos analizados, identificados como *case* y numerados del 1 al 22, que representan las respuestas individuales de los participantes. En la parte inferior de esta misma columna se despliega el listado de códigos creados para la clasificación temática, los cuales se asignaron durante la revisión detallada de cada caso.

La segunda columna muestra el contenido textual de un documento específico (en este ejemplo, *case 1*), que corresponde a las respuestas completas del participante. La tercera columna presenta los códigos asociados a fragmentos específicos del texto, vinculando cada segmento de información con las categorías de análisis previamente definidas.

Este procedimiento de codificación permitió identificar patrones, categorías y relaciones dentro de los discursos, facilitando la comparación entre casos y la posterior interpretación de los resultados.

Figura 92

Codificación de encuestas por ATLAS.ti



Nota. Elaboración propia (mayo 2025).

Una vez codificados los datos, se selecciona un elemento central (por ejemplo, un perfil, un rol o un caso específico) y el software muestra cómo se conecta con otros elementos a través de relaciones definidas previamente, como *es un*, *puede ser un* o *domina el nivel de conocimiento*. Estas conexiones se visualizan mediante nodos y flechas, lo que permite identificar patrones, relaciones y niveles de centralidad en la información. El resultado es una representación visual que ofrece una visión clara de la organización y vínculos entre los datos.

13.1.7 Construcción de redes

A partir de la categorización y vinculación propuesta en el método se construyeron las redes en ATLAS.ti, éste permite generar redes visuales que muestran cómo un perfil puede adoptar varios roles. Cómo conectan los casos individuales con los perfiles asignados. Refleja el nivel de conocimiento (iniciación, intermedio, avanzado) y los contextos de desarrollo (escuela,

talleres, espacios privados). También representan limitantes comunes como disponibilidad de equipo o materiales.

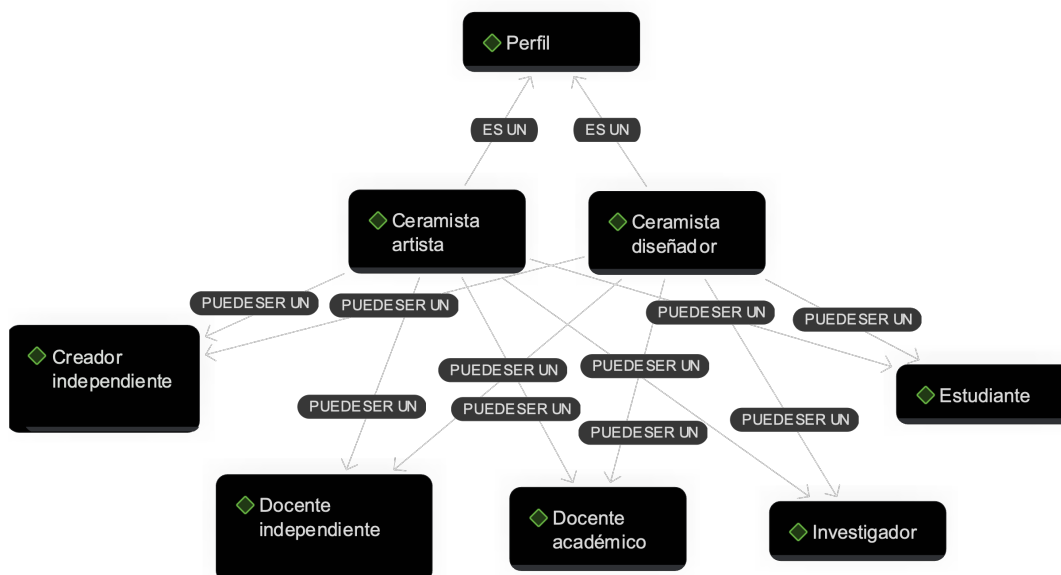
13.1.8 Interpretación de las redes

Red de perfiles: resume la taxonomía de perfiles que surgieron de los códigos. Representa la relación jerárquica entre un perfil base y sus posibles roles o especialidades (ver figura 93).

Cada perfil puede derivar en distintos roles como creador independiente, docente o investigador. Las flechas y relaciones “puede ser un” evidencian la multiplicidad de roles que un mismo perfil puede desempeñar.

Figura 93

Red “perfiles”

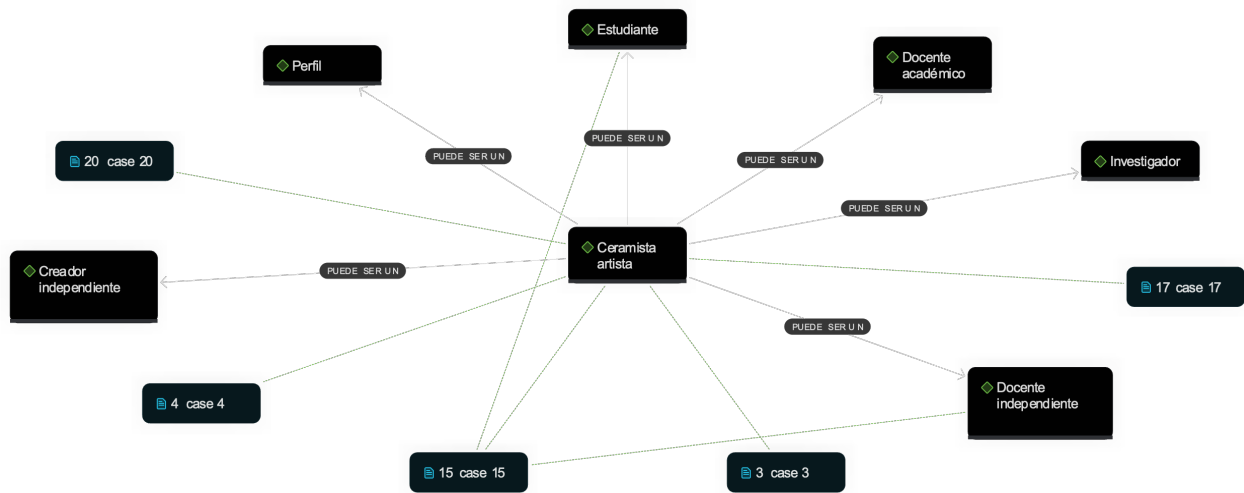


Nota. Elaboración propia en ATLAS.ti

Redes de los perfiles “Ceramista artista” y “Ceramista diseñador” (ver figura 94 y 95): estas redes muestran cómo los perfiles pueden coincidir con múltiples roles (docente, estudiante, investigador, etc.). Se usa el vínculo “puede ser un” para mapear esa multifuncionalidad. Cada una muestra los casos vinculados a ese perfil. La densidad de conexiones sugiere que el perfil de ceramista diseñador tiene mayor representación y diversidad de roles.

Figura 94

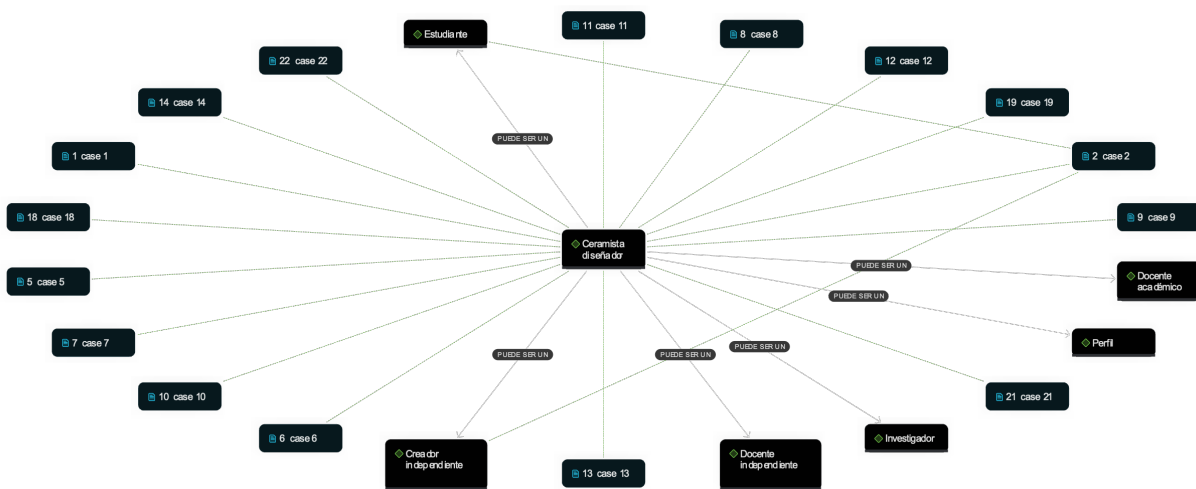
Red "Ceramista artista"



Nota. Elaboración propia en ATLAS.ti

Figura 95

Red "Ceramista diseñador"



Nota. Elaboración propia en ATLAS.ti

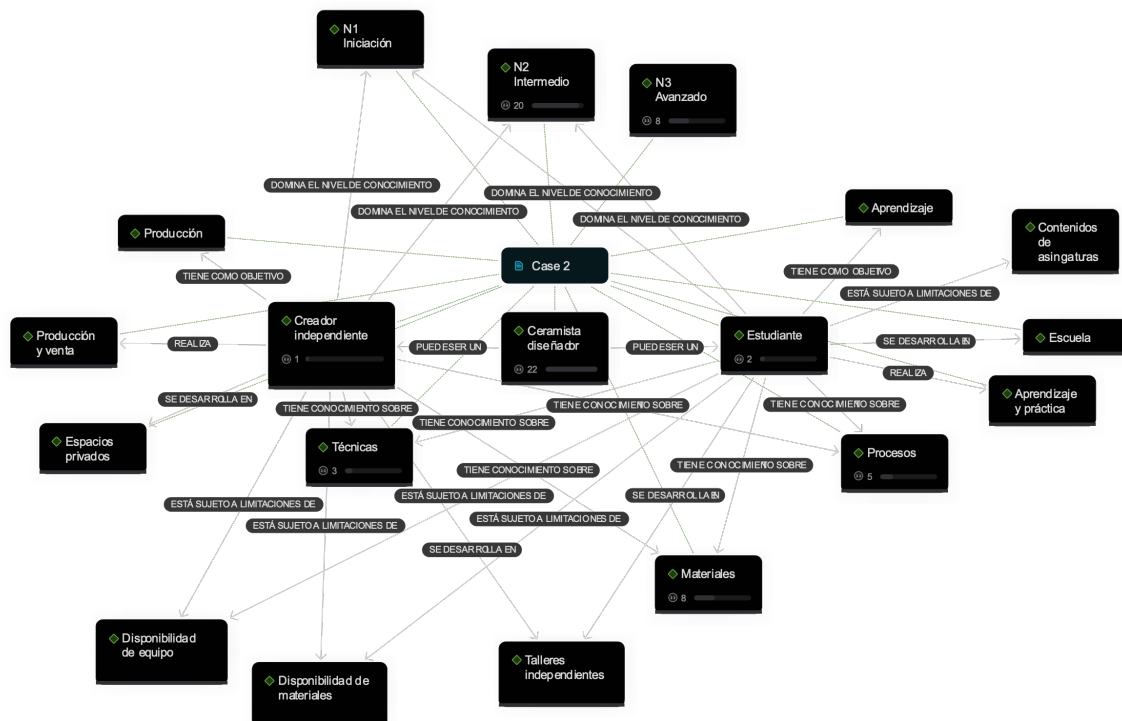
Redes de casos individuales: reflejan el nivel de conocimiento y dominio de este, los espacios de desarrollo, objetivos y actividades que realiza y roles que desempeña. Incluyen

limitaciones percibidas, que son relevantes para contextualizar sus trayectorias. Se muestran estas redes con ejemplos del *case 2* (ver figura 96) que representa un caso vinculado a un perfil de ceramista diseñador donde se muestra que *case 2* que juega un rol de creador independiente, con conocimientos en técnicas, procesos y materiales. También indica que domina niveles de conocimiento desde iniciación hasta avanzado, y que su contexto de trabajo incluye limitaciones como la disponibilidad de equipo y talleres independientes.

Mientras que en el ejemplo del *case 15* (ver figura 97) está vinculado a un perfil de ceramista artista con rol de docente independiente, con conocimiento sobre técnicas, procesos y materiales, así como a niveles de conocimiento desde iniciación hasta avanzado. Incluye relaciones con enseñanza, transmisión de conocimiento y contextos de aprendizaje (escuela, espacios privados). Esta red facilita identificar que este caso combina producción, docencia y transmisión de saberes, con interacción entre diferentes entornos.

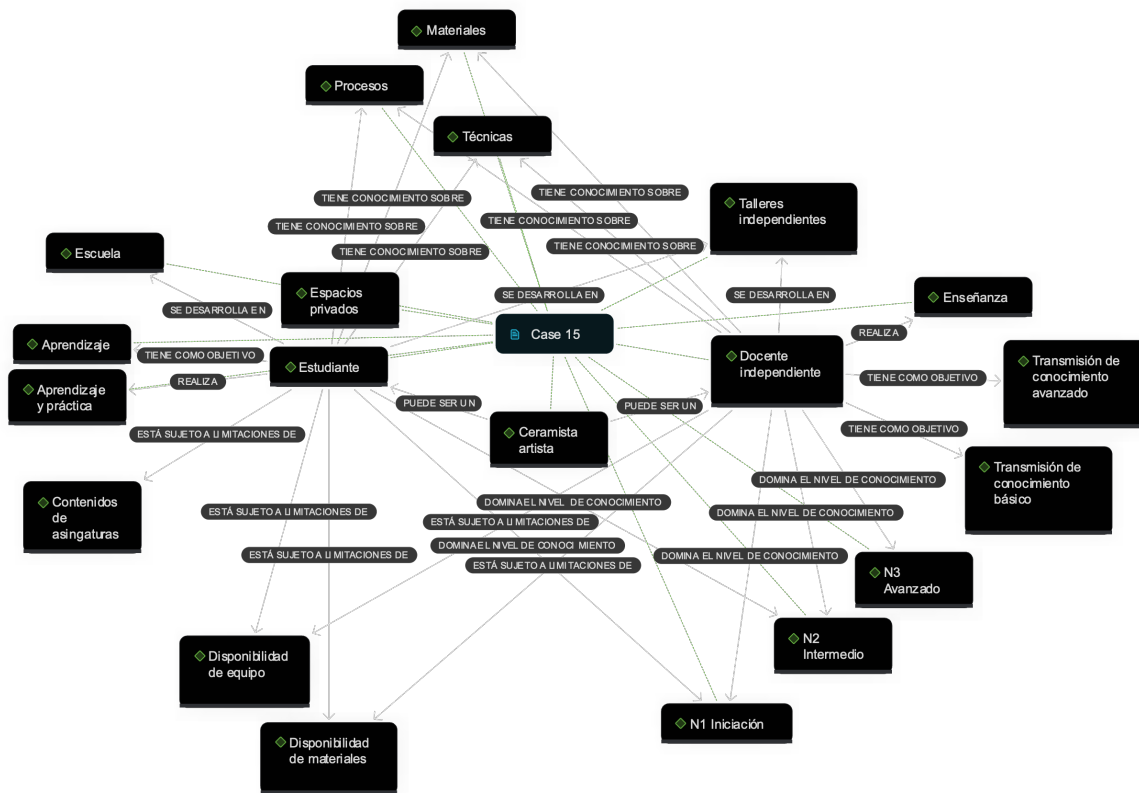
Figura 96

Red "case 2"



Nota. Elaboración propia en ATLAS.ti

Figura 97
Red "case 15"



Nota. Elaboración propia en ATLAS.ti

13.1.9 Conclusión del análisis cualitativo

Las visualizaciones obtenidas permiten identificar y representar las trayectorias formativas que coexisten entre los ceramistas de la región de Mexicali. A partir de la codificación deductiva, se evidencian dos grandes perfiles centrales: el ceramista artista y el ceramista diseñador, los cuales se vinculan con múltiples roles complementarios.

Estos perfiles muestran una notable multiplicidad de funciones desempeñadas por los participantes, lo que refleja un campo profesional dinámico. Además, las redes muestran que estas funciones se desarrollan en espacios híbridos que combinan talleres independientes, escuelas y contextos privados, en donde los ceramistas adquieren y transmiten conocimientos técnicos, materiales y de procesos.

Las trayectorias formativas se ven influenciadas por limitaciones materiales (como disponibilidad de equipo o insumos), pero también están marcadas por distintos niveles de conocimiento (iniciación, intermedio, avanzado), lo cual indica un ecosistema en crecimiento donde coexisten actores en distintas etapas de formación.

Finalmente, estas redes evidencian que los ceramistas de Mexicali no solo producen objetos, sino que también participan activamente en la enseñanza, transmisión de saberes y generación de conocimiento.

La elaboración de redes con este método se fundamenta en el análisis cualitativo de la encuesta, ya que permite representar gráficamente las relaciones entre categorías y conceptos. Este enfoque se complementa con el uso de estadística descriptiva aplicada a los datos cuantitativos de la misma encuesta, lo que en conjunto facilita una comprensión más amplia y equilibrada de los resultados.

13.2 Encuesta a ceramistas de la región de Mexicali: Análisis estadístico descriptivo a partir de datos cuantitativos

El análisis descriptivo de la encuesta se realizó utilizando la estadística descriptiva que según Hernández et al., (2014) incluye cualquier forma de organización, resumen o presentación de datos ya sea de forma numérica, gráfica o textual. A través del uso de Microsoft Excel se realizaron cálculos básicos y gráficos claros de frecuencias, porcentajes y comparaciones, esenciales para identificar tendencias y complementar los hallazgos cualitativos con evidencia numérica.

13.2.1 Resultados del análisis cuantitativo con estadística descriptiva

A continuación, se presentan las gráficas de datos que muestran resultados según la sección de la encuesta y se concluye en base al objetivo de cada una.

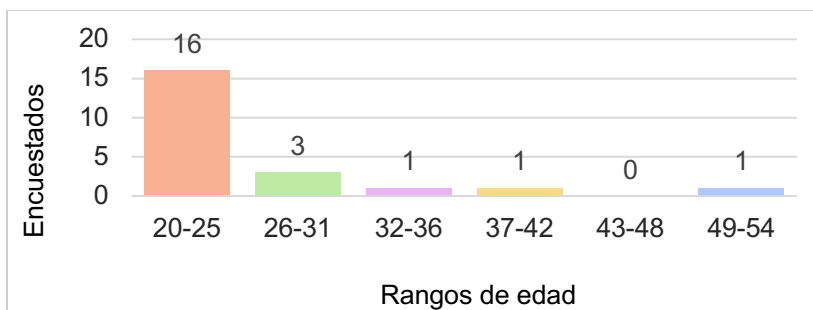
1) Datos personales

La mayoría de los encuestados pertenece a una población joven y en formación dado que el 72.7% tiene entre 20 y 25 años (véase figura 98). Según la figura 99 el 41.67% aún cursa estudios de licenciatura, lo que coincide con el hecho de que el 45.45% no tiene empleo

actualmente. Esta situación refleja que dicha comunidad se conforma en gran parte por estudiantes principalmente vinculados al ámbito del arte y diseño con porcentajes de estudiantes de diseño industrial del 76.92% y estudiantes de arte con 15.38%, y por último un dato menor pero importante del 7.69% de estudiantes de posgrado relacionado al arte o diseño (véase figura 100). Además, se observa que la mitad de los encuestados ya ha egresado de una licenciatura relacionada al arte o diseño, mientras que un pequeño porcentaje (4.17%) se encuentra en de posgrado que también se relaciona al diseño. Esto muestra una fuerte orientación hacia disciplinas proyectuales y artísticas que integran la cerámica como parte de su desarrollo profesional.

Figura 98

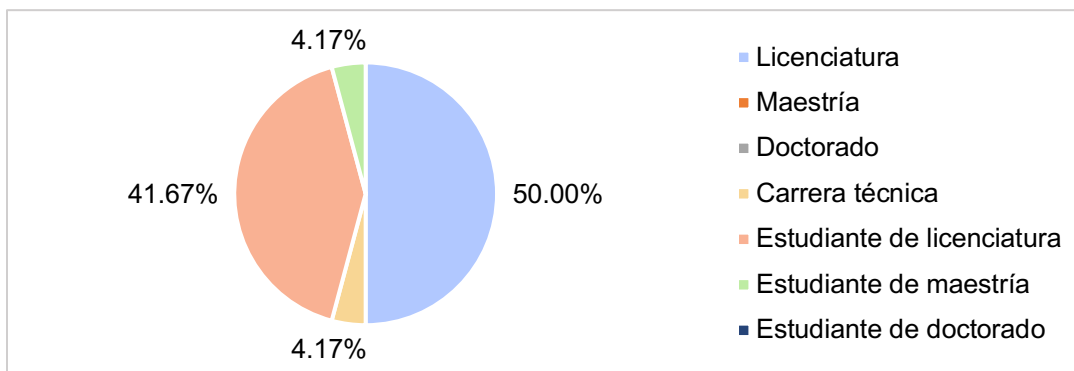
Rangos de edad



Nota. Elaboración propia.

Figura 99

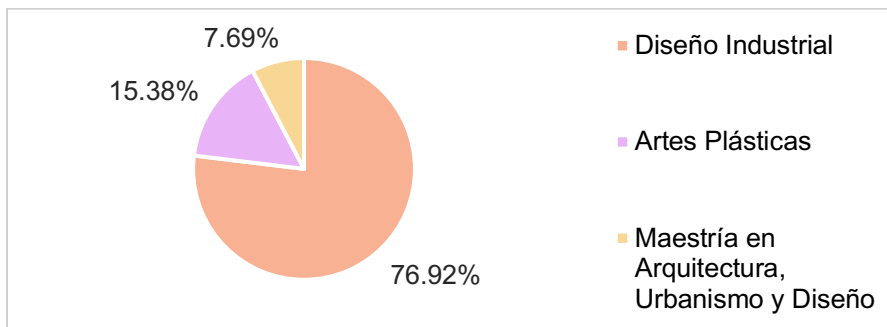
Grados académicos



Nota. Elaboración propia.

Figura 100

Carrera que estudia

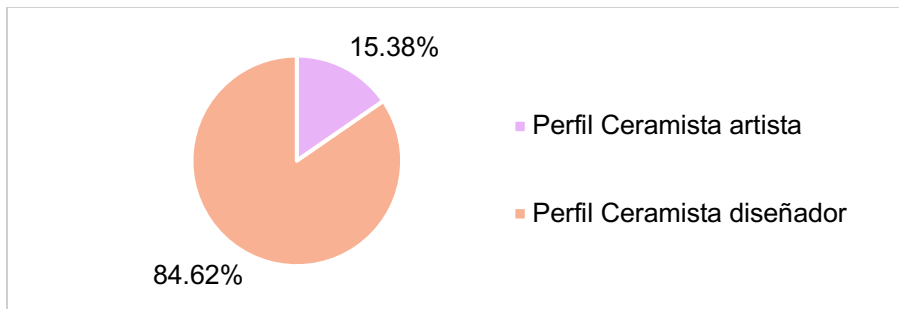


Nota. Elaboración propia.

Con base en las respuestas de carrera y lugar de estudio, se obtuvieron los datos que confirma la existencia de dos perfiles ceramista artista y ceramista diseñador como se observa en la figura 101.

Figura 101

Perfiles

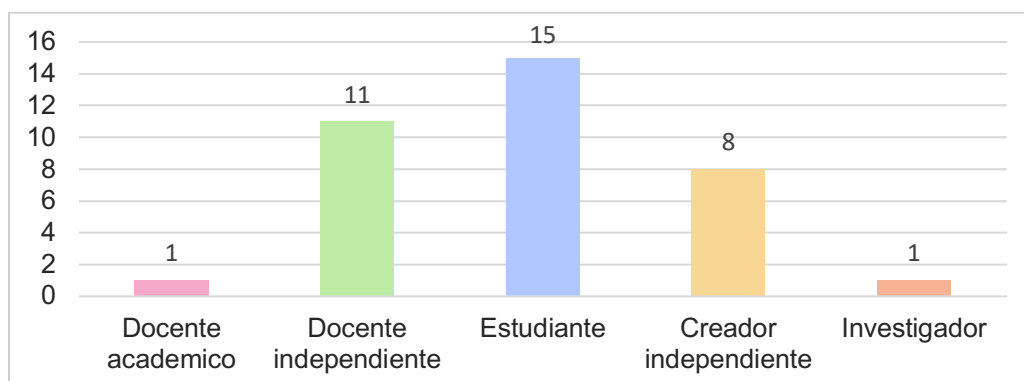


Nota. Elaboración propia.

De acuerdo con los códigos y categorías establecidos en el análisis cualitativo se establecieron de forma cuantitativa los roles (ver figura 102); 11 respuestas vinculadas al rol de estudiante, 11 respuestas vinculadas al rol de docente independiente, 8 vinculadas al rol de creador independiente, 1 para docente académico y 1 para investigador.

Figura 102

Roles

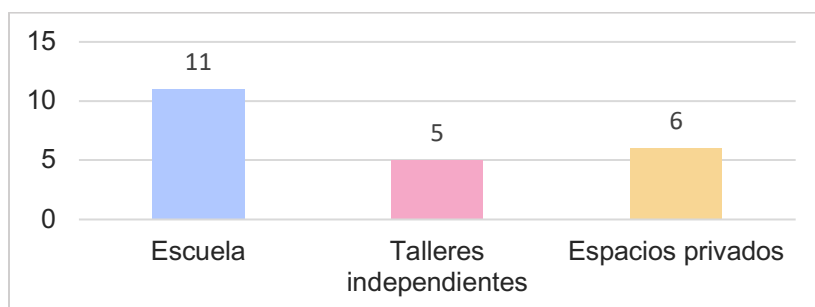


Nota. Elaboración propia.

Con base en los códigos de lugar de trabajo, lugar de estudio y actividades que desempeña en el análisis cualitativo se determinaron los lugares de desarrollo (ver figura 103) de los ceramistas: talleres independientes (5 encuestados), espacios privados (6 encuestados) y escuela (11 encuestados).

Figura 103

Lugar de desarrollo



Nota. Elaboración propia.

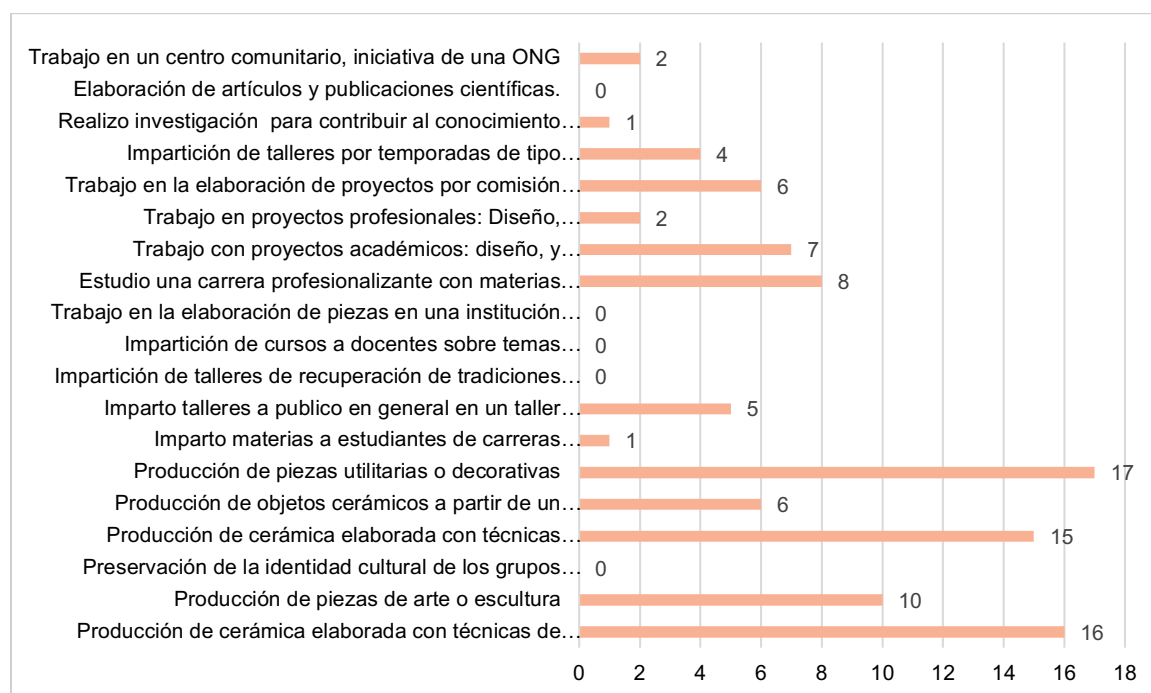
2) Actividades

En la figura 104 se observa que las actividades más frecuentes están relacionadas directamente con la producción, esto indica que la mayoría de los participantes se identifica activamente con la práctica cerámica, ya sea con fines funcionales, artísticos o híbridos.

Se evidencia una comunidad en formación y profesionalización en proceso dado el fuerte componente estudiantil. Actividades como la elaboración de proyectos por comisión muestran que existe un interés por colaborar y participar en proyectos con objetivos definidos, ya sea artísticos o de diseño. Aunque 5 personas imparten talleres abiertos al público, las demás formas de enseñanza están poco representadas, pues solo 1 imparte materias en instituciones educativas y no hubo menciones en cursos a docentes o talleres de recuperación de saberes. Además, la realización de investigación y la elaboración de artículos o publicaciones tienen una presencia muy baja (1 y 0 respectivamente). Esto sugiere que aún no hay una sistematización o reflexión escrita significativa sobre su práctica desde el interior de la comunidad, lo que demuestra actividades de enseñanza y divulgación limitadas. Finalmente, no se reporta actividad en la preservación de la identidad cultural, lo cual significa que las y los ceramistas locales aún no se articulan bajo una narrativa patrimonial o identidad explícita, o bien, que este tipo de acciones no se reconocen o visibilizan aún dentro de la comunidad.

Figura 104

Actividades que realiza



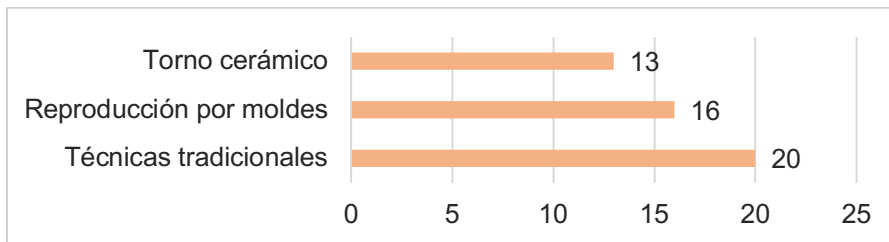
Nota. Los textos completos se aprecian en el anexo 11. Elaboración propia.

3) Procesos de elaboración

En la figura 105 Se observa que la mayoría de los encuestados utiliza técnicas tradicionales para la elaboración de objetos cerámicos (20 encuestados). Aunque un importante porcentaje también utiliza técnicas intermedias y avanzadas como la reproducción por moldes (16) y fabricación en torno (13).

Figura 105

Técnicas de producción utilizadas



Nota. Elaboración propia.

En cuanto a los materiales para moldear (figura 106), la mayoría de los participantes utiliza pastas preparadas, ya sea de marca local (12 menciones), pastas mexicanas (10) o pastas extranjeras (7). Solo una minoría prepara sus propias pastas (7) o barbotinas (5). El uso de polvos cerámicos también es menos común (4 de marca mexicana, 3 de marca extranjera).

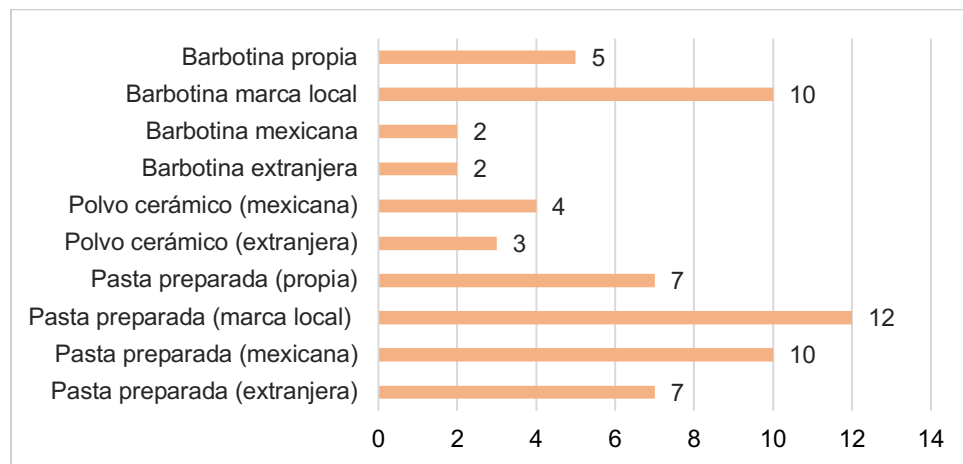
Respecto a los materiales para esmaltar (figura 107), existe una marcada preferencia por productos comerciales (ya formulados): esmaltes preparados (20 menciones), frente a los que emplean recetas propias (3) y ninguna mención sobre formulación propia. Esto indica una tendencia a evitar procesos de formulación química y depender de la oferta del mercado.

En la obtención de color (figura 108), predominan los pigmentos comerciales (9 menciones) y una gran parte declaró que no trabaja con recetas específicas (8), mientras que el uso de óxidos es prácticamente nulo (1), lo cual recae nuevamente en la tendencia general hacia materiales listos para usar. Este patrón se confirma en las gráficas de pastel (figura 109 y 110) donde el 80% de los ceramistas utiliza materiales preparados, mientras que solo el 20% prepara sus propios materiales. A nivel de procedencia, los materiales de taller local representan el 38.6%, seguidos por un 33.33% de materiales extranjeros y 28.07% de materiales

mexicanos, lo que sugiere una fuerte presencia de distribuidores locales en la cadena de insumos.

Figura 106

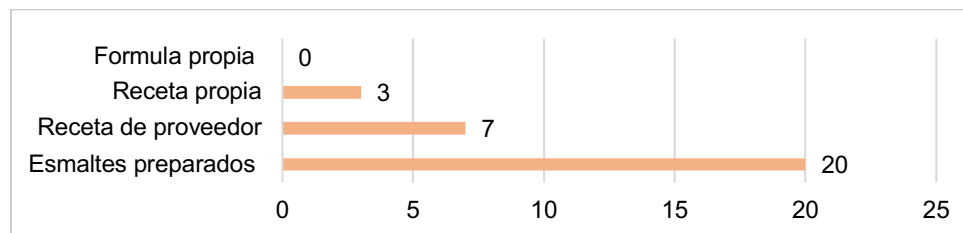
Materiales para modelar



Nota. Elaboración propia.

Figura 107

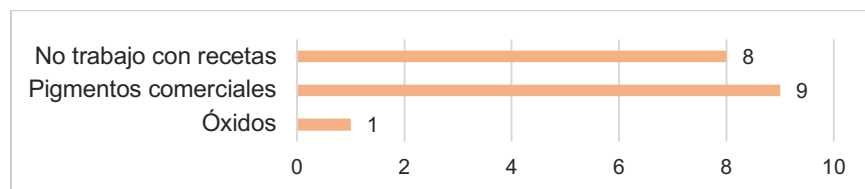
Materiales para esmaltar



Nota. Elaboración propia.

Figura 108

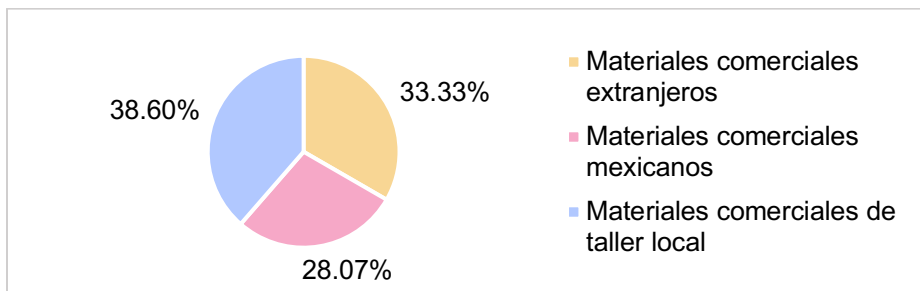
Materiales para obtener color



Nota. Elaboración propia.

Figura 109

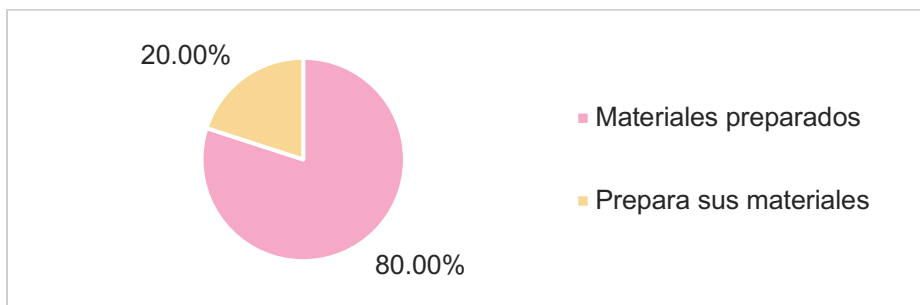
Tipo de materiales



Nota. Elaboración propia.

Figura 110

Materiales comerciales y materiales de elaboración propia

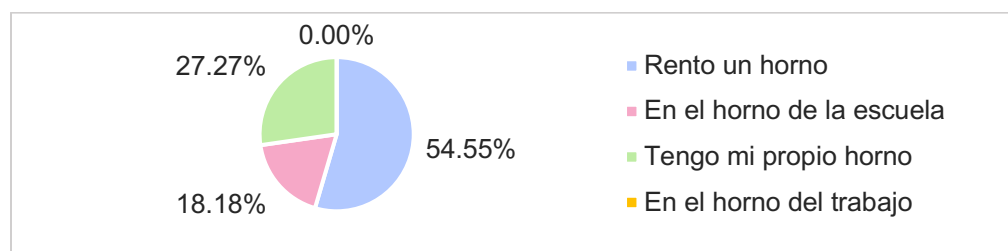


Nota. Elaboración propia.

El proceso de horneado (figura 111) muestra los medios que utilizan los ceramistas encuestados para cocer sus piezas. La opción más común es rentar un horno, seleccionada por el 54.55% de los participantes, lo que indica una fuerte dependencia de servicios externos para completar su proceso de producción. Por otro lado, el 27.27% indicó que cuenta con su propio horno, lo cual sugiere cierto grado de independencia técnica. El 18.18% utiliza el horno de una escuela, lo cual puede asociarse a personas en formación o con acceso institucional al equipo. Finalmente, ninguno de los encuestados utiliza un horno en su lugar de trabajo, lo que podría reflejar la escasa presencia de infraestructura cerámica en contextos laborales formales.

Figura 111

Proceso de horneado



Nota. Elaboración propia.

4) Conocimiento y dominio del tema

Se identifican diversas fortalezas y áreas de oportunidad en función del nivel de dominio declarado por los encuestados (véase figura 112). Se observa un amplio conocimiento en técnicas fundamentales como el estado del barro, la construcción manual y el esmaltado básico, todas con 33 menciones. Estas habilidades forman parte del nivel de iniciación de acuerdo con la codificación previa en el análisis cualitativo, y son compartidas por la totalidad del grupo, lo que indica una base práctica común en la comunidad.

Por otro lado, se identifican conocimientos de nivel intermedio con alta frecuencia, en los tipos de quema (21 menciones), técnicas decorativas en crudo y esmaltado (17 cada una), uso del torno (17), pigmentación de pastas (18), y reproducción por moldes (18). Esto refleja un avance en el dominio de la especialización de técnicas cerámicas, con una parte que se inclina hacia prácticas más complejas y diversificadas. Sin embargo, el dominio de conocimientos avanzados es muy limitado. Temas como la formulación molecular, así como el control de atmósferas en hornos, no fueron mencionados por ningún participante. Esto evidencia una ausencia de formación técnica profunda en áreas para el desarrollo autónomo.

Finalmente, aspectos relacionados con la logística, como el almacenamiento de piezas (14 menciones), el embalaje y transporte (18), y la carga del horno (21), muestran que la comunidad cuenta con buenas prácticas operativas que sostienen la producción de manera eficiente.

Figura 112

Conocimiento y dominio del tema



Nota. Los textos completos se aprecian en el anexo 11. Elaboración propia.

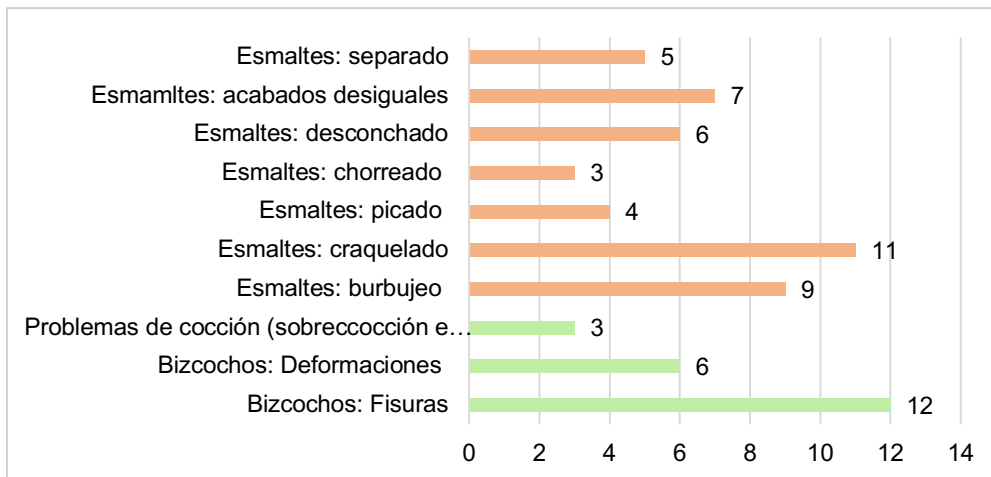
5) Producción y calidad; defectos, esmaltes y costos.

En esta sección de la encuesta se buscó obtener datos sobre la producción, defectos y su repercusión en la calidad de las piezas, así como la importancia de los esmaltes en la producción cerámica. Es relevante mencionar que la cantidad de encuestados que respondieron esta sección disminuyó de 22 a 13.

Con base en la variedad de defectos (figura 113), la frecuencia (figura 114) y la etapa de ocurrencia (figura 115) los defectos en los esmaltes representan al 68.18%, mientras que los defectos en bizcocho representan un 31.82% (véase figura 116).

Figura 113

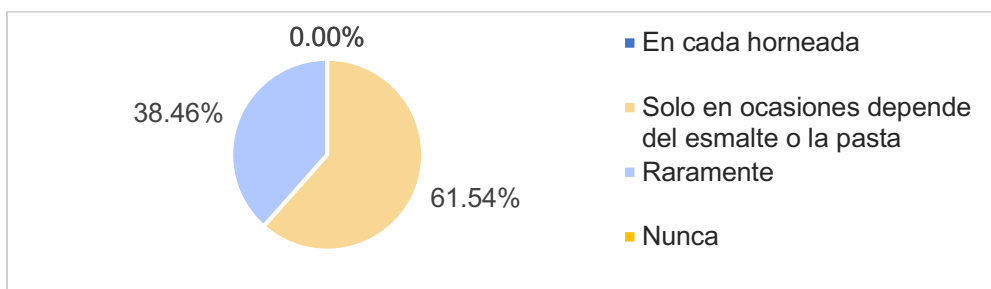
Variedad de defectos en la producción



Nota. Los textos completos se aprecian en el anexo 11. Elaboración propia.

Figura 114

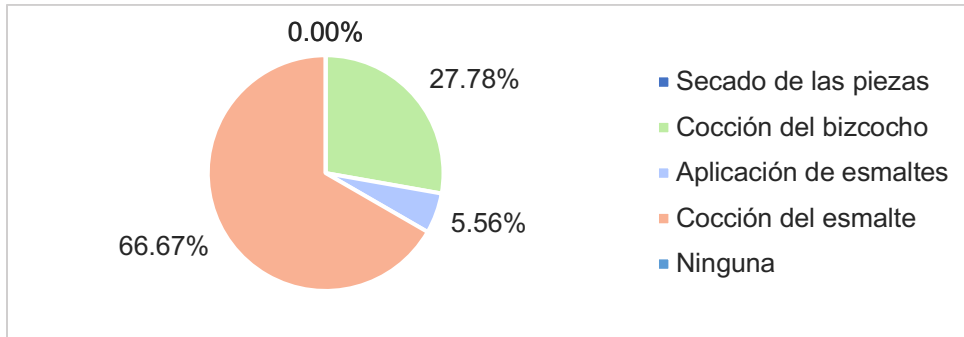
Frecuencia de los defectos



Nota. Elaboración propia.

Figura 115

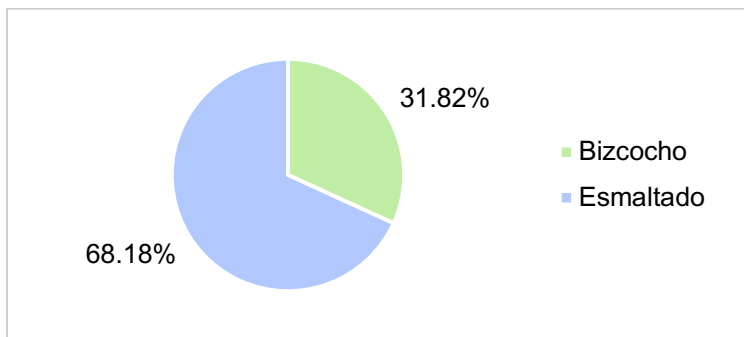
Etapa de la ocurrencia de los defectos



Nota. Elaboración propia.

Figura 116

Mayor presencia de defectos

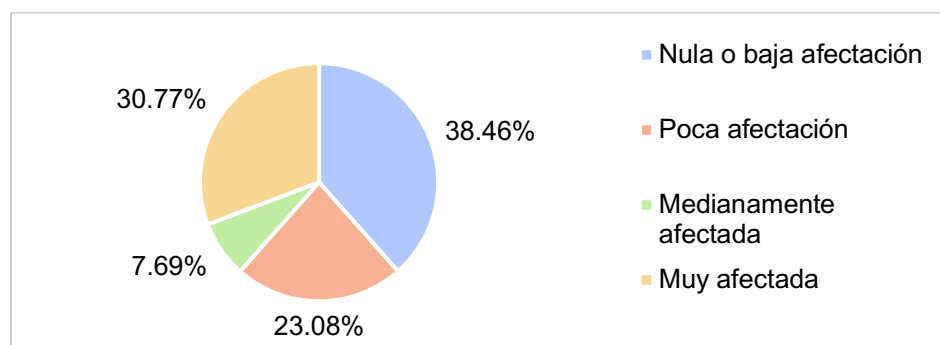


Nota. Elaboración propia.

A su vez, los encuestados (38.46%) consideran que esto repercute medianamente a la calidad de su producción, otros (30.77%) indican que se ve muy afectada, mientras que otros (23.08%) indican poca afectación y una minoría (7.69%) indicó nula o baja afectación (véase figura 117).

Figura 117

Repercusión en la calidad

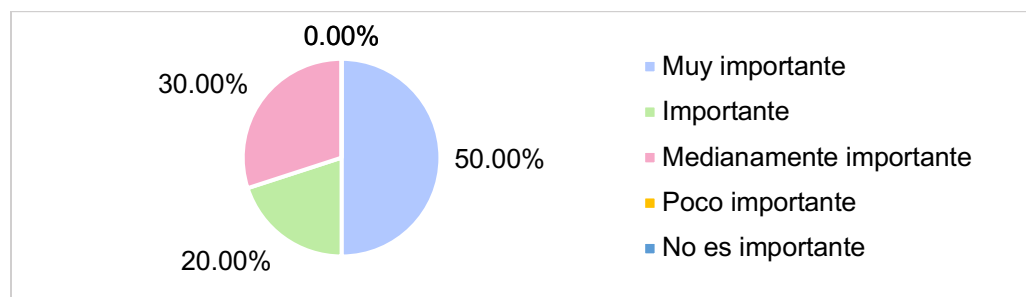


Nota. Elaboración propia.

De los 13 encuestados que respondieron esta sección, el 50% considera que los esmaltes son muy importantes en el proceso de producción, mientras que el 30% los considera medianamente importantes y el 20% simplemente importantes (figura 118). En cuanto a las prácticas de prueba, el 38.46% realiza pruebas de esmaltes de forma constante, el 30.77% solo algunas veces y otro 30.77% nunca realiza pruebas (figura 119). Respecto a los criterios utilizados para seleccionar esmaltes comerciales, el 36.67% prioriza el color, seguido por la calidad (23.33%), la disponibilidad (20%), el costo (16.67%) y, en menor medida, la cantidad disponible (3.33%) (figura 120). Esto indica un reconocimiento generalizado de la importancia del esmalte en la producción cerámica, aunque con prácticas de prueba y selección que varían según el contexto y los recursos.

Figura 118

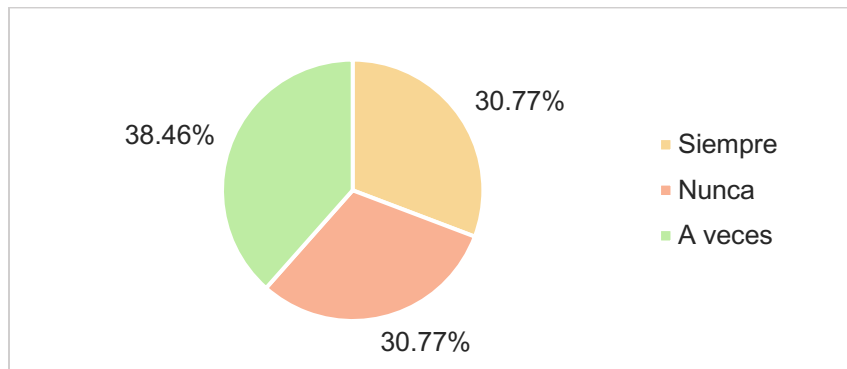
Importancia de los esmaltes



Nota. Elaboración propia.

Figura 119

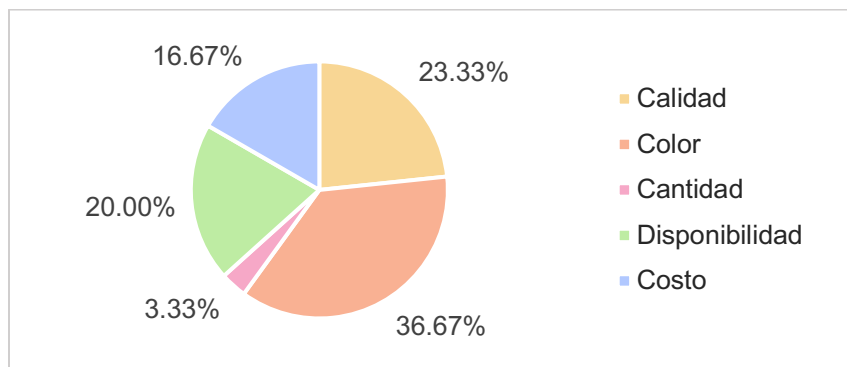
Frecuencia de pruebas de esmaltes



Nota. Elaboración propia.

Figura 120

Criterios para elegir esmaltes

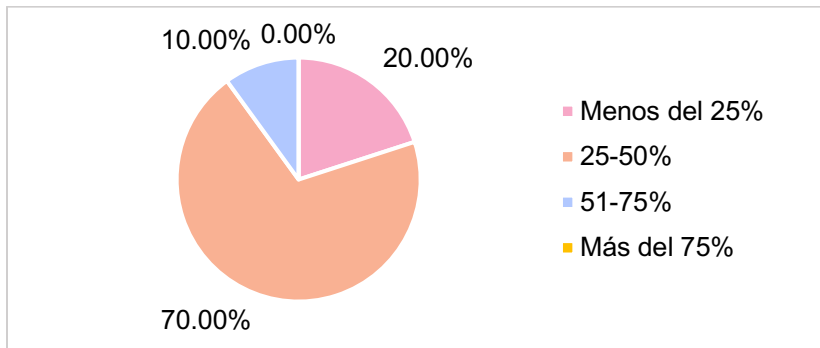


Nota. Elaboración propia.

En cuanto a costos, cabe mencionar que las respuestas disminuyeron de 22 a 10 respuestas. Se obtuvo que el 70% consideran que destinan entre el 25% y el 50% de su presupuesto a esmaltes, mientras que un 20% destina menos del 25% y un 10% considera que destina más del 50% (figura 121).

Figura 121

Porcentaje de presupuesto destinado a la compra de esmaltes



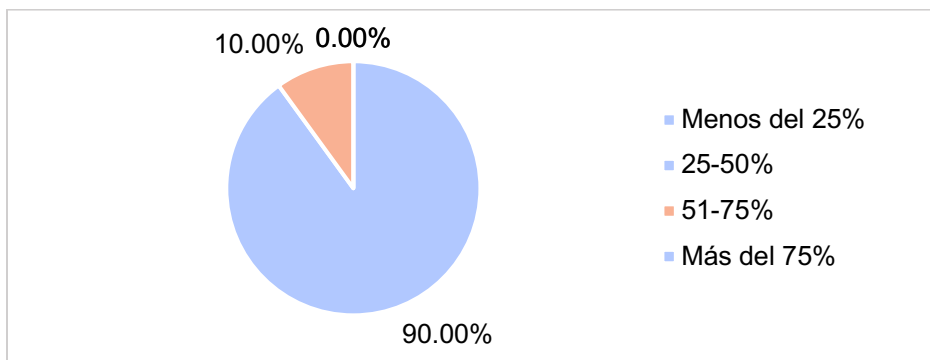
Nota. Elaboración propia.

Además, el 90% de los encuestados considera que el costo de los materiales representa un gasto de entre el 25 y 50% de la producción de piezas, mientras que el 10% de los encuestados considera que representa más del 50% (figura 122).

El 60% de los encuestados considera que la relación costo material y precio de venta de sus piezas es aceptable, mientras que el 40% considera que es satisfactoria (figura 123). El 75% de los encuestados indicaron que en promedio el precio de sus piezas ronda entre \$200 y \$400 pesos, mientras que un 12.5% indicó entre \$400 y \$600 pesos, mientras que otro 12.5% no indicó precio, pero sí indicó que considera que depende del tipo de pieza (figura 124).

Figura 122

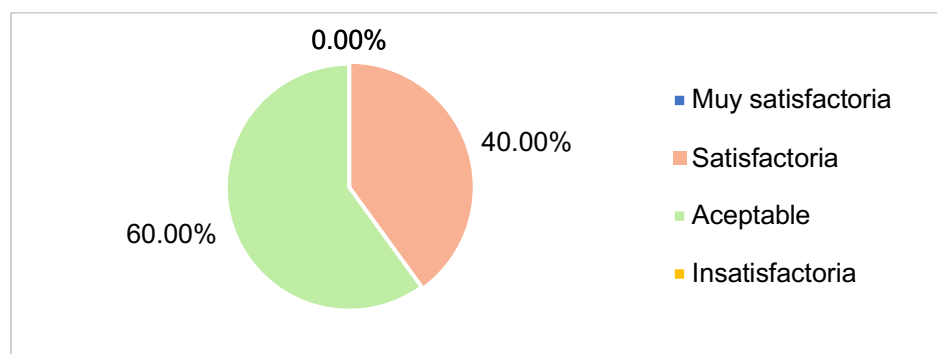
Porcentaje del costo total de la pieza que representa el material



Nota. Elaboración propia.

Figura 123

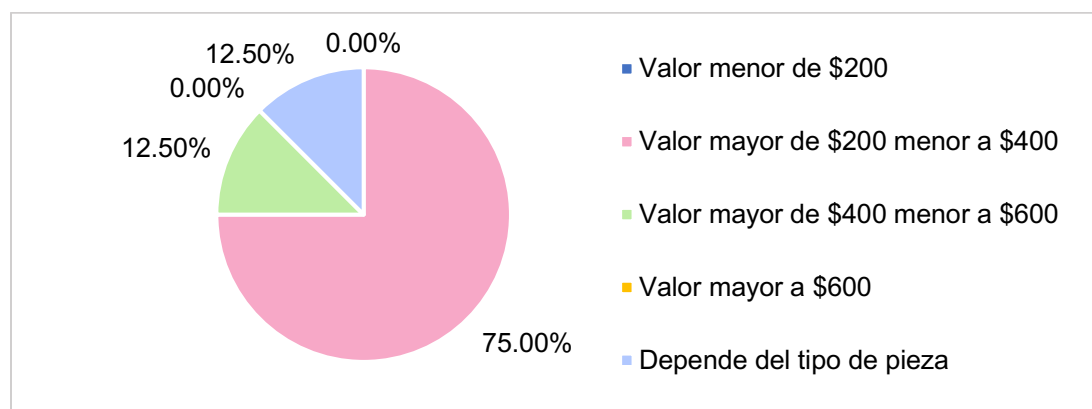
Relación costo del material y precio de venta



Nota. Elaboración propia.

Figura 124

Precio de venta promedio



Nota. Elaboración propia.

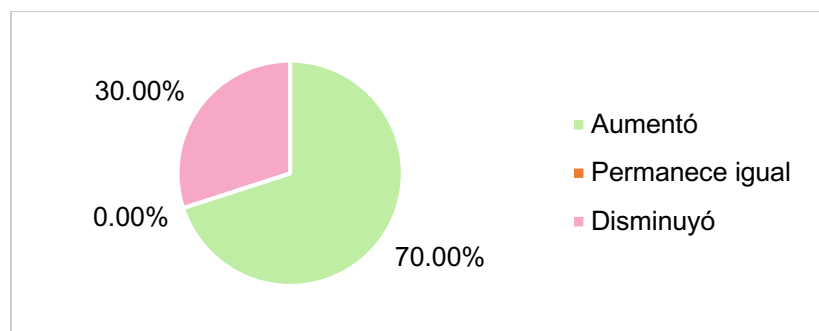
Por otro lado, se incluyeron preguntas orientadas a conocer el volumen de producción mensual de los encuestados y cómo ha cambiado en el último año. Es importante señalar que esta pregunta obtuvo únicamente nueve respuestas, y ninguno de los encuestados indicó las razones por las que omitieron sus respuestas, por lo que en las siguientes gráficas se consideran solamente a los nueve participantes como ceramistas con producción mensual activa.

En cuanto a la variación en la producción el 70% de los participantes señaló que su producción aumentó, mientras que el 30% indicó que disminuyó. Ninguno de los encuestados

reportó que su producción permaneciera igual. Estos datos muestran una tendencia general al incremento de la producción, aunque con una proporción significativa que manifiesta una reducción (figura 125).

Figura 125

Variación de la producción

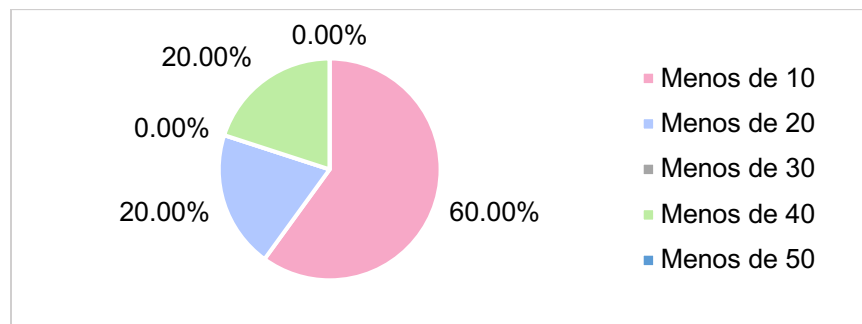


Nota. Elaboración propia.

El volumen de producción mensual puede considerarse bajo. Del total de encuestados que respondieron a esta pregunta, el 60% indicó producir alrededor de diez piezas al mes, el 20% entre diez y veinte piezas, y el otro 20% entre veinte y cuarenta piezas (figura 126).

Figura 126

Volumen de producción de piezas al mes

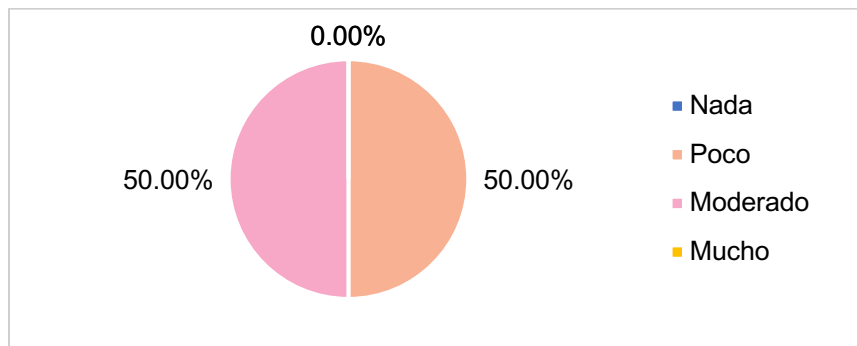


Nota. Elaboración propia.

Finalmente, en relación con la percepción del valor que la comunidad otorga a la cerámica local, se considera limitada ya que el 50% de los encuestados considera que esta es moderadamente valorada, mientras que el otro 50% opina que es poco valorada (figura 127).

Figura 127

Consideración del valor de la cerámica local



Nota. Elaboración propia.

13.2.2 Conclusión del análisis cuantitativo

Los resultados de la encuesta evidencian la existencia de una comunidad ceramista conformada por individuos con perfiles ceramista artista y ceramista diseñador. Un mismo individuo puede experimentar distintos roles, por ejemplo: un ceramista diseñador puede ser estudiante, docente independiente y a su vez creador independiente.

En cuanto a los procesos productivos, la comunidad de Mexicali depende en gran medida de materiales comerciales (pastas, barbotinas y esmaltes) lo que genera una fuerte dependencia externa y limita la posibilidad de aprovechar recursos locales. Además, la elaboración de piezas mediante técnicas tradicionales, sin un tránsito hacia esquemas semi industriales o controlados, da como resultado una producción con un nivel considerable de defectos, especialmente en los esmaltes, que afectan la calidad de las piezas.

Desde una perspectiva de sostenibilidad, estos procesos resultan claramente insuficientes. La alta dependencia de insumos comerciales implica una huella ambiental elevada debido al transporte y a los procesos industriales que preceden a su disponibilidad en el mercado. Al mismo tiempo, es notable la falta de estrategias para utilizar materiales locales, lo que contribuye a una lógica de consumo lineal, más que circular. La ausencia de innovación en la gestión de recursos locales demuestra que, en su estado actual, la producción cerámica en Mexicali no puede considerarse sostenible.

Agregado a esto tienen una importante aparición de defectos, sobre todo en los vidriados, lo que afecta a la calidad de su producción y venta. Aunque la producción cerámica aún no representa un impacto económico amplio en Mexicali, existe un potencial de crecimiento, motivado por el interés creciente de la comunidad y la apertura de nuevos espacios de producción y formación.

13.3 Análisis de costos

Este apartado responde a la pregunta de investigación que cuestiona si la incorporación de cenizas vegetales en vidriados cerámicos puede contribuir a la sostenibilidad del proceso productivo. Se estableció como objetivo principal evaluar los costos asociados a la producción de vidriados cerámicos utilizando materiales comerciales en comparación con los vidriados que incluyen las cenizas previamente analizadas.

El análisis incluyó el cálculo de costos de materias primas y vidriados preparados de tres proveedores: Laguna Clay (Estados Unidos), Arcicor y Ceramicolor (México). Estos datos fueron contrastados con los costos de vidriados formulados con cenizas vegetales, utilizando como base las propuestas derivadas del cálculo Seger. Asimismo, se integraron datos obtenidos mediante la encuesta a ceramistas de la región, los cuales enriquecen la interpretación de los resultados al ofrecer una visión más amplia sobre la relación entre producción, calidad y costos dentro del contexto local.

13.3.1 Descripción de análisis

Se calcularon los costos de elaboración de vidriados utilizando materiales comerciales provenientes de dos proveedores nacionales (Ceramicolor y Arcicor) y uno internacional (Laguna Clay), en el anexo 13 se adjuntan las cotizaciones de los materiales. Asimismo, se estimaron los costos de los vidriados que incorporan cenizas vegetales según la propuesta experimental, así como los vidriados preparados ofrecidos por los mismos proveedores.

Para facilitar la comprensión de la información presentada en las tablas comparativas, se denomina "*receta base*" a los vidriados preparados exclusivamente con materias primas comerciales, y "*recetas con ceniza*" a aquellas que incluyen cenizas vegetales y que han sido

ajustadas, a partir de la receta base, para cumplir con las proporciones establecidas mediante el cálculo Seger.

13.3.2 Condiciones de cálculo de costos

Se tomaron en cuenta el precio por kilogramo de cada materia prima, los costos de envío y los impuestos correspondientes. A partir de estos datos, se estimó el costo equivalente para la preparación de 33.33 ml de vidriado, considerando una densidad de 1.5 g/ml (véase tabla 74). La mezcla utilizada para este cálculo incluyó 20 g de materiales secos y 13.33 ml de agua.

Tabla 74

Costos de materias primas

Proveedor	Materiales	Cantidad (kg)	Precio por kg	Total	Costo de envío	Impuesto	Total
Laguna Clay	Feldespatos de sodio	5 lb - 2.27	36.82	401.69	1512.63	75.82	1990.15
	Bórax granular	5 lb - 2.27	69.80				
	Sílice	5 lb - 2.27	36.82				
	Borato de Gerstley (Colemanita)	5 lb - 2.27	258.23				
Ceramicolor	Feldespatos de sodio	1	21.55	232.75	1040	37.25	1310
	Bórax anhidro	1	129.31				
	Sílice	1	25.86				
	Colemanita	1	56.03				
Arcicor	Feldespatos de sodio	1	17	182.5	1040	0	1222.5
	Bórax pentahidratado	1	73				
	Sílice	1	17.5				
	Colemanita	1	75				

Nota. El nombre de los materiales se indica según el proveedor: Laguna Clay (<https://www.lagunaclay.com/cart>), Ceramicolor (<https://ceramicolor.com.mx/>) y Arcicor (<https://www.arcicor.com/>). Elaboración propia.

13.3.3 Cálculo de costos

Para el cálculo del costo de la receta base y de las recetas con ceniza, se consideró el porcentaje en peso de cada materia prima requerida, así como su costo proporcional con base en el precio por kilogramo. Con el objetivo de establecer una métrica uniforme que permita

comparar de manera precisa la viabilidad económica de cada receta, los resultados fueron normalizados al costo por litro de vidriado. Esta unidad de medida se eligió por su relevancia práctica en contextos productivos, donde el volumen disponible del vidriado es un factor en la planificación y estimación de costos (véase la tabla 75).

Con el fin de evaluar la viabilidad económica de las recetas con ceniza se estimaron los costos de la receta base y de las recetas con ceniza y se compararon las diferencias en precio por litro.

Tabla 75

Costos de receta base por proveedor

Materia prima	Porcentaje ^a %	Gramos	Costo por proveedor		
			Laguna clay	Ceramicolor	Arcicor
Colemanita	28.9	5.78	\$2.51	\$1.68	\$1.60
Feldespatosódico	48.7	9.74	\$4.55	\$3.88	\$3.24
Borax anhidro	9.7	1.94	\$0.84	\$0.57	\$0.54
Silice	12.7	2.54	\$1.66	\$0.83	\$0.85
		Total por 20 gr	\$9.56	\$6.96	\$6.23
		Costo por litro	\$286.87	\$208.88	\$187.01

Nota. a. De acuerdo con fórmula de cálculo Seger. Elaboración propia.

Para el cálculo del costo de obtención de las cenizas, se hizo una estimación tomando en cuenta los equipos e insumos necesarios. Todos los insumos se consideran de un solo uso y, de acuerdo con la CEPAL (2015), a los equipos se les designó una cantidad conservadora de 10,000 usos, en función de su vida útil estimada (véase tabla 76).

Tabla 76

Estimación de costos de obtención de las cenizas

Descripción	Clasificación	Costo	Usos	Costo por uso
Olla	Equipo	80	10,000	0.008
Pinzas de jardinería	Equipo	200	10,000	0.02
Pesa de precisión	Equipo	299	10,00	0.299
Herramientas para mezclar	Equipo	5	10,000	0.0005

Descripción	Clasificación	Costo	Usos	Costo por uso	
Tamiz malla 50 hilos	Equipo	1256	10,000	0.1256	Total equipo
Tamiz malla 100 hilos	Equipo	1256	10,000	0.1256	0.5787
Contenedores (2oz)	Insumo	1.27	1	1.27	
Encendedor	Insumo	15	1	15	
Contenedor para las cenizas (bolsas)	Insumo	0.1	1	0.1	
Guantes de nitrilo	Insumo	0.465	1	0.465	Total insumos
Cubrebocas	Insumo	0.39	1	0.39	17.225

Nota. Elaboración propia.

Basado en los costos de los equipos e insumos y la cantidad de ceniza obtenida por cada especie se estimó el costo por kilogramo (tabla 77).

Tabla 77

Costo por kilogramo de cada tipo de ceniza

Ceniza	Gramos	Costo por kg
Eucalipto	16	\$53.39
Mezquite	8	\$89.56
Morero	7	\$99.89
Olivo negro	17	\$51.26

Nota. Elaboración propia.

13.3.4 Diferencia de costos entre la receta base y las recetas con cenizas

En la receta donde se incluyen cenizas de eucalipto y olivo negro se aprecia una disminución de costos utilizando materias primas de Laguna Clay y Arcicor, así como un aumento con materias primas de Ceramicolor. Cabe remarcar que se disminuyó el costo tomando como referencia al proveedor que ofrece precios más bajos (véase tablas 78 y 79).

Tabla 78*Receta con ceniza de eucalipto*

Materia prima	Porcentaje ^a %	Gramos	Costo por proveedor		
			Laguna clay	Ceramicolor	Arcicor
Colemanita	17.04	3.40	\$1.48	\$0.99	\$0.94
Feldespató sódico	55.08	11.01	\$5.14	\$4.39	\$3.67
Bórax anhidro	10.87	2.17	\$0.94	\$0.64	\$0.60
Sílice	14.32	2.86	\$1.88	\$0.93	\$0.96
Ceniza de eucalipto	2.68	0.53	\$0.03	\$0.03	\$0.03
Total por 20 gr			\$9.47	\$6.99	\$6.20
Costo por litro			\$284.17	\$209.56	\$186.13
Diferencia con receta base			-0.9516%	0.3213%	-0.4749%
Ahorro/aumento por litro			-\$2.70	\$0.67	-\$0.88
Diferencia con preparados			-108.00%	-6.57%	-112.22%
Ahorro/aumento por litro			-\$306.91	-\$13.78	-\$208.87

Nota. a. De acuerdo con el cálculo Seger de la propuesta. Elaboración propia.

Tabla 79*Receta con ceniza de olivo negro*

Materia prima	Porcentaje ^a %	Gramos	Costo por proveedor		
			Laguna clay	Ceramicolor	Arcicor
Colemanita	17.05	3.41	\$1.48	\$0.99	\$0.94
Feldespató sódico	55.12	11.02	\$5.15	\$4.39	\$3.67
Bórax anhidro	10.88	2.17	\$0.94	\$0.64	\$0.60
Sílice	14.33	2.86	\$1.88	\$0.93	\$0.96
Ceniza de mezquite	2.61	0.52	\$0.03	\$0.03	\$0.03
Total por 20 gr			\$9.48	\$6.99	\$6.21
Costo por litro			\$284.31	\$209.65	\$186.20
Diferencia con receta base			-0.9002%	0.3651%	-0.4342%
Ahorro/aumento por litro			-\$2.56	\$0.77	-\$0.81
Diferencia con preparados			-107.90%	-6.53%	-112.13%
Ahorro/aumento por litro			-\$306.76	-\$13.68	-\$208.80

Nota. a. De acuerdo con el cálculo Seger de la propuesta. Elaboración propia.

Se aprecia una disminución de costos utilizando materias primas de los tres proveedores en las recetas de ceniza de mezquite y morero (ver tablas 80 y 81).

Tabla 80*Receta con ceniza de mezquite*

Materia prima	Porcentaje ^a %	Gramos	Costo por proveedor		
			Laguna clay	Ceramicolor	Arcicor
Colemanita	16.72	3.34	\$1.45	\$0.97	\$0.93
Feldespató sódico	54.07	10.81	\$5.05	\$4.31	\$3.60
Bórax anhidro	10.67	2.13	\$0.93	\$0.63	\$0.59
Sílice	14.05	2.81	\$1.84	\$0.91	\$0.94
Ceniza de mezquite	4.46	0.89	\$0.08	\$0.08	\$0.08
Total por 20 gr			\$9.35	\$6.91	\$6.14
Costo por litro			\$280.52	\$207.27	\$184.27
Diferencia con receta base			-2.2646%	-0.7761%	-1.4853%
Ahorro/aumento por litro			-\$6.35	-\$1.61	-\$2.74
Diferencia con preparados			-110.71%	-7.75%	-114.35%
Ahorro/aumento por litro			-\$310.55	-\$16.06	-\$210.73

Nota. a. De acuerdo con el cálculo Seger de la propuesta. Elaboración propia.

Tabla 81*Receta con ceniza de morero*

Materia prima	Porcentaje ^a %	Gramos	Costo por proveedor		
			Laguna clay	Ceramicolor	Arcicor
Colemanita	16.45	3.29	\$1.43	\$0.96	\$0.91
Feldespató sódico	53.17	10.63	\$4.97	\$4.24	\$3.54
Bórax anhidro	10.49	2.09	\$0.91	\$0.62	\$0.58
Sílice	13.82	2.764	\$1.81	\$0.90	\$0.93
Ceniza de mezquite	6.05	1.21	\$0.12	\$0.08	\$0.08
Total por 20 gr			\$9.24	\$6.80	\$6.04
Costo por litro			\$277.11	\$203.85	\$181.24
Diferencia con receta base			-3.5235%	-2.4674%	-3.1860%
Ahorro/aumento por litro			-\$9.76	-\$5.03	-\$5.77
Diferencia con preparados			-113.30%	-9.56%	-117.95%
Ahorro/aumento por litro			-\$313.97	-\$19.48	-\$213.76

Nota. a. De acuerdo con el cálculo Seger de la propuesta. Elaboración propia.

13.3.5 Diferencia de costos entre esmaltes preparados y las recetas con cenizas

Si se comparan los esmaltes de preparación propia con los ya preparados por los proveedores (tabla 82), se tiene un ahorro más notable, teniendo la máxima diferencia al utilizar materias primas de Laguna Clay con cenizas de morero y compararla con el esmalte transparente GEM1050LP cono 06 de la propia marca, alcanzando una diferencia de \$-313.97 pesos/litro. En esta misma comparativa, la diferencia que genera menos ahorro es la de el esmalte con materias primas de Ceramicolor con cenizas de olivo negro, logrando una diferencia de \$-13.68 pesos/litro contra el esmalte brillante cono 06 a 04 de la misma marca.

Tabla 82

Costo de esmaltes preparados

Marca	Laguna Clay	Ceramicolor	Arcicor
Modelo	Esmalte transparente GEM1050LP cono 06	Esmalte brillante cono 06 a 04	Esmalte transparente cono 05
Costo	\$1,594.29	\$75.00	\$135.00
Envío	\$514.26	\$260.00	\$260.00
Impuestos	\$131.63	\$0.00	\$0.00
Cantidad	1	1	1
Unidad origen	Galón	Kilogramo	Litro
Conversión a litros	3.79	1.5	1
Precio total	\$2,240.18	\$335.00	\$395.00
Precio por litro	\$591.08	\$223.33	\$395.00

Nota. Elaboración propia.

13.3.6 Inferencias de los cálculos

La receta con una disminución de costos más significativa es la que incluye ceniza de morero. Generando la mayor diferencia neta (-\$9.76 pesos/litro) con el proveedor Laguna Clay, quedando en \$277.11 pesos/litro. Sin embargo, si no se considera la diferencia neta y lo que se busca es el menor costo, el mejor resultado se obtiene con el proveedor Arcicor (-\$5.77 pesos/litro), quedando en \$181.24 pesos/litro.

Así como se puede generar ahorro, hay recetas que, debido al aumento en proporción de las materias primas más costosas, generan un aumento en el precio al incluir cenizas en su mezcla. La receta que genera el mayor aumento es la que incluye cenizas de olivo negro,

haciendo que se aumente \$0.77 pesos/litro, utilizando materias del proveedor Ceramicolor. Otra receta que también genera un aumento de \$0.67 pesos/litro es la que incluye cenizas de eucalipto, también con el proveedor Ceramicolor. El resto de las recetas genera ahorro en diferente medida con los tres proveedores.

El ahorro promedio por el uso de recetas a base de ceniza, considerando a todos los proveedores y los cuatro tipos de cenizas es de \$-3.07 pesos/litro. Siendo un claro indicativo de que el incluir cenizas en los esmaltes genera un ahorro de dinero.

Conclusiones

En Mexicali existe una amplia diversidad de especies vegetales clasificadas como nativas, exóticas no invasoras y exóticas invasoras, siendo los árboles los más comunes en las áreas verdes.

En este estudio se dio relevancia al estado de conservación de las especies, de acuerdo con diversos autores, ésta es una característica para tomar en cuenta al elegir especies para la obtención de cenizas, ya que se asegura la disponibilidad del recurso sin comprometer el equilibrio ecológico (Miranda Forrest, 2013; Phil Rogers, 2023; Ros i Frigola, 2017; Chavarría, 2014).

Otros criterios señalados en la literatura incluyen el nombre común y la especie de la planta, permiten mantener un registro adecuado para su identificación en el estudio. Mientras que aspectos como la estructura, época de recolección, estado y apariencia de la planta, brindan información sobre las partes útiles en la producción de cenizas, también determinan la necesidad del proceso de secado previo a la quema.

Finalmente, la zona de crecimiento y el clima se registraron como datos de referencia, ya que, de acuerdo con diversos autores, pueden influir en el contenido químico de las especies. Si bien en esta investigación no se realizaron comparaciones directas entre distintas regiones o condiciones ambientales, esta información constituye un insumo valioso que enriquece el estudio y que puede resultar de gran utilidad para futuras investigaciones orientadas a comprobar la influencia de estos factores en la composición química de las cenizas.

A partir de dichos criterios se seleccionaron cuatro especies de árboles (eucalipto, morero, mezquite y olivo negro) como adecuadas la obtención de cenizas. Además de su fácil acceso dada su localización, estas especies comparten una característica en común, que es la poda, lo que permitió la recolección sin afectar la cobertura vegetal.

En el aspecto práctico, los residuos provenientes de podas, que en su mayoría se encontraban en estado verde, fueron sometidos a un periodo de secado a pleno sol antes de la

quema. Este procedimiento permitió reducir su humedad y llevar a cabo un proceso de combustión eficiente. La quema se llevó a cabo en un ambiente controlado a cielo abierto.

Posteriormente, las cenizas fueron sometidas a un procesamiento previo al análisis químico, que incluyó las etapas de lavado, tamizado y secado. Dicho procedimiento se llevó a cabo siguiendo las prácticas descritas por los ceramistas en la literatura especializada. Gracias a este tratamiento, fue posible obtener muestras homogéneas y adecuadas para su análisis mediante la técnica de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (XRF) esta técnica permitió identificar de una manera fiable e inmediata la composición química de las cenizas, por lo que se sostiene que es una técnica adecuada.

El análisis químico de las cenizas arrojó las composiciones químicas de cada una de las especies vegetales utilizadas en este estudio, con altas concentraciones de óxido de calcio (CaO) y óxido de potasio (K_2O) con las siguientes proporciones: 69.19% de CaO y 29.47% de K_2O en la ceniza de eucalipto, 28.08% de CaO y 48.82% de K_2O en la ceniza de morero, 26.64% de CaO y 71.12% de K_2O en la ceniza de mezquite, y 74.08% de CaO y 24.26% de K_2O en la ceniza de olivo negro.

La identificación de especies elegibles para la obtención de ceniza y en análisis químico de las mismas se relacionan directamente a la variable “composición química de las cenizas” puesto que se optimizó el proceso de recolección y preparación de residuos, reduciendo tiempos y permitiendo obtener cenizas con características estables y reproducibles, lo cual es fundamental para analizarlas y usarlas posteriormente en aplicaciones cerámicas.

Conociendo la composición química de las cenizas se pudo determinar su uso en las formulaciones de vidriados de ceniza, que en todos los casos estudiados contenían mayormente óxidos básicos, esta información fue de utilidad en la formulación de los vidriados con ceniza.

Los métodos proporcionados por los autores Matthes (1990), Ros i Frigola (2019), y Vázquez (2005) son adecuados y efectivos para formular vidriados de ceniza, a partir del análisis químico y la identificación de los óxidos básicos, neutros y ácidos.

Entre estos métodos destaca el cálculo de Seger, puesto que facilitó la organización de los pesos molares de los componentes químicos de los materiales (en este caso, las cenizas y otros materiales complementarios) con el fin de establecer fórmulas balanceadas. Se considera que este método es fundamental en la determinación de los materiales a utilizar, ya que permite hacer modificaciones y sustituciones de ser necesarias para mejorar los resultados.

De acuerdo con Matthes (1990) se eligieron los límites moleculares para vidriados alcalinos con boro 05-5 para establecer los rangos de utilización de los componentes en los vidriados para obtener resultados estables.

Otro método relevante fue la revisión de la relación entre los óxidos R_2O y RO especificada por Mathew Katz (2016) para asegurar la estabilidad y fluidez de los vidriados, que en conjunto con la escala gráfica de Glazy.org (2023) sobre la fluidez, se pudo observar que los vidriados de ceniza de eucalipto y olivo negro presentarían buena fluidez (más cercano al ideal) mientras que los vidriados de ceniza de mezquite y morero, tendrían mayor fluidez.

La relación alúmina y sílice, permitió controlar la temperatura de fusión del vidriado. Para las cuatro formulaciones se utilizaron 0.33 moles de Al_2O_3 y 2.73 moles de SiO_2 de manera que la relación resultante fue de 8.27 $SiO_2:Al_2O_3$. De acuerdo con los autores Rhodes (1989) y Hammer y Hammer (1991)., esto sugiere vidriados de baja temperatura con acabado semi brillante o semi mate. Con estos valores se pudo proponer la temperatura de quema para los vidriados y se comprobó su influencia en la textura y brillantez al obtener resultados coherentes con las referencias.

Finalmente, el diagrama basado en Ray Thomas Stull (1912) muestra gráficamente la influencia de sílice y alúmina, previendo cómo dicha relación afecta las propiedades estéticas del vidriado. La gráfica del estudio mostró que los vidriados propuestos se encuentran en la zona de acabados brillantes (*GLOSSY*).

El conjunto de métodos mencionados constituye la base metodológica seguida en esta investigación para la formulación de cuatro vidriados, uno por cada tipo de ceniza según la especie vegetal. En dichas formulaciones, las cenizas se integraron principalmente como fuentes de óxidos básicos, reduciendo el uso de materiales comerciales que cumplen con esta

labor. Así mismo, siguiendo con la metodología las formulaciones fueron convertidas a recetas, lo que permitió la preparación de cuatro vidriados con ceniza.

Tras su preparación y aplicación sobre soportes cerámicos de baja y media temperatura, los vidriados obtenidos presentaron características coherentes entre sí y en concordancia con las propiedades previstas a partir de la formulación y los antecedentes teóricos.

Hasta este punto, puede confirmarse que los métodos sugeridos por los ceramistas y el análisis utilizado para conocer los componentes químicos de las cenizas resultaron pertinentes y favorables para la formulación de un vidriado de ceniza. Estos conocimientos son fundamentales para el desarrollo de propuestas sostenibles dentro de la comunidad ceramista basada en recursos locales.

La inclusión de cenizas vegetales en recetas de vidriados cerámicos se propuso en bajas cantidades y en combinación con otros materiales comerciales, con el fin de asegurar un comportamiento estable de los vidriados. Esto dio como resultados vidriados de apariencia brillante, transparente, incolora y una textura lisa tanto al tacto. Estos resultados sugieren que es posible continuar experimentando en busca de la reducción de materias primas comerciales.

Si bien, estos mostraron características coherentes con lo previsto teóricamente, también se presentaron algunos defectos en los vidriados que podrían corregirse mediante ajustes en las formulaciones. Entre los menos frecuentes se identificaron el escurrido y absorbido que según Chavarría (2014) y Vittel Claude (1978) se relacionan a la temperatura de fusión y posible insuficiencia de sílice en la mezcla. En esta investigación no se puede confirmar la razón de su aparición dado que la temperatura de fusión y cantidad de sílice fue la misma para todas las muestras y solo dos de ellas presentaron este tipo de defectos.

Los defectos más recurrentes fueron el burbujeo y las grietas capilares. De acuerdo con Chavarría (2014) las burbujas aparecen cuando existe un exceso de agua en el bizcocho o en el vidriado o cuando éste último se aplica con un espesor excesivo. Dado que en la preparación de los vidriados se comprobó la densidad de los vidriados previo a su aplicación, es posible descartar que se trata de exceso de agua como causa. Sin embargo, la presencia de burbujas en

algunas muestras señala la necesidad de analizar con mayor detalle las causas específicas de este defecto.

En cuanto a las grietas capilares, Matthes (1990) argumenta que las cenizas con altos contenidos de óxido de calcio (CaO) tienden a contraerse debido a su elevada tensión superficial, generando este tipo de defectos. Así mismo, un coeficiente de dilatación térmica del vidriado mayor al de la pasta puede ocasionar la aparición de grietas capilares. Considerando la afirmación de Matthes y la verificación, a través del análisis químico, de que las cenizas presentan un alto contenido de óxido de calcio, este factor podría explicar la aparición de grietas. Lo anterior abre la posibilidad de realizar estudios más detallados sobre las propiedades físicas de los vidriados de ceniza.

Aunque Matthes propone alternativas para corregir este defecto en la formulación de vidriados con alto contenido de CaO, es importante destacar que, en muchos casos, las grietas capilares son empleadas intencionalmente como recurso estético en la decoración de piezas cerámicas de carácter ornamental.

Por otro lado, los resultados de una encuesta aplicada a ceramistas de la región arrojaron que la producción cerámica dentro de esta comunidad se caracteriza por una fuerte prevalencia de métodos tradicionales, tanto en técnicas de conformado como en el uso de materiales y procesos. Aunque existe una apertura al uso de técnicas intermedias y avanzadas como la reproducción por moldes y la fabricación en torno, estas se integran como complemento a las prácticas tradicionales, no como una sustitución.

La dependencia de insumos comerciales es notable: la mayoría de los ceramistas utilizan pastas, barbotinas y esmaltes ya preparados, mayoritariamente de marcas mexicanas o extranjeras. El desarrollo de recetas propias de esmaltes y pastas es poco común, al igual que el uso de óxidos como colorantes, lo que indica una limitada exploración en la formulación química personalizada.

En cuanto a la infraestructura, más de la mitad de los ceramistas recurren a hornos rentados, lo que evidencia cierta limitación en el acceso a equipamiento propio. En conjunto,

estos resultados reflejan una comunidad ceramista que combina técnicas tradicionales con recursos accesibles del mercado, priorizando la viabilidad técnica y económica por encima de la innovación material o tecnológica en sus procesos de producción.

Se evidencia que los esmaltes son un componente fundamental en la producción cerámica, tanto por su valor estético como por su impacto en la calidad final de las piezas. Los ceramistas coinciden en que los defectos aparecen con mayor frecuencia en la etapa de esmaltado (68.10%). Al comprar esmaltes predomina el criterio estético del color, seguido de la calidad y factores prácticos como disponibilidad y costo. Económicamente, los ceramistas destinan entre un 25% y 50% de su presupuesto a esmaltes y materiales, aunque perciben como aceptable o satisfactoria la relación entre costo y precio de venta.

Esto demuestra que los ceramistas enfrentan un desequilibrio entre criterios estéticos, técnicos y económicos. En este sentido, se destaca la necesidad de impulsar investigaciones que desarrollen alternativas de esmaltes más accesibles, de calidad y adaptadas al contexto productivo local. Dichas alternativas contribuirían a reducir defectos y optimizar el uso de recursos, aspecto especialmente relevante considerando que los esmaltes son valorados como un componente esencial en sus procesos productivos.

Otro punto de interés es el análisis comparativo de costos, que demuestra que la inclusión de cenizas en la formulación de esmaltes representa una alternativa económicamente viable. La receta con mayor impacto en la reducción de costos fue la que incorporó ceniza de morero, alcanzando un ahorro de \$9.76 pesos/litro respecto al proveedor Laguna Clay situándose en \$277.11 pesos/litro. No obstante, cuando se busca el menor costo absoluto, el mejor resultado se obtuvo con el proveedor Arcicor, con un precio final de \$181.24 pesos/litro al incluir cenizas en la receta.

Si bien la mayoría de las formulaciones con cenizas generaron ahorros, se identificaron casos en los que la inclusión de ciertos tipos de ceniza elevó ligeramente los costos, particularmente con el uso de cenizas de olivo negro (+\$0.77 pesos/litro) y de eucalipto (+\$0.67 pesos/litro) al emplear materias del proveedor Ceramicolor. Aun así, el ahorro

promedio obtenido al considerar las cuatro especies y los tres proveedores fue de \$3.07 pesos/litro, lo que confirma que el uso de cenizas en la elaboración de esmaltes no solo es técnicamente factible, sino que también contribuye a optimizar los recursos económicos en la producción cerámica.

El análisis indica que las propuestas de vidriados cerámicos con cenizas son económicamente sostenibles, lo cual abre la posibilidad de que los ceramistas de la región utilicen estos datos como referencia para desarrollar sus propias recetas, empleando cenizas vegetales provenientes de especies locales.

El uso de cenizas vegetales de especies de plantas de la región de Mexicali para la elaboración de vidriados cerámicos representa una alternativa sostenible para la producción de objetos cerámicos. Los resultados de la experimentación demuestran que es posible formular y preparar un vidriado cerámico a partir de cenizas vegetales. Los vidriados obtenidos cumplen con la mayoría de las características previstas en su formulación, lo que demuestra su viabilidad y estabilidad para su replicabilidad.

Esta investigación ofrece a la comunidad ceramista de Mexicali el acceso a nuevas recetas de vidriados a partir de formulaciones que integran cenizas vegetales locales, que los ceramistas pueden reproducir, adaptar o mejorar en su propia práctica.

Por otro lado, el uso de cenizas como materia prima alternativa permite disminuir la dependencia de materiales comerciales más costosos, lo que se traduce en un ahorro económico directo. Incluso, al documentar las etapas de preparación (recolección, secado, quema, procesamiento de cenizas, formulación y aplicación), los ceramistas adquieren un conocimiento transferible que pueden aplicar, replicar e incluso enseñar.

Además, el hecho de usar materiales locales permite ofrecer piezas con un relato vinculado al territorio lo cual podría incrementar su atractivo para mercados especializados. Con esto, los ceramistas pueden definir precios de venta más justos y estratégicos en función de sus gastos, aumentando su competitividad en el mercado regional.

En relación con los beneficios que esta tesis aporta a la comunidad científica de diseñadores industriales, esto genera conocimiento científico local. Al documentar la composición de especies específicas de la región de Mexicali, se proporciona literatura existente con datos regionales poco explorados. En particular estos criterios son replicables para futuras investigaciones, permitiendo que otros investigadores apliquen la misma metodología en diferentes contextos geográficos o con otras especies vegetales.

La investigación representa un puente entre la práctica artesanal y la investigación académica, validando procesos empíricos usados por ceramistas con métodos de caracterización científica, como la fluorescencia de rayos X.

El proceso de selección de especies, análisis químico y formulación de vidriados ofrece un marco metodológico que puede aplicarse en otros territorios o con otras especies, facilitando nuevos estudios. Además, los diseñadores industriales interesados en materiales alternativos encontrarán en este estudio ejemplos claros de cómo vincular la investigación con la resolución de problemas reales de una comunidad local.

Finalmente, la investigación aporta evidencia concreta de cómo integrar materiales locales en procesos productivos, alineándose con tendencias internacionales en diseño sostenible.

La validación de la propuesta de vidriados en un contexto de producción cerámica real constituye uno de los conocimientos que queda pendiente por confirmar. En otras palabras, la aplicación práctica de las formulaciones de vidriados desarrolladas en esta investigación dentro de un proceso de producción cerámica real. Si bien las pruebas de laboratorio demostraron su viabilidad y coherencia con lo previsto en la literatura, falta comprobar cómo se comportan los vidriados en condiciones productivas habituales de los talleres de ceramistas, donde influyen variables como la infraestructura disponible, los tiempos de trabajo, el tipo de piezas elaboradas y las prácticas de quema específicas de cada ceramista. Confirmar este conocimiento permitiría validar plenamente la pertinencia de los vidriados de ceniza como alternativa técnica y económica para la comunidad local.

A partir de las variables que definieron a este proyecto, sería posible expandir las investigaciones en diferentes escalas y enfoques:

Desde una perspectiva cualitativa, se podría profundizar en el valor que la comunidad ceramista de Mexicali atribuye al conocimiento generado, así como en la forma en que este se vincula con su cultura, identidad y prácticas productivas. Este acercamiento permitiría comprender el impacto social y simbólico de incorporar cenizas locales a los procesos cerámicos.

De igual modo, analizar los procesos cerámicos de la comunidad de Mexicali en contraste con los de otras regiones de la frontera u otras zonas de México, con el objetivo de identificar buenas prácticas, evaluar el impacto ambiental de los materiales y avanzar hacia modelos de producción más sostenibles.

Por otra parte, explorar otros tipos de plantas disponibles en la región, a fin de determinar su potencial para la elaboración de vidriados. Este estudio debería complementarse con análisis químicos más rigurosos que permitan establecer comparaciones entre especies y, eventualmente, garantizar la predictibilidad de los resultados al emplear un tipo específico de ceniza.

En términos de las propuestas de vidriados, realizar procesos iterativos de mejora, que incluyan formulación, aplicación y evaluación de los vidriados mediante diferentes ensayos técnicos (resistencia, durabilidad, textura, brillo, entre otros) que podrían considerarse nuevas variables. Este enfoque experimental permitiría perfeccionar la calidad estética y funcional de las propuestas.

Finalmente, este trabajo puede ser un punto de partida para investigaciones en el campo del diseño industrial, donde se involucre la interdisciplina en la creación de procesos productivos más sostenibles y en la integración de recursos locales.

A partir de este estudio se proyectan diversas líneas de investigación. Una de ellas es la aplicación en la producción real, que busca validar el comportamiento de los vidriados de ceniza en talleres cerámicos locales. Otra línea corresponde a la diversificación de especies vegetales, orientada a estudiar otras plantas de la región y comparar químicamente sus cenizas. También se contempla la optimización de propiedades físicas, con el objetivo de mejorar la calidad de los vidriados mediante pruebas técnicas y procesos iterativos.

De igual manera, resulta relevante ampliar el análisis de sostenibilidad, que permita comparar el impacto ambiental y económico de estos vidriados frente a procesos cerámicos de otras regiones. En el plano social y cultural, los estudios cualitativos pueden profundizar en el valor simbólico, identitario y comunitario del uso de cenizas locales en la práctica cerámica. Finalmente, se abre un campo de innovación desde el diseño, enfocado en generar nuevas propuestas de materiales y procesos cerámicos sostenibles.

Este trabajo representa la generación de conocimiento interdisciplinario, al integrar conocimientos, métodos o teorías de diferentes disciplinas, como la química, economía, ciencias sociales, artes aplicadas y diseño industrial. Aportando un modelo de trabajo que conecta ciencia aplicada con la práctica.

Las ciencias de los materiales y la química se involucran en el análisis químico de las cenizas mediante técnicas como fluorescencia de rayos X. Además de los aspectos teóricos que permiten entender la función de los óxidos (básicos, neutros y ácidos) en la formulación de vidriados. El beneficio que aporta a la investigación es la precisión en la identificación de componentes químicos, lo que permite formular recetas estables y reproducibles.

La economía se integra en la gestión de la producción cerámica, el análisis comparativo de costos entre vidriados comerciales y vidriados con cenizas. Mediante esta disciplina se evalúa la viabilidad económica de implementar estas alternativas en talleres locales. Lo que proporciona evidencia concreta sobre ahorros potenciales y ventajas competitivas en el mercado local.

Las ciencias sociales tienen implicaciones al recoger y analizar percepciones de la comunidad ceramista a través de encuestas, tal como la comprensión de las necesidades, prácticas y valor cultural que los ceramistas atribuyen a los esmaltes, fortaleciendo la pertinencia de la propuesta. Además, podrían permitir vincular el uso de materiales locales con la identidad cultural y el valor social de la cerámica en Mexicali.

Por último, la cerámica en las artes aplicadas y, de manera particular, la disciplina del Diseño Industrial se relaciona directamente con esta investigación a través de la aplicación práctica de las recetas de vidriados en cuerpos cerámicos. Desde esta perspectiva, se define la interpretación estética y funcional de los resultados (color, textura, brillo y posibles defectos). El aporte del Diseño Industrial a la investigación consiste en la validación práctica del comportamiento de los vidriados en piezas reales y en la evaluación estética de los resultados, además de establecer un vínculo entre el conocimiento técnico y el contexto productivo y cultural de los diseñadores ceramistas.

Referencias

- Alameida, M., & Díaz, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Avances en Ecuador. Estudios de La Gestión*, 8.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8281230>
- Artaraz, M. (2002). Teoría de las tres dimensiones de desarrollo sostenible. *Ecosistemas*, 11(2).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/614>
- Atkin, J. (2022). *250 Secretos, consejos y técnicas para hacer cerámica*. Librero.
- Axinn, W., & Pearce, L. (2006). *Mixed Method Data Collection Strategies*. Cambridge University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511617898>
- Banks, M. (s.f.). *How a Material Chemical Analysis is Done*.
<https://digitalfire.com/article/how+a+material+chemical+analysis+is+done>
- Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. *Proceedings of the 3rd International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, ICWSM 2009*, 361–362.
<https://doi.org/10.1609/ICWSM.V3I1.13937>
- Birks, T., Kinnear, P., & Teixidor, L. (1995). *Guía completa del ceramista*. Blume.
- Bloomfield, L. (2024). *Science for Potter's*. The American Ceramic Society.
- Bloomfield, L. (2020). *Guía de esmaltes cerámicos*. GG México.
- CEPAL. (2015). *Manual de la micro, pequeña y mediana empresa. Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/2022>
- Chavarría, J. (2014). *Esmaltes*. Parramón.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo. (1998). *Nuestro futuro común*. Alianza.
- Cooper y Royle. (1978). *Glazes for the potter*. Scribner.
- Currie, I. (2001). *Stoneware glazes: a systematic approach*. Bootstrap Press.
- De la Cruz Echaccaya, E. F. (2018). Fluorescencia de rayos X y su aplicación en la determinación de elementos químicos en determinadas muestras. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8783>

- Fakis, A., Hilliam, R., Stoneley, H., & Townend, M. (2014). Quantitative Analysis of Qualitative Information From Interviews: A Systematic Literature Review. *Journal of Mixed Methods Research*, 8(2), 139–161. <https://doi.org/10.1177/1558689813495111>
- Fischer, M. (2022). *Morus alba (mora)*. CABI Digital Library. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.34816>
- Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research*. <https://doi.org/10.14483/23464712.15330>
- Foro Química y Sociedad. (2019). *Tabla periódica*. <https://www.quimicaysociedad.org/tabla-periodica-de-los-elementos-quimica/>
- Forrest, M. (2013). *Natural glazes: collecting and making*. University of Pennsylvania Press.
- Fournier, R., & Torres, E. (1981). *Diccionario ilustrado de alfarería práctica*. Omega.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación del clima de Köpen*. Serie Libros.
- Garduño, E. (2001). DE COMUNIDADES INVENTADAS A COMUNIDADES INVISIBLES: HACIA UN MARCO TEÓRICO PARA EL ESTUDIO DE LOS YUMANOS DE BAJA CALIFORNIA. *Estudios Fronterizos*.
- Garduño, E. (2015). *Pueblos Indígenas de México en el siglo XXI* (Vol. 1).
- Glazy. (2023). *Glazy Help*. <https://help.glazy.org/guide/recipes/#the-unity-molecular-formula-umf-chart>
- Gobierno Municipal de Mexicali. (2020). *Guía de forestación para el municipio de Mexicali, Baja California*.
- Gracia, A. (2021). *Caracterización Física de Arcillas de Mexicali para la Elaboración de Productos Cerámicos [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California]* *Catálogo Cimarrón*, cim.246546 [Universidad Autónoma de Baja California]. <https://drive.google.com/file/d/1RHAu8H5uGCrPnxK5GChqYXIKWogPv3XI/view>
- Graham, M., Michelini, A., Quinn, P., & Burton, M. (2013). Análisis de la cerámica encontrada en El Vallecito durante la séptima temporada del Proyecto Registro y Rescate de Sitios Arqueológicos de Baja California. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/322404776_Analisis_de_la_ceramica_encontrad

[a_en_El_Vallecito_durante_la_septima_temporada_del_Proyecto_Registro_y_Rescate_de_Sitios_Arqueologicos_de_Baja_California](#)

- Hammer, F., & Hammer, J. (1991). *The Potter's dictionary of materials and techniques*. University of Pennsylvania Press.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL.
- Hohemberger Joao, M. (2002). *Estudio y desarrollo de pigmentos y colorantes cerámicos "in situ", en vidriados cerámicos, a través de métodos de síntesis no convencionales*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=249066&info=resumen&idioma=SPA>
- Hopper, Robin. (2008). *The ceramic spectrum : a simplified approach to glaze and color development*. Krause Publications.
- Hu, S., Yu, Y., Wu, L., Yuan, F., & Li, Q. (2022). Nondestructive Components Analysis of Blue and White Porcelain Unearthed from Dashangqingong Site, Longhushan, Yingtan | 鹰潭龙虎山大上清宫遗址出土青花瓷胎釉的成分分析. *Journal of Ceramics*, 43(1), 139–144. <https://doi.org/10.13957/j.cnki.tcx.2022.01.016>
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (2024). *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Katz. (2016). *Glossed over: Durable Glazes [Informe presentado en NCECA 2016]. Ceramic Materials Workshop*. https://wiki.glazy.org/uploads/short-url/p2WebBEmKFvRp4jFhlziHfQSTA.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Leach, B. (1981). *Manual del ceramista*. Blume.
- Leigh, K. (2025). *The essential pottery notebook. The secret to successful kiln firings*. Page Street Publishing.
- Lira. (2018). *Introducción al Concepto de Sostenibilidad*. <https://uapa.cuaieed.unam.mx/sites/default/files/minisite/static/693ee8e8-f02c-43c2-8222-498e1e8b8814/ConceptoSostenibilidad/index.html>

- Macedo. (2005). El concepto de sostenibilidad. . *Oficina Regional de Educación Para América Latina y El Caribe UNESCO Santiago*.
- Matthes, W. (1990). *Vidriados cerámicos*. Omega.
- Mattison. (2017). *Guía completa del ceramista*. Blume.
- Menéndez, J. (2023). *Eucalyptus globulus*. <https://www.asturnatura.com/especie/eucalyptus-globulus>
- Meteored. (2024). *Histórico del clima en Mexicali*. <https://www.meteored.mx/mexicali/historico>
- Morales, G. J. (2005). *Tecnología de los materiales cerámicos*. Díaz de Santos.
- Naciones Unidas. (2023). *Consumo y producción sostenibles - Desarrollo Sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Norton, F. H. (1966). *Cerámica para el artista alfarero*. Continental.
- Ochandio, E., Gazulla, M. F., Molina, C., & Guerra, R. (1992). Corrección del efecto matriz en el análisis de fritas y esmaltes cerámicos por fluorescencia de rayos-x. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, ISSN 0366-3175, Vol. 31, N°. 3, 1992, Págs. 213-219, 31(3), 213-219. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7436593>
- Porcayo, A. (2007). *La Prehistoria del Municipio de Mexicali. Memorias: Balances y Perspectivas de la Antropología e Historia de Baja California Tomo 8*.
<https://sandiegoarchaeology.org/baja-and-california/wp-content/uploads/2024/08/07porcay.pdf>
- Porcayo, A. (2008a). *Cerámica arqueológica decorada Yumana del bajo delta del Río Colorado y alto Golfo de California. Cartel (electrónico)*. Centro INAH Baja California, Mexicali.
<https://www.unm.edu/~dap/typology/decoradayumana.gif>
- Porcayo, A. (2008b). *Cerámica arqueológica Yumana del bajo delta del Río Colorado y alto Golfo de California. Cartel (electrónico)*. Centro INAH Baja California, Mexicali.
<https://www.unm.edu/~dap/typology/ceramicayumana.gif>
- Porcayo, A. (2009). *Estudio Experimental y Reconstructivo de Cerámica Arqueológica Yumana. Cartel (electrónico)*. <https://www.unm.edu/~dap/nwm/reconstruccion-yumana.jpg>

- Porcayo, A. (2016). Cerámica de los grupos nómadas del norte de Baja California y Sur de California Vida formativa y transicional de los alfareros vs. Vida formativa y transicional de la tradición ceramista yumana. *Memoria Digital de La XIII Conferencia Internacional de Antropología y V Coloquio Internacional de Arqueología* .
https://www.academia.edu/38430849/Cer%C3%A1mica_de_los_grupos_n%C3%B3madas_d_el_norte_de_Baja_California_y_Sur_de_California_Vida_formativa_y_transicional_de_los_alfareros_vs_Vida_formativa_y_transicional_de_la_tradici%C3%B3n_ceramista_yumana
- Porter-Bolland, L. (2009). *Flora melífera de La Montaña, Campeche: su importancia para la apicultura y la vida diaria*. Instituto de Ecología, A.C.
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23rd ed.).
- Rhodes. (1989). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Ceac.
- Rius, J., Reventós, M. M., Clausell, J. V., Esteve, V., Delgado, J. M., Ochando, L. E., Martí, F. J., & Amigó, J. M. (n.d.). *Caracterización mineralógica de materias primas cerámicas por métodos cuantitativos de difracción de rayos x*. Retrieved April 30, 2023, from <https://digital.csic.es/handle/10261/4670>
- Rogers, P. (2023). *Ash Glazes: Techniques and Glazing from Natural Sources*. Herbert Press.
- Ros i Frigola, M. (2017). *Cerámica artística: las técnicas para trabajar la cerámica con oficio y arte*. Parramón.
- ScienceScape. (s.f.). <https://medialab.github.io/sciencescape/scopus2net/>
- Shimadzu Scientific Instruments. (2024). *Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer*.
<https://www.ssi.shimadzu.com/products/elemental-analysis/edx-fs/edx-8100/features.html>
- Simpson, M. (2010). *Plant Systematics (Second Edition)* (2da ed.). Academic Press.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/C2009-0-02260-0>
- Singer, F. & Singer, S. (1979). *Cerámica industrial* (Vol. 1). Urmo S.A.
- Skutt. (1998). *Kilnmaster manual for kilns*. https://skutt.com/skutt-resources/manuals/kilnmaster-manuals/?srsltid=AfmBOopeesSWSB2F_YPm3VShfFdXV-pgiBO9jIVjklI2jOq4y5p2w9af

- Stull, R., Baldwin, G., & Radcliffe, B. (1912). *Cobalt colors other than blue* (Vol. 16). University of Illinois. <https://archive.org/details/cobaltcolorsothe16stul/page/n5/mode/2up>
- Taylor, L. (2022). *The ceramics bible*. Chronicle Books.
- Teixeira, S. R., De Souza, A. E., De Almeida Santos, G. T., Peña, A. F. V., & Miguel, Á. G. (2008). Sugarcane Bagasse Ash as a Potential Quartz Replacement in Red Ceramic. *Journal of the American Ceramic Society*, 91(6), 1883–1887. <https://doi.org/10.1111/j.1551-2916.2007.02212.x>
- Vázquez, M. E. del C. (2005). *Materiales cerámicos. Propiedades, aplicaciones y elaboración*. UNAM.
- Vila, R. (2023). *Defectos en los vidriados*. Independently .
- Vittel, C. (1978). *Cerámica: (pastas y vidriados)*. Paraninfo.
- Wu, J.-M., Ma, H.-J., Qian, W., Zheng, N.-Z., & Hai, J.-X. (2019). Chemical Composition and Colorimetric Characteristics of Bluish White Porcelain of Jingdezhen Hutian Kiln | 湖田窑宋代青白瓷的组成及呈色特征. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis*, 39(12), 3855–3860. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2019\)12-3855-06](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2019)12-3855-06)
- XVII Ayuntamiento de Mexicali B.C. (n.d.). *Guía de forestación para el Municipio de Mexicali B.C.*
- Zhang, Y., Zhang, M., Liu, C., Yu, Y., Xia, X., & Wu, L. (2022). Analysis of Longquan Celadon Imitation of Baima Kiln from Guangdong Province | 广东白马窑仿龙泉青瓷的科技分析. *Journal of Ceramics*, 43(1), 129–138. <https://doi.org/10.13957/j.cnki.tcx.2022.01.015>

Anexos

Anexo 1. Búsquedas en Scopus

Anexo 2. Redes heterogéneas

Anexo 3. Búsquedas en catalogo cimarrón

Anexo 4. Composiciones químicas de cenizas por otros autores

Anexo 5. Reporte de análisis químico original

Anexo 6. Gráficas del análisis químico

Anexo 7. Asesoría con técnico cerámico Norma Mainero

Anexo 8. Las cenizas como materiales en Galzy.org

Anexo 9. Recetas de vidriados de ceniza en Glazy.org

Anexo 10. Diagramas de Stull de los vidriados generados en Galzy.org

Anexo 11. Diseño de encuesta

Anexo 12. Minuta de prueba piloto de la encuesta

Anexo 13. Cotizaciones de los materiales

Anexo 1. Búsquedas en Scopus



Welcome to a more intuitive and efficient search experience. [See what is new](#)

Advanced query

Search within Search documents *

[Save search](#)

[Set search alert](#)

[+ Add search field](#)

[Reset](#) [Search](#)

[Documents](#) [Patents](#) [Secondary documents](#) [Research data](#)

79 documents found

[Analyze results](#)

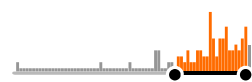
Refine search

Search within results

Filters [Clear all](#)

Year [Clear](#)

Range Individual



2000 — 2022

Author name

Subject area

- Materials Science 35
 - Social Sciences 26
 - Arts and Humanities 25
 - Engineering 21
 - Physics and Astronomy 10
- [Show all](#)

Document type [Clear \(4\)](#)

- Limited to Article 63
- Limited to Conference paper 7
- Limited to Conference review 6
- Limited to Review 3

Source title

Publication stage

Keyword

- Ceramics 24
 - Glazes 24
 - Ceramic Materials 19
 - Scanning Electron Microscopy 10
 - Ceramic Glazes 9
- [Show all](#)

Affiliation

Funding sponsor

Country/territory

Source type

Language




All [Export](#) [Download](#) [Citation overview](#) [More](#) [Show all abstracts](#) [Sort by Date](#) [Table](#) [List](#)

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 1	Article • Open access Spectroscopic study of the coloring techniques used in Egyptian ceramics from the ptolemaic and roman period	Ali, N., Gihad, B., Mahfouz, S.Y.	Heliyon, 8(12), e12350	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 2	Article Mechanical and Microstructural Properties of Opaque Ceramic Tiles Glazed with some Industrial Wastes	Israil, L.I.	Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika), 79(7-8), pp. 340–347	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 3	Article ASH GLAZE FROM DURIAN WASTE FOR CERAMIC CREATIONS	Muangkaew, T.	Humanities, Arts and Social Sciences Studies, 22(3), pp. 755–767	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 4	Article Potential fingerprints for the usage of botanic ash in the glaze recipes of the Jizhou tea bowl	Xu, C., Li, W., Lu, X., ...Liu, X., Xu, J.	Journal of the European Ceramic Society, 42(9), pp. 4016–4023	2022	1
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 5	Article • Open access New glass-ceramic from ternary-quaternary mixtures based on Colombian industrial wastes: Blast furnace slag, copper slag, fly ash and glass cullet Nuevos materiales vitrocerámicos basados en mezclas ternarias y cuaternarias de residuos industriales colombianos: escoria siderúrgica, escoria de cobre, ceniza volante y vidrio de ventana	Montoya-Quesada, E., Villaquirán-Caicedo, M.A., Gutiérrez, R.M.D.	Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 61(4), pp. 284–299	2022	6
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 6	Article Application of calcium isotopes to the study of calcareous materials on Chinese glaze: A new methodological approach	He, L., Jian, S., Jiayu, H., Yinzhong, D.	Archaeometry, 64(2), pp. 375–384	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 7	Article Review on Technical Research of Jizhou Kiln Leaf-Temmoku Porcelain 吉州窑木叶天目瓷的技术研究进展	Liu, K., Xu, Y., Cheng, Z., Tan, L., Bao, Q.	Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 41(3)	2022	0
	Show abstract Related documents				
<input type="checkbox"/> 8	Article Optimal Elemental Characterization of Historical High-Fired Ceramic Wares: Majors/Minors, Traces, or Both?	Owen, J.V., Greenough, J.D., Petrus, J.A.	Historical Archaeology, 55(3), pp. 303–328	2021	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 9	Article The Origins of Slip for High-Fired Chinese Ceramics: Evidence from Jiangdong-Type Calcium-Glaze Wares Unearthed from Two Han Dynasty Cemeteries in Zhejiang, East China	Zhou, X., Lv, H., Yang, Z., ... Li, H., Hu, J.	Archaeometry, 63(3), pp. 516–530	2021	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 10	Conference Paper • Open access The effects of adding Oryza sativa straw ash to ceramic crystalline glaze	Ibrahim, A.A., Awang, N.N., Ayob, S., Vermol, V.V.	AIP Conference Proceedings, 2332, 040002	2021	0

- English 72
- Chinese 5
- Korean 2

Open access 

[Export filter counts](#)

Document title	Authors	Source	Year	Citations
Show abstract  View at Publisher  Related documents				
< Previous 1 2 3 4 5 ... 8 Next >				Display 10 results 
				Back to top



Welcome to a more intuitive and efficient search experience. [See what is new](#)

Advanced query

Search within Article title, Abstract, Keywords	Search documents * pottery, AND ash, AND glazes
--	--

[Save search](#)

[Set search alert](#)

[+ Add search field](#)

[Reset](#) [Search](#)

[Documents](#) [Patents](#) [Secondary documents](#) [Research data](#)

16 documents found

[Analyze results](#)

All [Export](#) [Download](#) [Citation overview](#) [More](#) [Show all abstracts](#) [Sort by Date](#) [Table](#) [List](#)

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 1	Article ASH GLAZE FROM DURIAN WASTE FOR CERAMIC CREATIONS	Muangkaew, T.	Humanities, Arts and Social Sciences Studies, 22(3), pp. 755–767	2022	0
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 2	Article Development of Characteristics and Thermal Properties of Ash Celadon Glazes in Thailand	Dechboon, N.	Materials Science Forum, 1059 MSF, pp. 137–141	2022	0
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 3	Article The Origins of Slip for High-Fired Chinese Ceramics: Evidence from Jiangdong-Type Calcium-Glaze Wares Unearthed from Two Han Dynasty Cemeteries in Zhejiang, East China	Zhou, X., Lv, H., Yang, Z., ... Li, H., Hu, J.	Archaeometry, 63(3), pp. 516–530	2021	0
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 4	Article • Open access Isotopic investigations of Chinese ceramics	Henderson, J., Ma, H., Cui, J., Ma, R., Xiao, H.	Archaeological and Anthropological Sciences, 12(8), 201	2020	20
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 5	Article Archaeometric investigation of pottery from funerary gifts in Kal-e Chendar, Shami (Khuzestan, Iran)	Davit, P., Turco, F., Operti, L., Borghini, A., Cellerino, A.	Archaeometry, 62(4), pp. 731–751	2020	0
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 6	Article Spectroscopic Analysis of Relics Unearthed from Xipo Site 西坡遗址出土器物的光谱学分析	Lu, X.-K., Li, W.-D., Li, X.-W.	Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis, 40(4), pp. 1186–1194	2020	1
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 7	Conference Review E3S Web of Conferences	[No Authors Found]	E3S Web of Conferences, 93	2019	0
Show abstract					
<input type="checkbox"/> 8	Review Ceramic art bizen in Shizutani, Okayama, Japan, 20–21 October 2018	Salani, G.	Craft Research, 10(1), pp. 133–143	2019	0
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 9	Review • Open access Archaeometric analyses of European 18th–20th century white earthenware—A review	Maggetti, M.	Minerals, 8(7), 269	2018	3
Show abstract View at Publisher Related documents					
<input type="checkbox"/> 10	Conference Paper Saman tree ash for stoneware glaze	Tansripraparsiri, S.	Key Engineering Materials, 748 KEM, pp. 3–6	2017	0
Show abstract View at Publisher Related documents					

Refine search

Search within results

Filters [Clear all](#)

Year [Clear](#)

Range Individual



2000 — 2022

Author name

Subject area

- Arts and Humanities 7
 - Social Sciences 6
 - Engineering 4
 - Materials Science 3
 - Physics and Astronomy 3
- [Show all](#)

Document type

- Article 11
- Conference review 2
- Review 2
- Conference paper 1

Source title

Publication stage

Keyword

- Ceramics 4
 - Glazes 3
 - Porcelain 3
 - Archaeological Evidence 2
 - Archaeology 2
- [Show all](#)

Affiliation

Funding sponsor

Country/territory

Source type

Language

- English 14
- Chinese 2

[< Previous](#) [1](#) [2](#) [Next >](#)

[Display 10 results](#)

[Back to top](#)



Welcome to a more intuitive and efficient search experience. [See what is new](#)

Advanced query

Search within Search documents *

[Save search](#)

[Set search alert](#)

[+ Add search field](#)

[Reset](#) [Search](#)

[Documents](#) [Patents](#) [Secondary documents](#) [Research data](#)

79 documents found

[Analyze results](#)

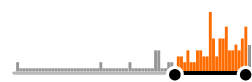
Refine search

Search within results

Filters [Clear all](#)

Year [Clear](#)

Range Individual



—

Author name

Subject area

- Materials Science 35
 - Social Sciences 26
 - Arts and Humanities 25
 - Engineering 21
 - Physics and Astronomy 10
- [Show all](#)

Document type [Clear \(4\)](#)

- Limited to Article 63
- Limited to Conference paper 7
- Limited to Conference review 6
- Limited to Review 3

Source title

Publication stage

Keyword

- Ceramics 24
 - Glazes 24
 - Ceramic Materials 19
 - Scanning Electron Microscopy 10
 - Ceramic Glazes 9
- [Show all](#)

Affiliation

Funding sponsor

Country/territory


Source type

Language

All [Export](#) [Download](#) [Citation overview](#) [More](#) [Show all abstracts](#) [Sort by Date](#) [Grid](#) [List](#)

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 1	Article • Open access Spectroscopic study of the coloring techniques used in Egyptian ceramics from the ptolemaic and roman period	Ali, N., Gihad, B., Mahfouz, S.Y.	Heliyon, 8(12), e12350	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 2	Article Mechanical and Microstructural Properties of Opaque Ceramic Tiles Glazed with some Industrial Wastes	Israil, L.I.	Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika), 79(7-8), pp. 340–347	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 3	Article ASH GLAZE FROM DURIAN WASTE FOR CERAMIC CREATIONS	Muangkaew, T.	Humanities, Arts and Social Sciences Studies, 22(3), pp. 755–767	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 4	Article Potential fingerprints for the usage of botanic ash in the glaze recipes of the Jizhou tea bowl	Xu, C., Li, W., Lu, X., ...Liu, X., Xu, J.	Journal of the European Ceramic Society, 42(9), pp. 4016–4023	2022	1
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 5	Article • Open access New glass-ceramic from ternary-quaternary mixtures based on Colombian industrial wastes: Blast furnace slag, copper slag, fly ash and glass cullet Nuevos materiales vitrocerámicos basados en mezclas ternarias y cuaternarias de residuos industriales colombianos: escoria siderúrgica, escoria de cobre, ceniza volante y vidrio de ventana	Montoya-Quesada, E., Villaquirán-Caicedo, M.A., Gutiérrez, R.M.D.	Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 61(4), pp. 284–299	2022	6
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 6	Article Application of calcium isotopes to the study of calcareous materials on Chinese glaze: A new methodological approach	He, L., Jian, S., Jiayu, H., Yinzhong, D.	Archaeometry, 64(2), pp. 375–384	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 7	Article Review on Technical Research of Jizhou Kiln Leaf-Temmoku Porcelain 吉州窑木叶天目瓷的技术研究进展	Liu, K., Xu, Y., Cheng, Z., Tan, L., Bao, Q.	Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 41(3)	2022	0
	Show abstract Related documents				
<input type="checkbox"/> 8	Article Optimal Elemental Characterization of Historical High-Fired Ceramic Wares: Majors/Minors, Traces, or Both?	Owen, J.V., Greenough, J.D., Petrus, J.A.	Historical Archaeology, 55(3), pp. 303–328	2021	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 9	Article The Origins of Slip for High-Fired Chinese Ceramics: Evidence from Jiangdong-Type Calcium-Glaze Wares Unearthed from Two Han Dynasty Cemeteries in Zhejiang, East China	Zhou, X., Lv, H., Yang, Z., ... Li, H., Hu, J.	Archaeometry, 63(3), pp. 516–530	2021	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 10	Conference Paper • Open access The effects of adding Oryza sativa straw ash to ceramic crystalline glaze	Ibrahim, A.A., Awang, N.N., Ayob, S., Vermol, V.V.	AIP Conference Proceedings, 2332, 040002	2021	0

- English 72
- Chinese 5
- Korean 2


Open access 

[Export filter counts](#)

Document title	Authors	Source	Year	Citations
----------------	---------	--------	------	-----------

[Show abstract](#)  [View at Publisher](#)  [Related documents](#)

< Previous 1 2 3 4 5 ... 8 Next >

Display 10 results 

[Back to top](#)

Welcome to a more intuitive and efficient search experience. [See what is new](#)

Advanced query

Search within Article title, Abstract, Keywords	Search documents * chemical AND composition, AND ash AND glazes
--	--

[Save search](#)

[Set search alert](#)

[+ Add search field](#)

[Reset](#) [Search](#)

[Documents](#) [Patents](#) [Secondary documents](#) [Research data](#)

15 documents found

[Analyze results](#)

All [Export](#) [Download](#) [Citation overview](#) [More](#) [Show all abstracts](#) [Sort by Date](#) [Grid](#) [List](#)

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 1	Article Mechanical and Microstructural Properties of Opaque Ceramic Tiles Glazed with some Industrial Wastes	Israil, L.I.	Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika), 79(7-8), pp. 340–347	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 2	Article • Open access Petrochemical attributes of glazed architectural elements from Middle-Elamite to Achaemenid excavation sites in Iran	Raith, M.M., Abdali, N., Yule, P.A.	Archaeological and Anthropological Sciences, 14(9), 182	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 3	Article New insights into Changsha glaze (9–10 century) based on chemical composition and strontium isotope ratio	Hou, J., Zhang, X., Wood, N., ...Ding, Y., Lei, Y.	Journal of Archaeological Science: Reports, 43, 103455	2022	1
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 4	Article Review on Technical Research of Jizhou Kiln Leaf-Temmoku Porcelain 吉州窑木叶天目瓷的技术研究进展	Liu, K., Xu, Y., Cheng, Z., Tan, L., Bao, Q.	Bulletin of the Chinese Ceramic Society, 41(3)	2022	0
	Show abstract Related documents				
<input type="checkbox"/> 5	Article Nondestructive Components Analysis of Blue and White Porcelain Unearthed from Dashangqinggong Site, Longhushan, Yingtan 鹰潭龙虎山上清宫遗址出土青花瓷胎釉的成分分析	Hu, S., Yu, Y., Wu, L., Yuan, F., Li, Q.	Journal of Ceramics, 43(1), pp. 139–144	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 6	Article Analysis of Longquan Celadon Imitation of Baima Kiln from Guangdong Province 广东白马窑仿龙泉青瓷的科技分析	Zhang, Y., Zhang, M., Liu, C., ...Xia, X., Wu, L.	Journal of Ceramics, 43(1), pp. 129–138	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				

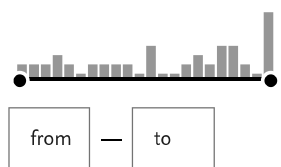
Refine search

Search within results

[Filters](#) [Clear all](#)

[Year](#) [Clear \(5\)](#)

Range Individual



[Author name](#)

[Subject area](#) [Clear \(3\)](#)

Limited to Materials Science 7

Limited to Arts and Humanities 5

Limited to Chemistry 4

Social Sciences 5

Physics and Astronomy 4

Engineering 3

Chemical Engineering 2

[Show all](#)

[Document type](#) [Clear \(1\)](#)

Limited to Article 15

[Source title](#)

[Publication stage](#)

Keyword [▼](#)

Affiliation [▼](#)

Funding sponsor [▼](#)

Country/territory [▼](#)

Source type [▼](#)

Language [^](#)

English 8

Chinese 7

Open access [▼](#)

Export filter counts

	Document title	Authors	Source	Year	Citations
<input type="checkbox"/> 7	Article Development of Characteristics and Thermal Properties of Ash Celadon Glazes in Thailand	Dechboon, N.	Materials Science Forum, 1059 MSF, pp. 137–141	2022	0
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 8	Article Spectroscopic Analysis of Relics Unearthed from Xipo Site 西坡遗址出土器物的光谱学分析	Lu, X.-K., Li, W.-D., Li, X.-W.	Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis, 40(4), pp. 1186–1194	2020	1
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 9	Article Chemical Composition and Colorimetric Characteristics of Bluish White Porcelain of Jingdezhen Hutian Kiln 湖田窑宋代青白瓷的组成及呈色特征	Wu, J.-M., Ma, H.-J., Qian, W., Zheng, N.-Z., Hai, J.-X.	Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis, 39(12), pp. 3855–3860	2019	3
	Show abstract View at Publisher Related documents				
<input type="checkbox"/> 10	Article Chemical and strontium isotope analysis of Yaozhou celadon glaze	Shen, J.Y., Ma, H., Henderson, J., ...Wang, F., Wen, R.	Archaeometry, 61(5), pp. 1039–1052	2019	7
	Show abstract View at Publisher Related documents				

< Previous [1](#) [2](#) Next >

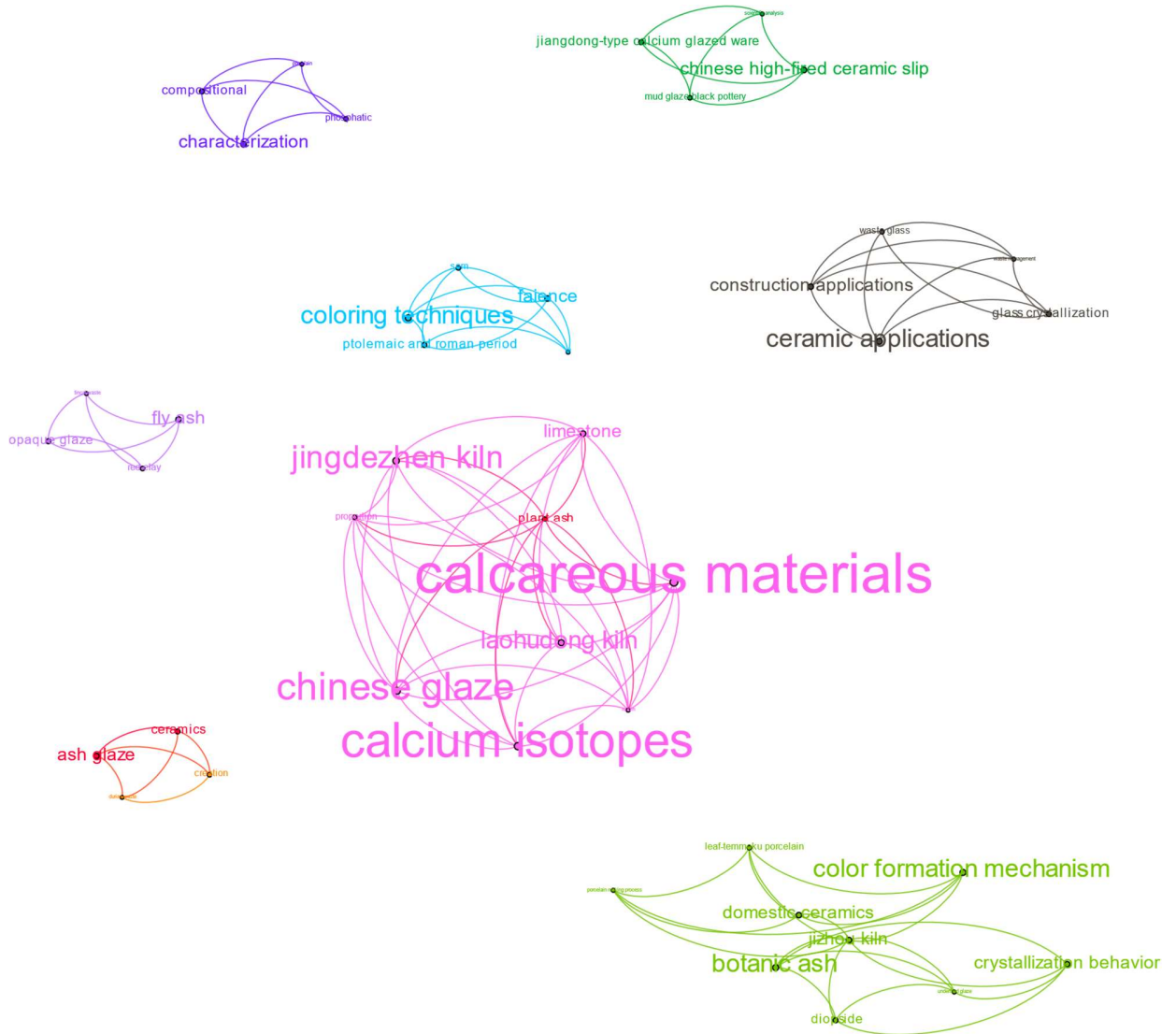
Display [10 results](#) [▼](#)

[Back to top](#)

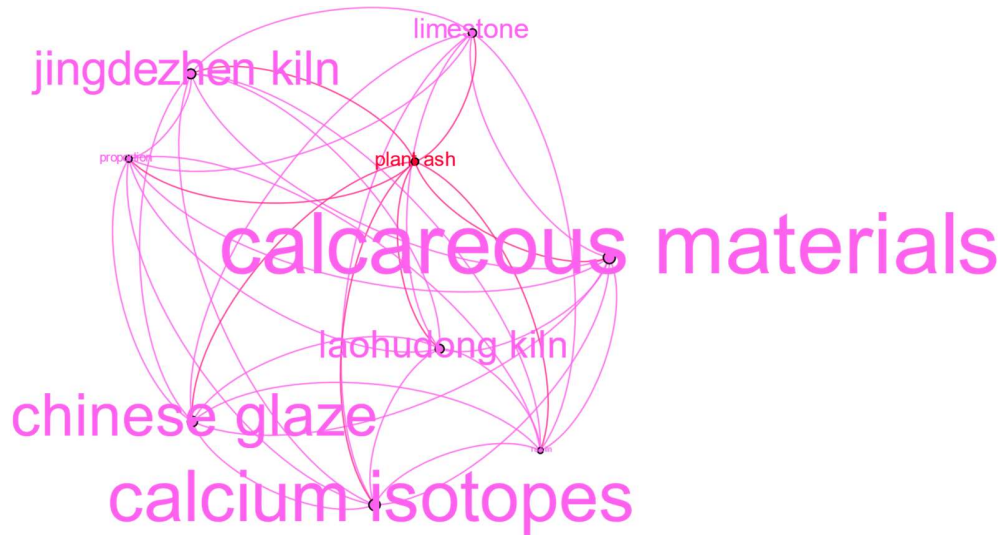
Anexo 2. Redes heterogéneas

Búsqueda 1

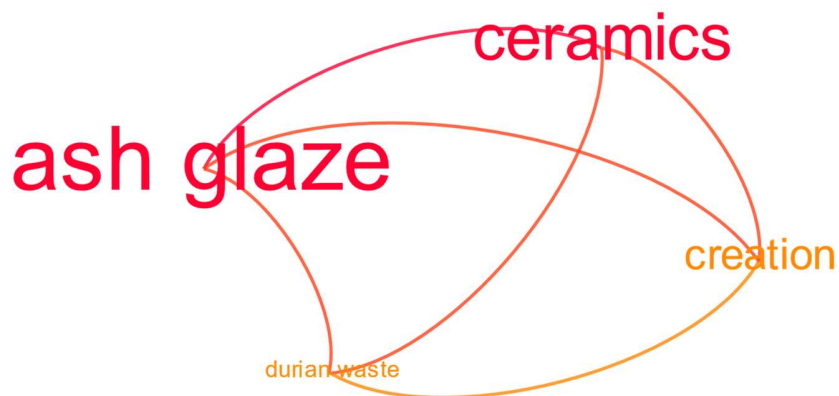
Red completa de palabras clave: Ceramics, ashes, glazes.



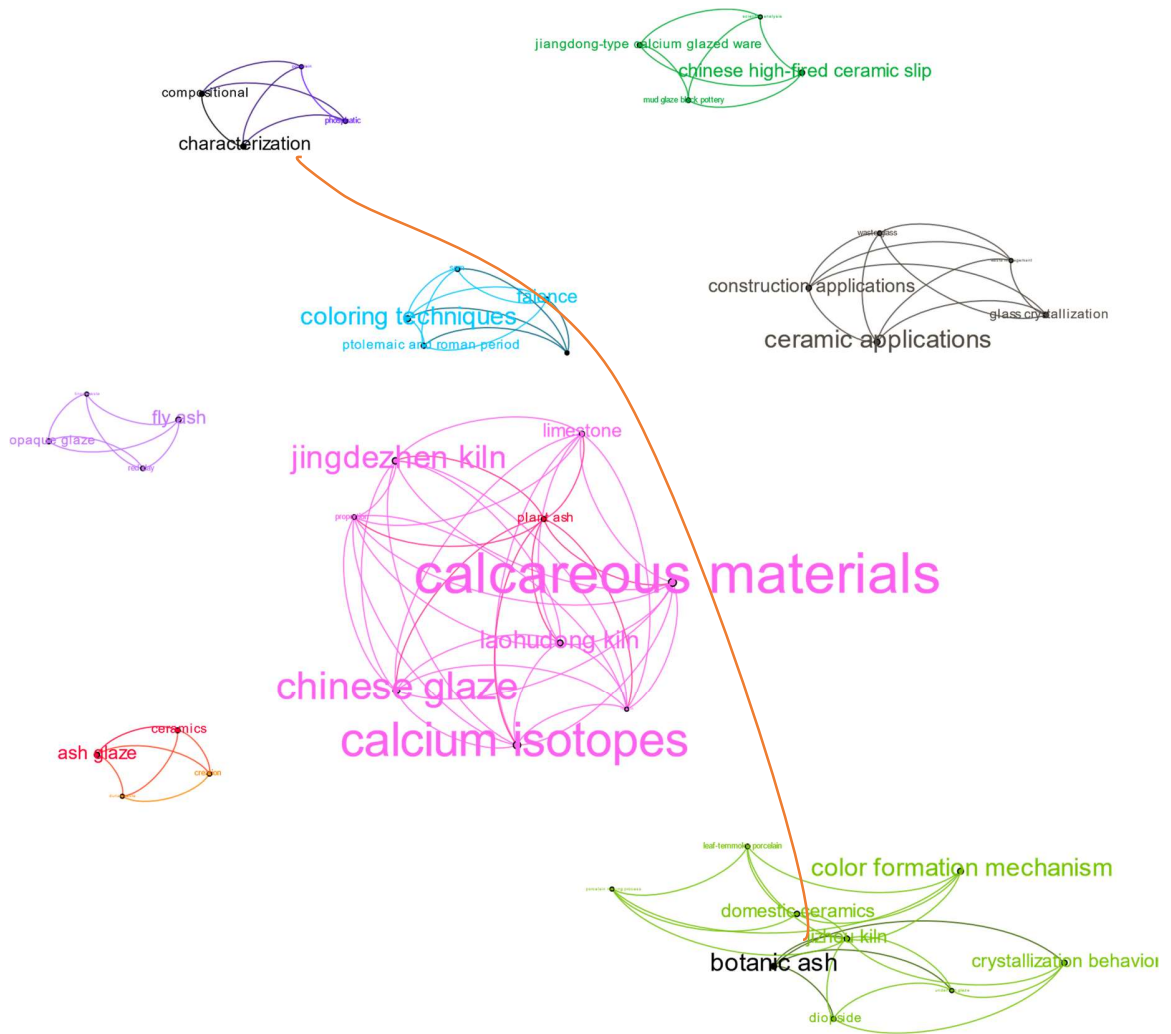
Aplicación de filtro EGO ID Plant ash



Aplicación de Filtro EGO ID Ash glaze



Palabras relacionadas

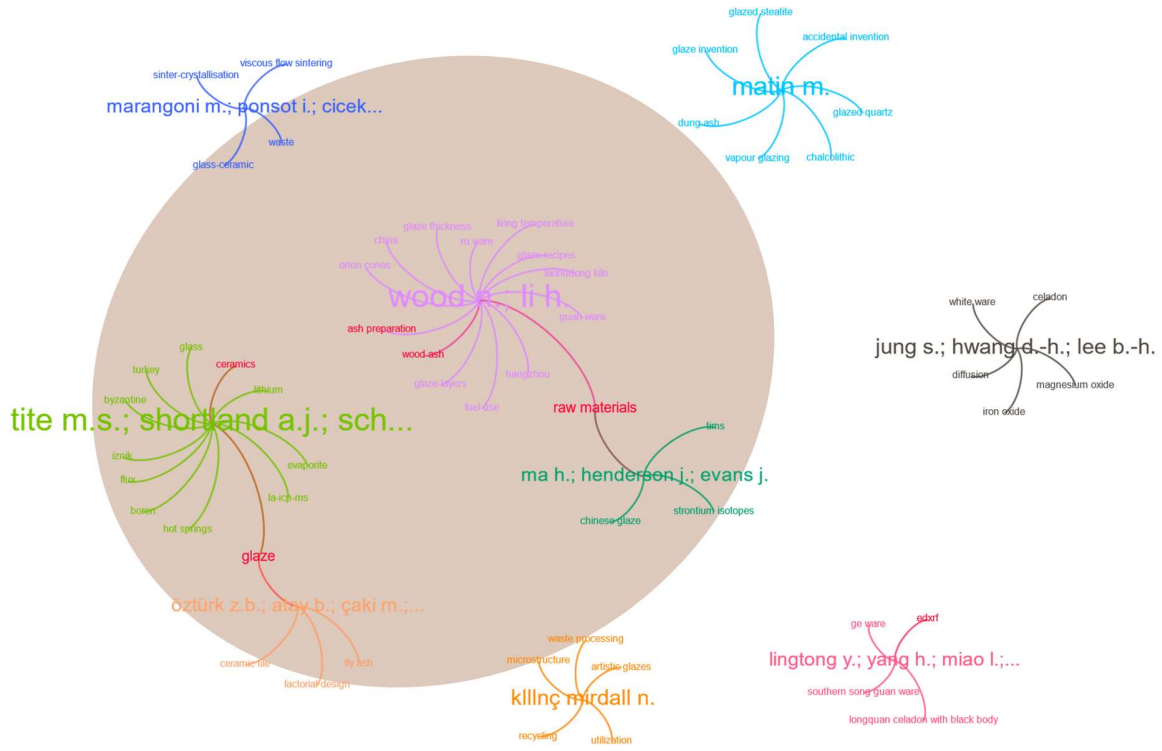


Búsqueda 3

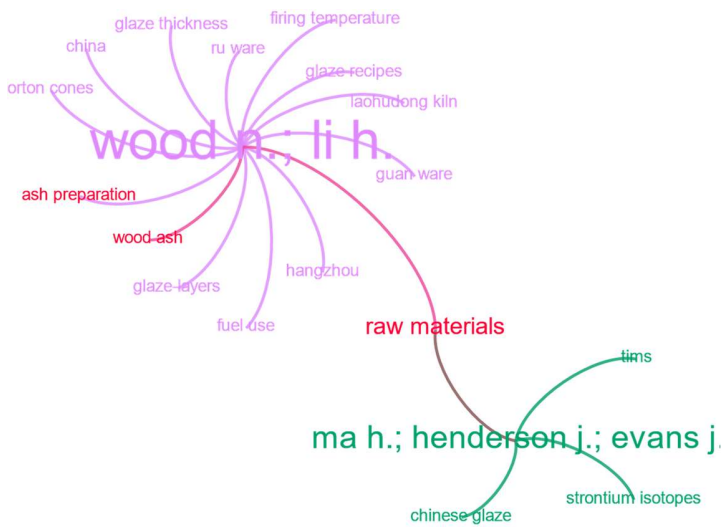
Red completa de autores y palabras clave.

Ash glazes, ceramics

AUTHOR AND AUTHOR KEYWORDS



Aplicación de filtro EGO ID Ash preparation

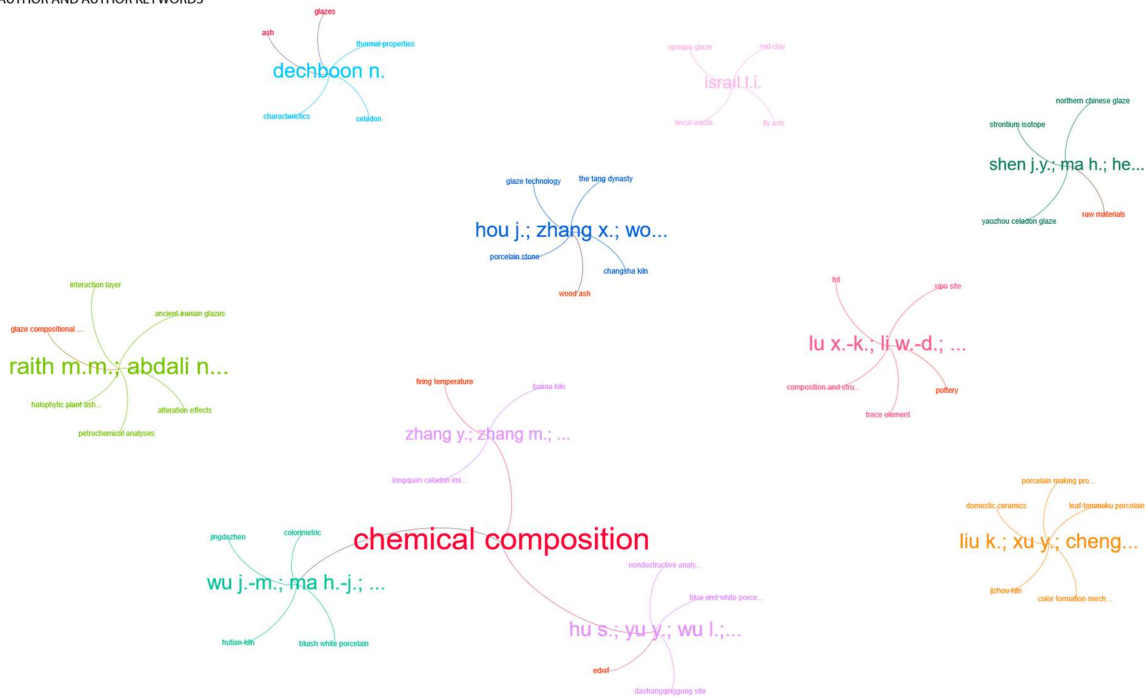


Búsqueda 4

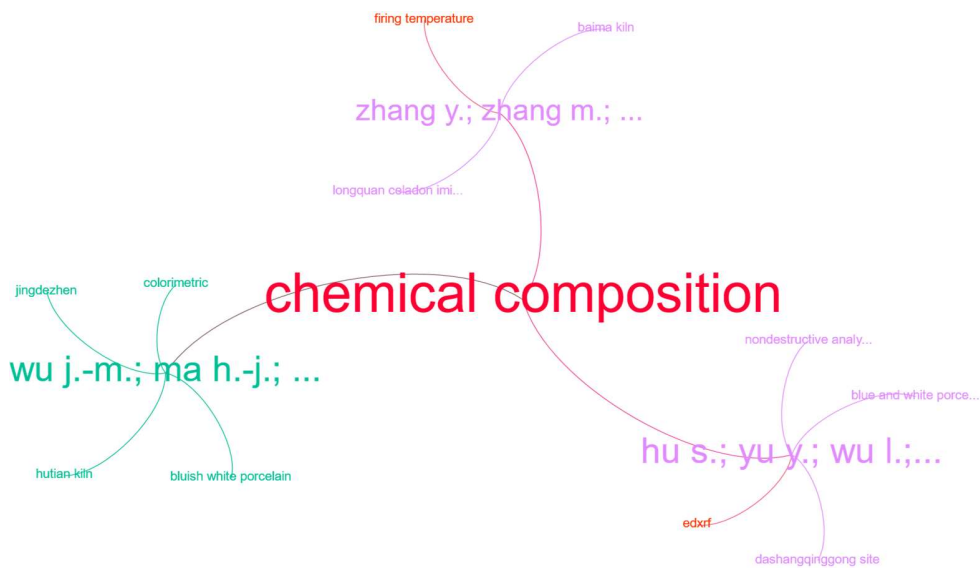
Red completa de autores y palabras clave

Chemical composition, ash glazes

AUTHOR AND AUTHOR KEYWORDS



Aplicación de filtro EGO ID Chemical composition



Anexo 3. Búsquedas en catalogo cimarrón

Búsquedas en catalogo cimarrón

Utilizando las palabras clave: cerámica, esmaltes y ceramista:

Nueva Búsqueda Biblioteca UABC Listado Publicaciones Ayuda

Búsqueda: Recursos Informativos UABC

Palabra clave: cerámica

Buscar Search Concept Map

Búsqueda básica Búsqueda avanzada Historial de búsqueda

Depurar los resultados

Búsqueda actual

Buscar todos mis términos de búsqueda: cerámica

Limitadores

Catálogo Cimarrón

Fecha de publicación: 19800101-20231231

Disponibles en la Colección de

Resultados de la búsqueda: 1 a 20 de 22

Relevancia Opciones de página

1. **Cerámica : un recorrido por la historia, las técnicas y los ceramistas más destacados / Liz Wilhide y Susie Hodge ; [traducción de Jesús de Cos Pinto]**

By: Wilhide, Elizabeth. Barcelona, España : Editorial Gustavo Gili, 2018 224 p. : il. col. ; 24 cm. Language: Spanish, Base de datos: Catálogo Cimarrón

Materias: Cerámica; Artesanía de cerámica -- Manuales, manuales, etc

Ver esta publicación en Catálogo Cimarrón

Libro

2. **Cerámica artística / María Dolors Ros i Frigola.**

Cables de noticias

KIWI presenta el vapeador... (Business Wire (English), 142 days ago)

FEELM presenta los primer... (Business Wire (English), 539 days ago)

FEELM presenta la primera... (Business Wire (English), 186 days ago)

Buscar más

Nueva Búsqueda Biblioteca UABC Listado Publicaciones Ayuda

Búsqueda: Recursos Informativos UABC

Palabra clave: esmaltes

Buscar Search Concept Map

Búsqueda básica Búsqueda avanzada Historial de búsqueda

Depurar los resultados

Búsqueda actual

Buscar todos mis términos de búsqueda: esmaltes

Limitadores

Catálogo Cimarrón

Fecha de publicación: 19800101-20231231

Disponibles en la

Resultados de la búsqueda: 1 a 16 de 16

Relevancia Opciones de página

1. **Guía de esmaltes cerámicos : recetas / Linda Bloomfield ; [traducción de Conxita Payarol].**

By: Bloomfield, Linda (Potter). Barcelona : Gustavo Gili, 2015. 143 p. : il. col. ; 24 cm. Language: Spanish, Base de datos: Catálogo Cimarrón

Materias: Esmaltes; Cerámica

Ver esta publicación en Catálogo Cimarrón

Libro

Nueva Búsqueda Biblioteca UABC Listado Publicaciones Ayuda

Búsqueda: Recursos Informativos UABC

Palabra clave: ceramista

Buscar Search Concept Map

Búsqueda básica Búsqueda avanzada Historial de búsqueda

Depurar los resultados

Búsqueda actual

Buscar todos mis términos de búsqueda: ceramista

Limitadores

Catálogo Cimarrón

Fecha de publicación: 19800101-20231231

Disponibles en la Colección de

Resultados de la búsqueda: 1 a 4 de 4

Relevancia Opciones de página

1. **Guía completa del ceramista : herramientas, materiales y técnicas / Steve Mattison.**

By: Mattison, Steve. Barcelona : Blume, c2004. 224 p. : il. col. ; 27 cm. Language: Spanish, Base de datos: Catálogo Cimarrón

Materias: Materiales cerámicos; Cerámica -- Manuales

Ver esta publicación en Catálogo Cimarrón

Libro

2. **Cómo dominar el torno de alfarero : técnicas, consejos y trucos para ceramistas / Ben Carter ; traducción: Flena Almirall Arnal**

Filtros de búsqueda

Limitadores de publicaciones por fecha, disponibilidad, tipo de publicación y materia:

Limitadores

Catálogo Cimarrón

Fecha de publicación:
19800101-20231231

Disponible en la
Colección de
bibliotecas

Tipo de Publicación

Libros

Materia

ceramica

artesanias en
ceramica

ceramica -- tecnica

pottery craft

artesanía de ceramica

ceramica industrial

escultura en ceramica

-- ...

esmaltes

alfareria

art -- history


Limitar a

Texto completo (en línea)

Catálogo Cimarrón

Publicaciones académicas
(arbitradas)

Desde: Fecha de publicación Hasta:



[Mostrar más](#)
Opciones establecidas

Tipo de Publicación

Todos los resultados

Libros (22)

Anexo 4. Composiciones químicas de cenizas por otros autores

Composiciones químicas de cenizas por otros autores

Manual del ceramista de Bernard Leach (1981) p. 236

Descripción	Sílice	Alúmina	Fósforo	Hierro	Cal	Potasa	Magnesia	Carbonato	Sulfato	Cloruro	Dura	Media	Suave
Ceniza de paja de arroz japonesa totalmente lavada	77.68	9.11	0.90	2.93	4.00	1.68	2.44	0.96	—	—	79		
Ceniza de isu japonés totalmente lavada	71.96	0.63	0.42	0.28	15.95	0.84	1.57	8.29	—	—	54		
Ceniza de barda totalmente lavada	51.10	12.90	6.28	2.42	13.15	3.12	4.41	6.47	—	—	49		
Ceniza de cizaña otoñal mezclada, no lavada	56.45	4.31	2.57	1.17	18.10	2.73	5.32	8.11	1.05	0.06		37	
Ídem, totalmente lavada	57.47	4.26	2.15	1.18	18.81	1.66	6.05	8.29	—	—		37	
Ceniza de pulpa de manzana, lavada una vez	33	22	13.42	1.53	11.15	9.26	4.56	5.46	—	—	43		
Ídem, no lavada	27.76	21.48	11.14	1.18	6.95	15.50	6.43	5.59	3.21	0.10		-31	
Ceniza de césped seco, lavada una vez	39.64	16.60	9.00	3.44	12.88	6.19	5.65	6.20	—	—	40		
Ídem, no lavada	30.16	12.43	7.90	2.37	7.83	17.55	5.39	7.58	3.50	4.94		19	
Ceniza de helecho, totalmente lavada	40.37	11.97	4.43	0.72	20.61	2.35	10.90	8.26	0.23	0.16		22	
Ídem, lavada una vez	40.59	9.42	3.98	0.82	20.38	3.40	10.55	9.33	0.82	0.71		19	
Ceniza de boj, totalmente lavada	14.29	10.34	4.73	2.74	37.55	2.58	6.12	21.49	—	—		-17	
Ceniza de madera de manzano, totalmente lavada	2.65	1.98	1.59	0.70	54.20	0.89	3.25	34.69	—	—			-52
Ceniza de cáscara de trigo	68.53	4.44	2.23	4.46	7.23	8.03	1.88		8.03	8.03	58.06		

Nutrient content of heartwood from various species, expressed as percentages of the pure ash — reproduced from Annual Report, Director of Forests, Queensland (1918).														
Species	Spec. gravity air-dry	Percent of wood		Percentage of pure ash										
		Crude ash	Pure ash	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl	SiO ₂
<i>Amoora nitidula</i>	.86	1.452	.942	3.14	.01	46.04	9.32	31.68	3.48	.76	.30	2.96	.70	1.62
<i>Angophora</i> spp.	.90				6.70	62.88		9.33						
<i>Auracaria cunninghamii</i>	.56	1.071	.685	1.05	1.19	48.69	10.38	17.89	10.45	.06	1.03	2.13	1.24	5.91
<i>Casuarina torulosa</i>	.93	.681	.437	1.65		64.64	10.28	11.90	4.24	.90	.36	3.58	1.59	1.18
<i>Cedrela australis</i>	.53	1.102	.840	9.39	1.05	59.21	14.37	19.73	6.61	.20	.73	1.31	.72	6.69
<i>Cinnamomum camphora</i>		1.300	1.011	6.35	1.58	23.04	19.49	36.31	5.04		1.65	1.88	.19	4.47
<i>Dissiliaria haloghioides</i>	1.04	1.035	.708	2.62	.38	52.56	7.95	23.36	4.68	.83	.29	1.01	.20	6.13
<i>Eucalyptus acmenioides</i>	1.02	.065	.060	2.08	3.81	9.49	4.38	9.49	10.98	.34	4.53	3.17	.23	51.51
<i>Eucalyptus corymbosa</i>	.99	.089	.075	1.98	1.73	12.50	6.96	12.74	14.64	.42	4.18	3.49	.68	40.66
<i>Eucalyptus corymbosa</i>	.99	.164	.115	.84	.17	13.05	18.01	25.93	11.68	.09	3.66	1.67	.71	24.19
<i>Eucalyptus microcorys</i>	1.01	.131	.103	.97	2.16	26.98	34.16	3.95	3.31	.38	1.55	3.34	.18	23.06
<i>Eucalyptus microcorys</i>	1.02	.251	.183	.40	1.09	52.15	25.58	2.41	6.84	.18		1.93	.58	8.96
<i>Eucalyptus pilularis</i>	.88	.119	.098	2.74	2.06	14.36	11.05	15.92	18.73	.79	3.11	3.51	.69	27.05
<i>Eucalyptus propinqua</i>	1.06	.180	.162	6.51	2.96	28.88	7.74	11.39	9.08	.79	2.31	4.12	.87	25.36
<i>Eucalyptus resinifera</i>	.98	.054	.047	.76	1.61	17.30	4.81	9.16	14.41	.25	4.79	6.24	.49	40.18
<i>Eucalyptus siderophloia</i>	1.12	.085	.078	3.87	3.33	22.80	8.39	6.44	12.19	1.38	2.78	5.75	.47	32.60
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	1.01	.140	.131	14.04	3.34	19.18	3.62	9.14	11.68	1.21	2.74	3.77	.46	30.85
<i>Eucalyptus tessellaris</i>	1.01			15.65		55.75		8.61						
<i>Euroschinus falcatus</i>	.48	.926	.629	2.92	.29	37.76	18.82	33.88	1.65	.90	.25	1.09	.94	1.50
<i>Flindersia oxleyana</i>	.74	.446	.325	2.25	.27	45.23	17.14	14.47	3.02	2.45	.47	10.16	.44	3.51
<i>Flindersia schottiana</i>	.64	.781	.517	2.25	.12	51.88	15.77	20.54	2.40	1.68	.20	1.56	.21	3.40
<i>Myrtus hillii</i>	.89	2.043	1.125	1.85		64.42	24.37	6.65	1.02	.07	.20	.93	.07	.44
<i>Naba fasciculosa</i>	.89	2.792	1.859	1.77	.72	62.78	21.78	8.32	1.40	.87	.39	1.50	.06	.42
<i>Polyalthia nitidissima</i>	.90	.768	.678	12.23	.28	28.31	28.31	13.10	8.31	2.81	.43	2.62	.24	2.65
<i>Sideroxylon pohlmanianum</i>	.93	.822	.589	3.43		45.84	22.16	19.87	.86	.91	.68	4.24	.49	1.51
<i>Syncarpia laurifolia</i>	1.00	.367	.367	.35	1.26	1.88	1.83	1.20	4.08	.08		.82		89.74
<i>Tarrietia argyroedron</i>	.96	1.494	.921	2.72		52.62	22.25	15.50	1.33	.73	.23	3.29	.03	1.62
<i>Tristania conferta</i>	.86	.970	.830	.34	.65	31.13	9.10	7.90	6.83	.46		.70	5.15	38.90
<i>Vitex ligun-vitae</i>	.89	1.135	.706	4.15	.02	54.71	9.56	26.26	2.57	.14	.19	1.29	.06	1.06
<i>Weinmannia lachnocarpa</i>	.94	1.444	.902	2.70	.14	51.45	27.21	9.96	1.25	1.02	.21	4.96	.06	1.02

Table 25.1 : WOOD ASH ANALYSES
 Extract taken from: *Inorganic Constituents in Wood and Bark of New South Wales Forest Tree Species* by Marcia J. Lambert (Forestry Commission of N.S.W. by permission).

3.4.4 Análisis de cenizas (sacados en Bezborodov⁶, Cardew¹⁷, Cooper²⁸, Frère Daniel⁴³, Leach⁸⁷, Sanders¹³⁸)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	MnO	Contenido en ceniza de la planta
Madera de manzano	2,7			70,9	5,5	11,8	1,9	4,5	2,7			1,1
Madera de manzano, lavada	2,7	2,0	0,7	54,2	3,3	0,9		1,6				
Madera de arce	13,8	0,7	2,4	28,4	11,6	6,3	6,4	7,1	1,2	0,7	0,4	
Madera de abedul	11,5		1,3	29,6	14,3	22,6	9,0	7,9	2,0	1,0	0,3	
Madera de haya	3,9		0,6	42,0	8,2	24,3	8,3	6,2	2,1	0,7	4,5	
Madera de haya	5,4			56,4	10,9	16,4	3,6	5,4	1,8			1,3
Follaje de haya	33,8			44,9	5,9	5,2	0,7	4,7	3,6			1,3
Boj	12,6		1,1	30,1	14,0	19,8	8,3	7,1	2,5	1,2	0,3	
Madera de roble	2,0			72,5	3,9	9,5	3,9	5,8	2,0			0,5
Madera de roble	15,3	0,1	2,4	30,0	12,0	14,0	9,1	13,1	2,6	1,2	0,1	
Madera de roble	4,0	5,5	0,7	49,0	3,0	1,5	0,2	3,0			1,7	
Corteza de roble	3,3		1,7	56,7	7,5	25,8	1,7	2,5	1,7			1,2
Madera de fresno	23,3	0,6	3,9	25,5	12,0	16,0	7,7	7,0	2,5	1,0	0,4	
Hiedra	11,4	0,1	2,5	24,6	8,0	25,5	20,1	5,6	1,0	0,6	0,5	
Helecho	6,1			14,1	7,6	42,8	4,6	9,7	5,1	10,2		5,9
Helecho, lavado	40,4	11,9	0,7	20,6	10,9	2,4		4,4				
Madera de pino	1,8		0,2	29,6	5,5	7,4	5,5	3,7	1,8	42,6		0,5
Mazorca	3,1		6,9	23,5	6,6	29,6	0,5	18,4	4,6			1,9
Paja cebadaza	53,8			7,5	2,5	21,2	4,6	4,3	3,6	0,3		0,6
Ceniza de hierba, lavada	76,0	5,4	1,1	6,1	3,7	2,5	0,2	1,6	0,2		0,7	
Codeso	26,1	0,4	3,0	29,4	2,2	16,0	4,6	12,7	3,9	1,0	0,5	
Paja de avena	46,7		1,1	7,0	3,9	28,9	3,3	4,6	3,2	4,4		7,2
Madera de avellana	9,7	0,1	0,1	26,6	15,2	36,2	10,2	4,2	1,0	0,6	0,1	
Brezo	35,2		4,0	16,2	8,9	7,6	9,4	4,2	11,1	2,1		
Brezo	35,2			18,8	8,3	13,3	5,3	5,0	4,4	2,2		3,6
Follaje seco, mezcla	56,5	4,3	1,2	18,1	5,3	2,7		2,6	1,1			
Ceniza de cocina (Japón)	31,0	8,9	3,0	22,4	3,3	3,9	2,3	1,9			1,3	
Ceniza de cocina (Japón)	14,1	3,7	0,9	35,9	5,4	1,5	0,6	2,1			0,1	
Saúco	12,8		0,4	35,9	15,6	15,6	1,2	12,1	5,8	0,3	0,09	
Ilex	21,7	0,4	2,6	15,6	15,4	16,4	12,1	11,4	2,0	1,9	0,4	
Castaño	12,8		3,9	32,0	16,5	27,8	10,6	2,3	3,1	1,1	0,8	
Cálamo aromático	31,4			5,3	4,2	33,2	7,3	6,7	3,3	5,6		7,0
Pino común	10,0	0,4	4,0	25,0	6,3	26,5	8,6	8,9	4,6	0,5	5,1	
Pino común (Japón)	24,4	9,7	3,4	39,7	4,5	9,0	3,8	2,8			2,7	
Madera de cerezo	24,9		2,6	30,2	8,7	21,6	1,8	7,6	2,6	0,8		
Ceniza de huesos	2,9		0,3	52,4	1,3			40,9				
Ceniza de huesos (Harrison/Mayer)	0,5	0,3	0,06	53,8	1,1	0,7		42,5				
Ceniza de carbón (lignito)	5-25	2-15	5-20	15-35	0-5	0-2	3-10	0-8				
Madera de alerce	10,6	0,6	4,2	25,6	8,2	20,2	9,1	7,8	3,3	0,3	10,3	
Aligustre	23,5	0,6	4,3	23,6	12,3	15,6	8,4	6,3	3,3	1,5	0,4	
Morera	3,6			57,0	5,8	36,6	6,6	6,3	8,8	14,2		1,4
Muérdago	1,6		1,1	20,0	10,2	42,0	5,1	18,1	1,5	0,4		

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	MnO	Contenido en ceniza de la planta
Madera de álamo	3,5	0,2	1,2	16,5	10,2	54,2	2,3	10,2	1,3	0,1	0,2	
Madera de melocotonero	1,5		1,2	7,6	5,4	55,0	8,7	13,9	5,7	0,5		
Madera de ciruelo	1,3		5,2	6,4	9,3	56,9	5,2	12,1	3,3	0,2		
Lavado, cortado, césped	39,6	16,6	3,4	12,9	5,7	6,2		9,0				
Paja de arroz	83,2	1,4	0,4	3,7	1,4	2,5	0,4	0,7	0,4			
Paja de arroz, lavada (Japón)	77,7	9,1	2,9	4,0	2,4	1,7		0,9				
Cascarilla de arroz	96,0	1,0	0,04	0,2	0,5	0,2	0,9	0,3	0,02			
Carrizo	11,0			9,4	6,3	36,6	6,6	6,3	8,8	14,2		4,6
Abeto rojo (Noruega)	19,0	2,2	2,5	30,8	8,6	11,0	6,5	9,0	1,2	0,6	8,7	
Caña	7,4			6,0	1,3	8,6	0,3	2,1	2,8			3,9
Madera de olmo	3,1		1,2	47,8	7,7	21,9	13,7	3,3	1,3			
Madera de nogal	16,7	0,1	1,3	40,0	6,6	14,7	4,9	6,4	8,2	0,8	0,4	
Madera de mimbrera	4,4	0,1	1,3	20,2	8,3	49,8	2,5	10,0	1,2	0,1	0,2	
Paja de trigo	66,2			6,1	5,2	11,5	2,8	5,4	2,8	3,8		4,2
Cascarilla de trigo	68,5	4,4	4,5	7,2	1,9	8,0		2,2	8,0			
Madera de cedro	24,3	0,5	1,0	44,2	6,0	4,2	3,6	10,6	4,0	1,2	0,3	

Análisis de cenizas según n.º 43	fórmulas Seger	según Lit.		
Hojas de arce:	0.081 K ₂ O 0.078 MgO 0.838 CaO	0.026 Al ₂ O ₃	0.353 SiO ₂	Caña: 0.120 Na ₂ O 0.232 K ₂ O 0.532 CaO 0.148 MgO
Madera de haya:	0.038 Na ₂ O 0.115 K ₂ O 0.664 CaO 0.180 MgO	0.00 Al ₂ O ₃	0.059 SiO ₂ 0.026 P ₂ O ₅	Paja de maíz, lavada: 0.053 Na ₂ O 0.143 K ₂ O 0.578 CaO 0.183 MgO
Helecho:	0.365 Na ₂ O 0.063 K ₂ O 0.412 CaO 0.157 MgO	0.027 Al ₂ O ₃	1.015 SiO ₂	Paja de colza: 0.180 Na ₂ O 0.058 K ₂ O 0.702 CaO 0.060 MgO
Brezo:	0.110 Na ₂ O 0.183 K ₂ O 0.436 CaO 0.269 MgO	0.00 Al ₂ O ₃	0.763 SiO ₂ 0.045 P ₂ O ₅	Lucerna: 0.021 Na ₂ O 0.038 K ₂ O 0.810 CaO 0.130 MgO
Heno, lavado:	0.206 K ₂ O 0.714 CaO 0.075 MgO	0.13 Al ₂ O ₃	0.876 SiO ₂	Encina: 0.003 Na ₂ O 0.015 K ₂ O 0.875 CaO 0.075 MgO
Carrizo:	0.009 Na ₂ O 0.137 K ₂ O 0.643 CaO 0.192 MgO	0.106 Al ₂ O ₃	1.81 SiO ₂ 0.057 P ₂ O ₅	Madera de robinia, falsa acacia: 0.017 Na ₂ O 0.034 K ₂ O 0.818 CaO 0.126 MgO

Ash glazes de Phil Rogers (2023) p. 185

	Apple	Beech	Oak	Pine	Spruce	Willow
Silica SiO ₂	1.31	3.01	15.30	10.00	2.73	4.44
Alumina Al ₂ O ₃	—	—	0.13	0.43	—	0.05
Phosphorus P ₂ O ₅	4.90	6.2	13.8	8.8	2.12	10.00
Iron Fe ₂ O ₃	1.66	0.62	2.40	4.00	1.42	1.25
Calcium CaO	63.6	42.0	30.02	25.0	33.97	20.21
Potash K ₂ O	19.24	24.29	14.00	26.50	19.66	49.80
Magnesia MgO	7.46	8.20	12.01	6.32	11.27	8.26
Soda Na ₂ O	10.45	8.34	9.12	8.65	1.37	2.50
Manganese MnO	—	4.52	0.10	5.06	22.96	0.18
Sulphates SO ₃	0.93	2.10	2.61	4.63	2.64	1.22
Copper Oxide CuO	—	—	0.05	—	—	—
Chlorine Cl	0.45	0.72	1.18	0.52	0.07	0.08

	Wheat straw	Rye straw	Rice straw	Lawn grass
Silica SiO ₂	67.5	49.27	77.68	39.64
Alumina Al ₂ O ₃	—	—	9.11	16.60
Phosphorus P ₂ O ₅	67.5	49.27	77.68	39.64
Iron Fe ₂ O ₃	0.6	1.91	2.93	3.44
Calcium CaO	5.8	8.20	4.00	12.88
Potash K ₂ O	13.6	22.56	1.68	6.19
Magnesia MgO	2.5	3.10	2.44	5.65
Soda Na ₂ O	1.4	1.74	0.96	6.20
Manganese MnO	1.4	1.74	0.96	6.20
Sulphates SO ₃	—	4.25	—	—
Copper CuO	—	—	—	—
Chlorine Cl	—	2.18	—	—

Análisis de ceniza de madera de manzano por diferentes autores tomado de *Ash glazes* de Paul Rogers (2023) p. 186

	Cardew ¹	Pleydell-Bouverie	Leach ²	Wolff ³
SiO ₂	2.7	1.19	4.0	1.8
Al ₂ O ₃	-	-	3.03	-
Fe ₂ O ₃	-	1.51	1.07	-
P ₂ O ₅	4.5	4.47	2.43	4.5
CaO	70.9	58.0	83.00	70.9
MgO	5.5	6.8	4.98	5.45
MnO	-	-	-	-
K ₂ O	11.8	17.56	1.36	11.8
Na ₂ O	1.9	8.7	-	1.8
SO ₃	2.7	0.8	-	2.7

¹ *Pioneer Pottery* by Michael Cardew.

² A washed ash analysis from *A Potter's Book* by Bernard Leach.

³ *Aschen-Analysen* by Dr Emil Wolff.

It is interesting to note that although Cardew doesn't refer to Wolff's analysis it appears that this was its original source. For its time Emil Wolff's investigation was a staggering achievement and it seems that it has been a reliable source of reference for over a century.

Anexo 5. Reporte de análisis químico original

EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Eucalipto
 Meas. Date 2024/10/10 01:38:09
 Comment Quick&easy Air-Metal
 Group easy
 Operator Jorge



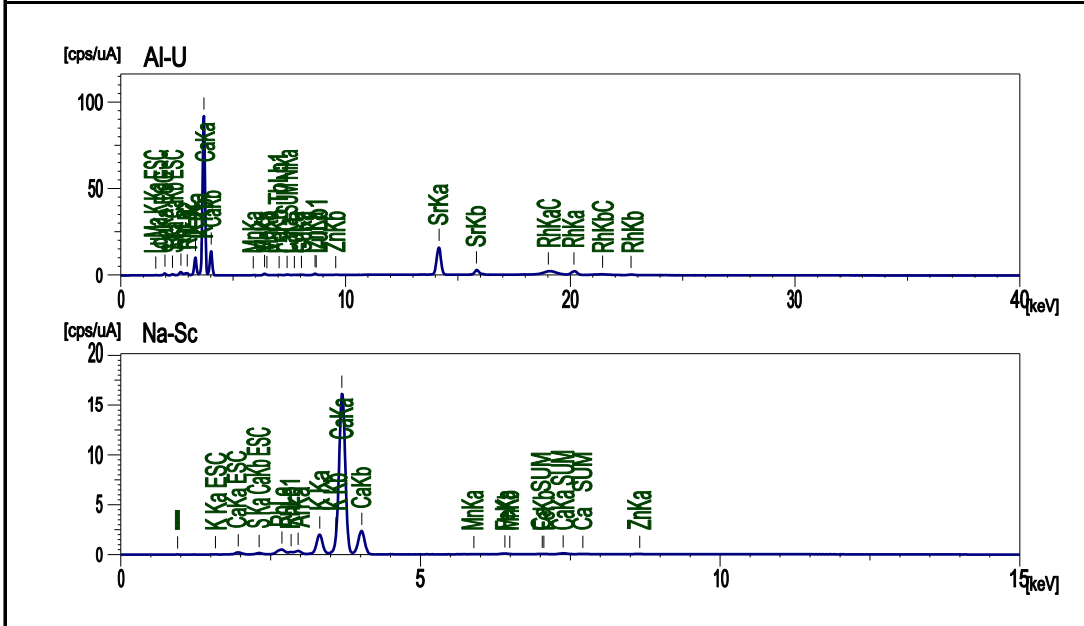
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Collimator	10mm	Atmos.	Air
Al-U		50	42-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	Live- 30		31
Na-Sc		15	207-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 30		29

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Ca	88.250 %	[0.241]	Quan-FP	CaKa	192.3951
K	8.626 %	[0.067]	Quan-FP	K Ka	22.1045
Sr	1.451 %	[0.009]	Quan-FP	SrKa	175.7517
S	0.922 %	[0.047]	Quan-FP	S Ka	1.1286
Fe	0.355 %	[0.010]	Quan-FP	FeKa	6.5848
Zn	0.148 %	[0.007]	Quan-FP	ZnKa	6.2879
Lu	0.094 %	[0.018]	Quan-FP	LuLa	1.1315
Mn	0.082 %	[0.011]	Quan-FP	MnKa	1.1161
Cu	0.069 %	[0.007]	Quan-FP	CuKa	2.3951
Ni	0.003 %	[0.008]	Quan-FP	NiKa	0.0871

Profile



EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Eucalipto
 Meas. Date 2024/10/10 01:40:43
 Comment with mylar film
 Group powder_oxide
 Operator Jorge



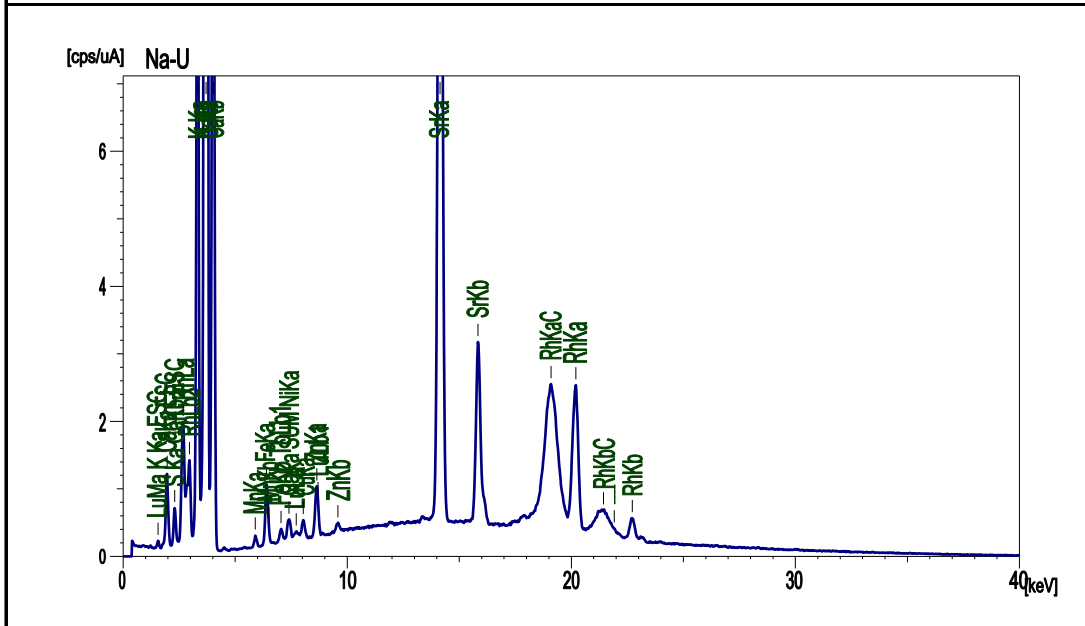
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Collimator	10mm	Atmos.	Air
Na-U	50	42-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	Time	Live- 60	DT%	31

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
CaO	69.199 %	[0.173]	Quan-FP	CaKa	572.8168
K2O	29.477 %	[0.218]	Quan-FP	K Ka	63.5657
SrO	0.630 %	[0.003]	Quan-FP	SrKa	175.2232
Fe2O3	0.356 %	[0.007]	Quan-FP	FeKa	6.7192
SO3	0.120 %	[0.011]	Quan-FP	S Ka	1.4131
Lu2O3	0.072 %	[0.009]	Quan-FP	LuLa	1.1567
MnO	0.071 %	[0.007]	Quan-FP	MnKa	1.1351
ZnO	0.051 %	[0.002]	Quan-FP	ZnKa	6.3547
CuO	0.022 %	[0.002]	Quan-FP	CuKa	2.3555
NiO	0.002 %	[0.002]	Quan-FP	NiKa	0.1378

Profile

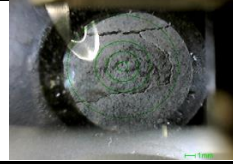


EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Mezquite
 Meas. Date 2024/10/10 01:33:13
 Comment Quick&easy Air-Metal
 Group easy
 Operator Jorge



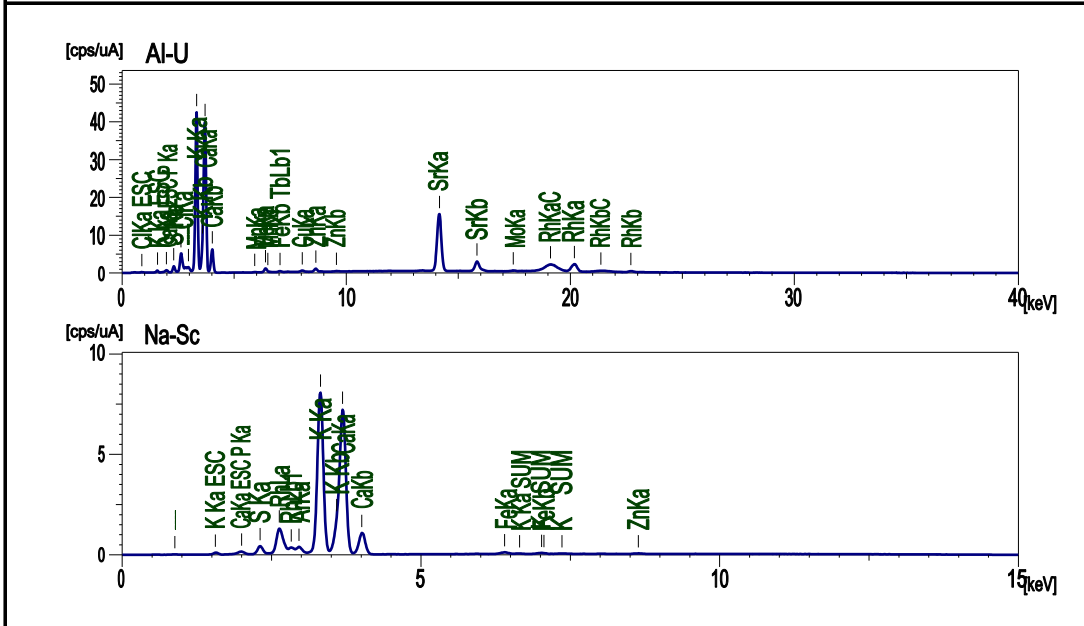
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Collimator	10mm	Atmos.	Air
Al-U	50	44-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	Live-	30	DT%	30
Na-Sc	15	240-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live-	30		31

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Ca	48.364 %	[0.178]	Quan-FP	CaKa	84.0166
K	39.427 %	[0.144]	Quan-FP	K Ka	91.4619
Cl	8.063 %	[0.109]	Quan-FP	ClKa	31.4462
S	2.309 %	[0.037]	Quan-FP	S Ka	3.9028
Sr	0.948 %	[0.006]	Quan-FP	SrKa	168.0835
P	0.392 %	[0.089]	Quan-FP	P Ka	0.2338
Fe	0.283 %	[0.007]	Quan-FP	FeKa	7.4945
Zn	0.109 %	[0.005]	Quan-FP	ZnKa	6.6130
Cu	0.060 %	[0.005]	Quan-FP	CuKa	2.9838
Mn	0.035 %	[0.007]	Quan-FP	MnKa	0.6767
Mo	0.011 %	[0.001]	Quan-FP	MoKa	2.2011

Profile



EDX Report

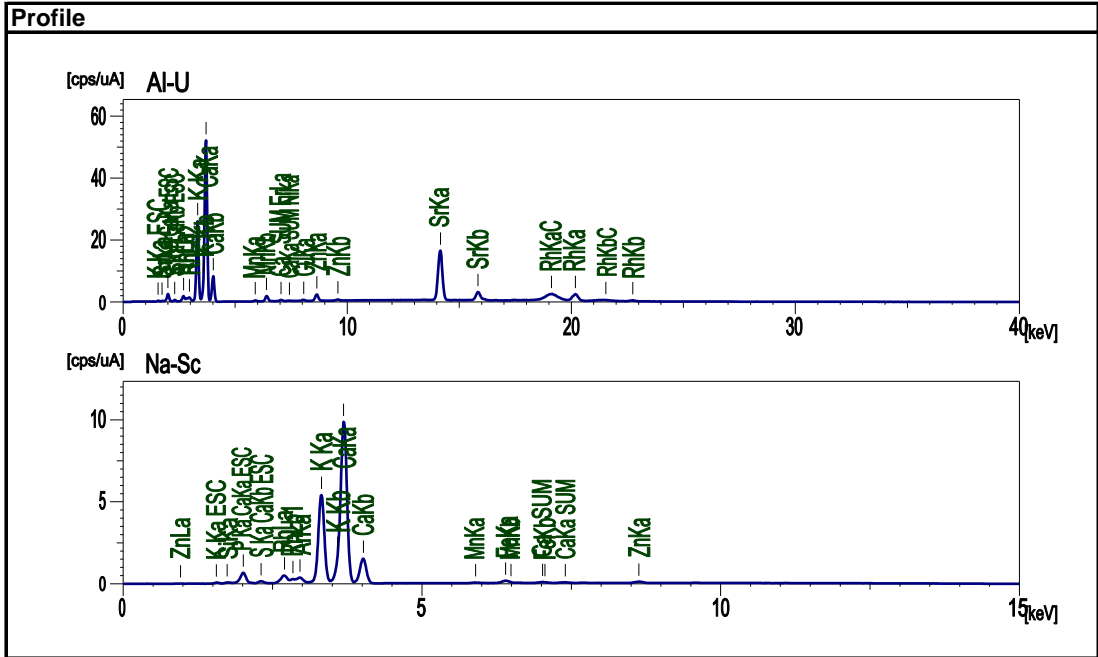
Report No.

Sample Information	
Sample Name	Morero
Meas. Date	2024/10/10 01:25:02
Comment	Quick&easy Air-Metal
Group	easy
Operator	Jorge



Measurement Condition				Collimator	10mm	Atmos.	Air	
Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Time	DT%	
Al-U		50	45-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	Live- 30	31
Na-Sc		15	222-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 30	29

Quantitative Result						
Analyte	Result		Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Ca	57.630	%	[0.191]	Quan-FP	CaKa	117.2409
K	25.315	%	[0.117]	Quan-FP	K Ka	60.9470
P	11.481	%	[0.151]	Quan-FP	P Ka	5.8618
Si	3.167	%	[0.214]	Quan-FP	SiKa	0.6355
Sr	1.007	%	[0.006]	Quan-FP	SrKa	179.1361
S	0.900	%	[0.046]	Quan-FP	S Ka	1.0350
Zn	0.281	%	[0.005]	Quan-FP	ZnKa	17.3150
Mn	0.139	%	[0.010]	Quan-FP	MnKa	2.7182
Cu	0.054	%	[0.005]	Quan-FP	CuKa	2.7085
Er	0.024	%	[0.019]	Quan-FP	ErLa	0.3031
Ni	0.002	%	[0.005]	Quan-FP	NiKa	0.0986



EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Morero
 Meas. Date 2024/10/10 01:27:45
 Comment with mylar film
 Group powder_oxide
 Operator Jorge



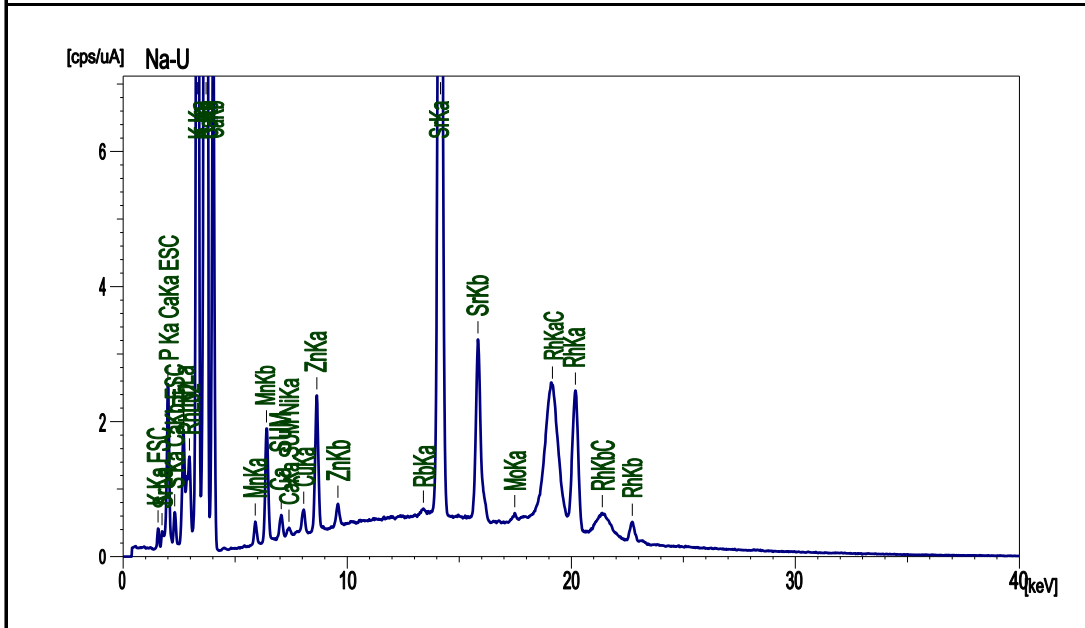
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Collimator	10mm	Atmos.	Air
Na-U		50 45-Auto	---	0 - 40	Analysis	Time	DT%	
					0.00-40.00	Live- 60		31

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
K ₂ O	48.826 %	[0.225]	Quan-FP	K Ka	156.2594
CaO	28.085 %	[0.088]	Quan-FP	CaKa	321.4559
P ₂ O ₅	22.538 %	[0.314]	Quan-FP	P Ka	11.3050
SrO	0.285 %	[0.001]	Quan-FP	SrKa	179.5318
SO ₃	0.110 %	[0.007]	Quan-FP	S Ka	1.9056
MnO	0.077 %	[0.004]	Quan-FP	MnKa	2.7092
ZnO	0.062 %	[0.001]	Quan-FP	ZnKa	17.0483
CuO	0.013 %	[0.001]	Quan-FP	CuKa	2.9960
Rb ₂ O	0.002 %	[0.000]	Quan-FP	RbKa	1.2250
MoO ₃	0.002 %	[0.000]	Quan-FP	MoKa	0.9678
NiO	0.001 %	[0.001]	Quan-FP	NiKa	0.2224

Profile



EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Olivo negro
 Meas. Date 2024/10/10 01:46:59
 Comment Quick&easy Air-Metal
 Group easy
 Operator Jorge



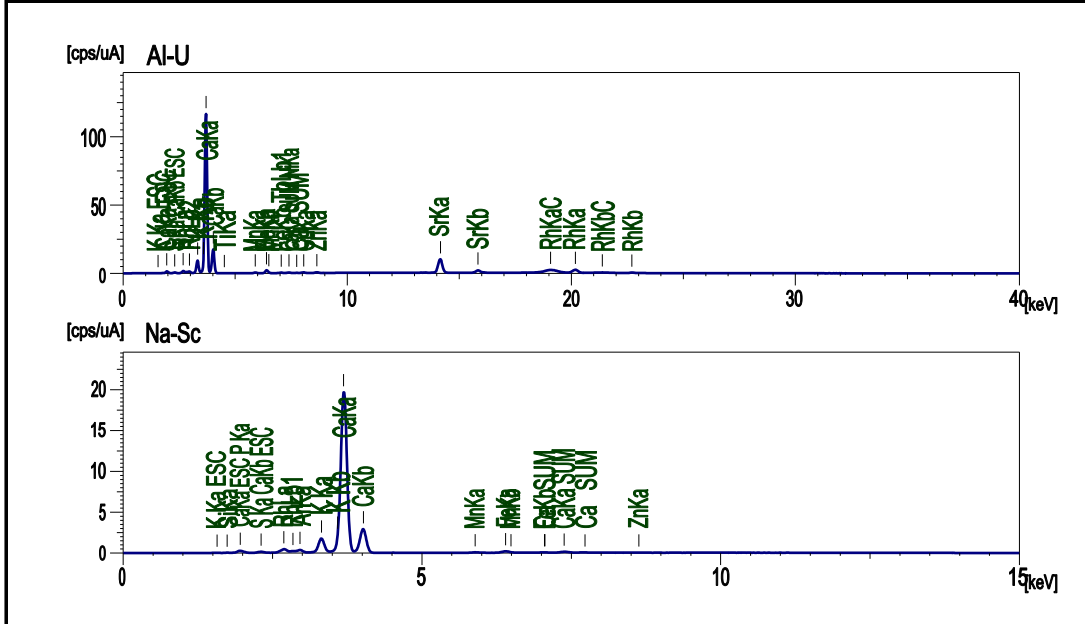
Measurement Condition

Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Collimator	Time	Atmos.	DT%
Al-U	50	37-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	10mm	Live- 30	Air	30
Na-Sc	15	181-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40		Live- 30		30

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
Ca	89.523 %	[0.237]	Quan-FP	CaKa	236.0683
K	6.313 %	[0.056]	Quan-FP	K Ka	19.1622
Si	1.354 %	[0.186]	Quan-FP	SiKa	0.2303
Sr	0.786 %	[0.006]	Quan-FP	SrKa	109.9241
Fe	0.731 %	[0.015]	Quan-FP	FeKa	15.5682
S	0.696 %	[0.042]	Quan-FP	S Ka	0.9753
Mn	0.257 %	[0.009]	Quan-FP	MnKa	4.0406
Cu	0.105 %	[0.007]	Quan-FP	CuKa	4.1806
Ti	0.100 %	[0.023]	Quan-FP	TiKa	0.5711
Zn	0.097 %	[0.006]	Quan-FP	ZnKa	4.6840
P	0.036 %	[0.158]	Quan-FP	P Ka	0.0173
Ni	0.002 %	[0.008]	Quan-FP	NiKa	0.0688

Profile



EDX Report

Report No.

Sample Information

Sample Name Olivo negro
 Meas. Date 2024/10/10 01:44:51
 Comment with mylar film
 Group powder_oxide
 Operator Jorge



Measurement Condition

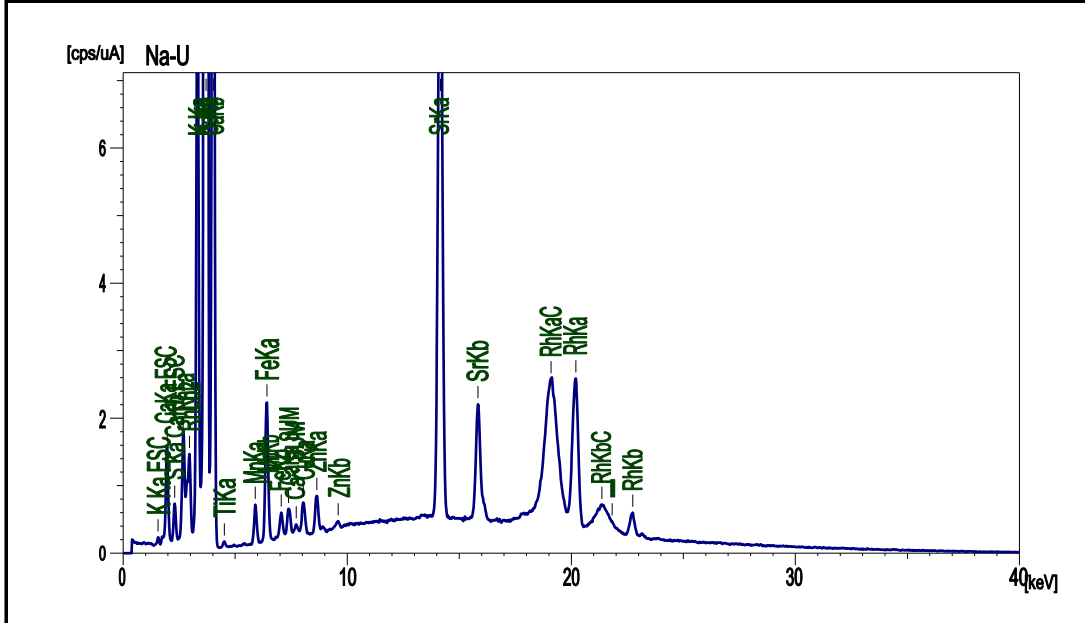
Channel	kV	uA	Filter	Acq.	Analysis	Time	DT%
Na-U	50	37-Auto	---	0 - 40	0.00-40.00	Live- 60	30

Collimator 10mm Atmos. Air

Quantitative Result

Analyte	Result	Std.Dev.	Calc.Proc	Line	Intensity
CaO	74.089 %	[0.175]	Quan-FP	CaKa	726.8609
K ₂ O	24.260 %	[0.200]	Quan-FP	K Ka	58.2642
Fe ₂ O ₃	0.759 %	[0.011]	Quan-FP	FeKa	15.4511
SrO	0.368 %	[0.002]	Quan-FP	SrKa	110.3271
MnO	0.233 %	[0.006]	Quan-FP	MnKa	4.0482
SO ₃	0.149 %	[0.012]	Quan-FP	S Ka	1.9040
TiO ₂	0.070 %	[0.011]	Quan-FP	TiKa	0.5440
CuO	0.036 %	[0.002]	Quan-FP	CuKa	4.0736
ZnO	0.036 %	[0.002]	Quan-FP	ZnKa	4.7786

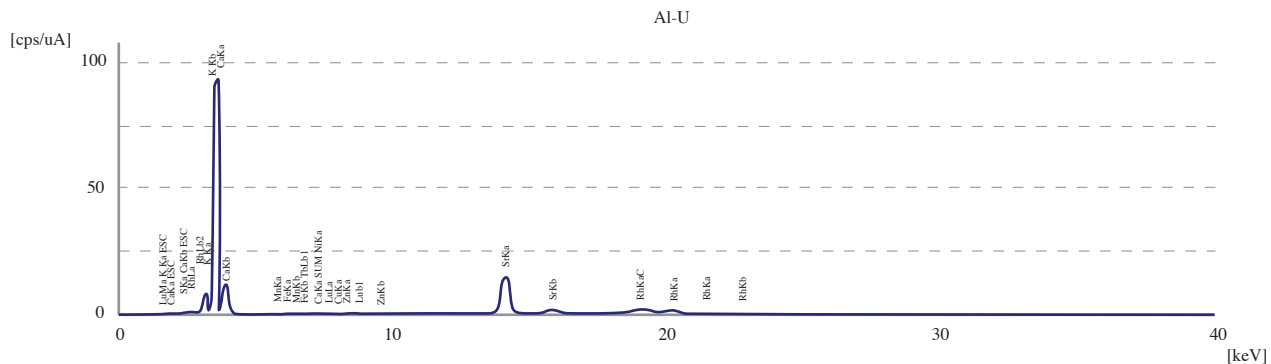
Profile



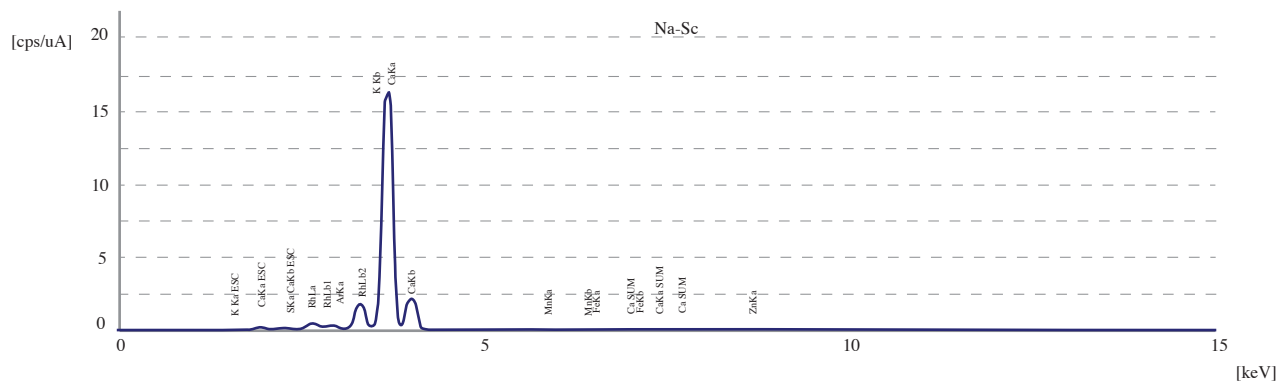
Anexo 6. Gráficas del análisis químico

Análisis XRF de elementos y óxidos presentes en las muestras de ceniza de eucalipto

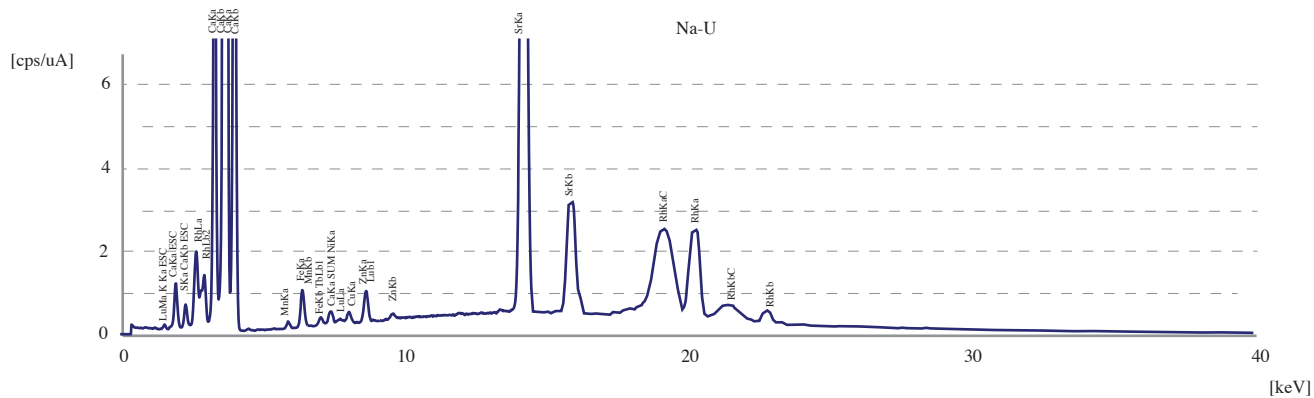
Elementos detectados desde el aluminio (Al) hasta el Uranio (U)



Elementos detectados desde el sodio (Na) hasta el escandio (Sc)

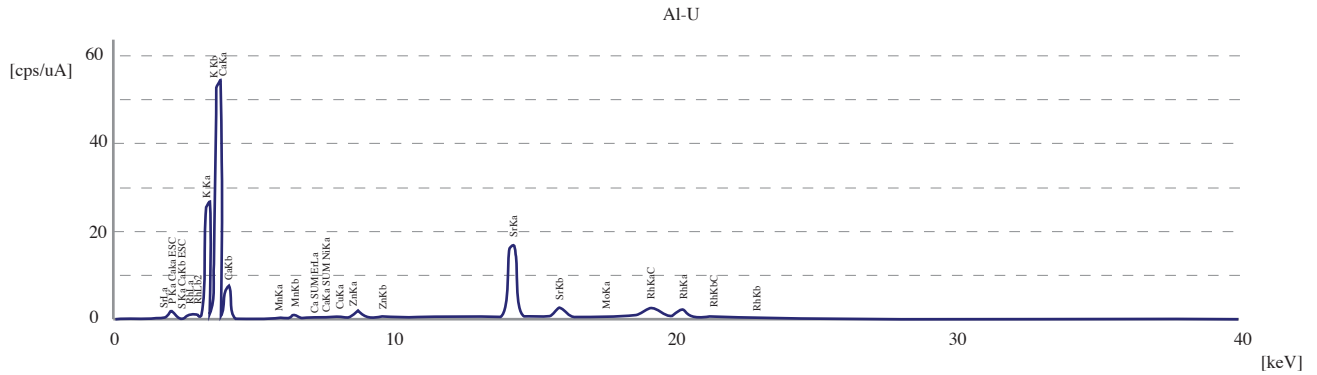


Óxidos detectados desde el sodio (Na) hasta el uranio (U)

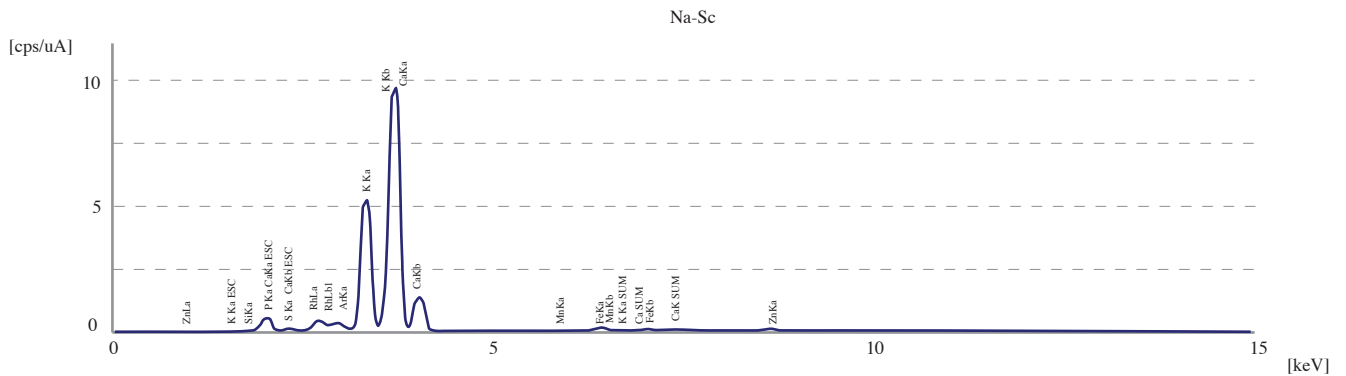


Análisis XRF de elementos y óxidos presentes en las muestras de ceniza de morero

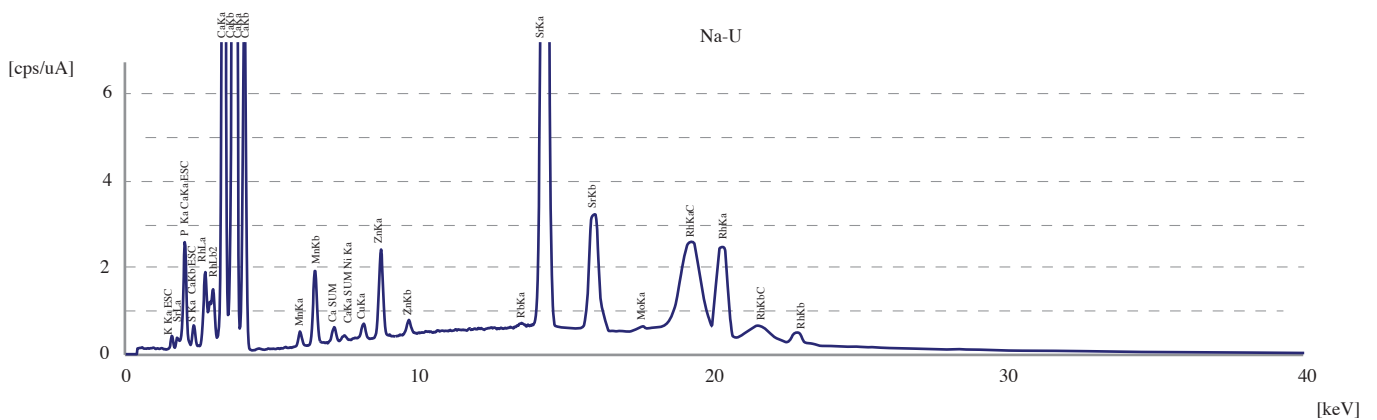
Elementos detectados desde el aluminio (Al) hasta el Uranio (U)



Elementos detectados desde el sodio (Na) hasta el escandio (Sc)

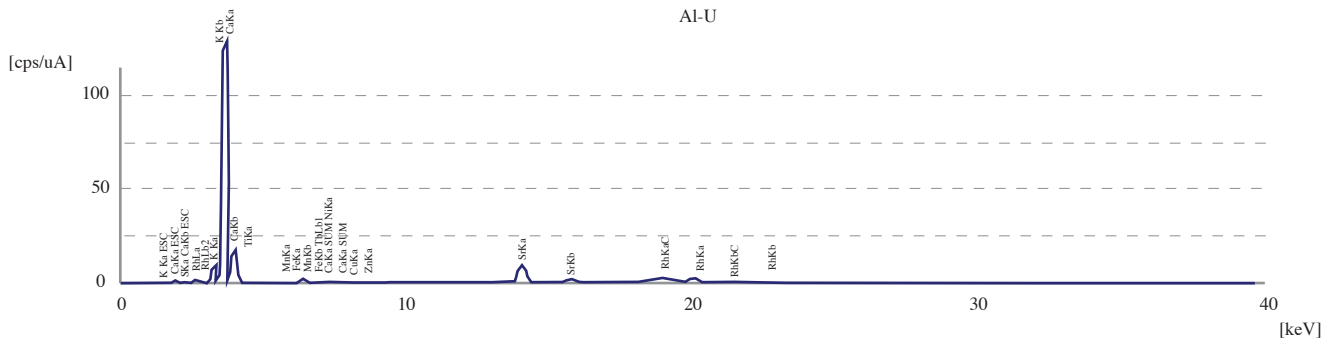


Óxidos detectados desde el sodio (Na) hasta el uranio (U)

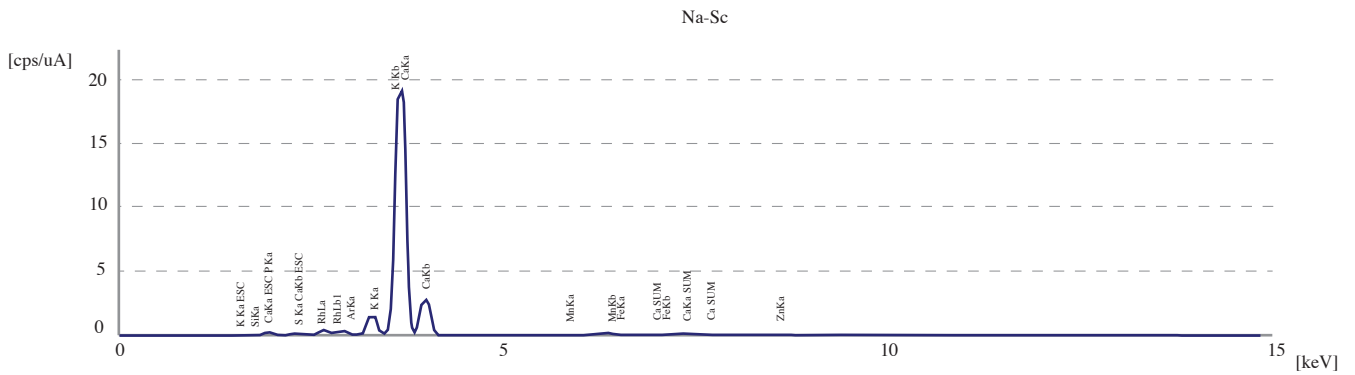


Análisis XRF de elementos y óxidos presentes en las muestras de ceniza de olivo negro

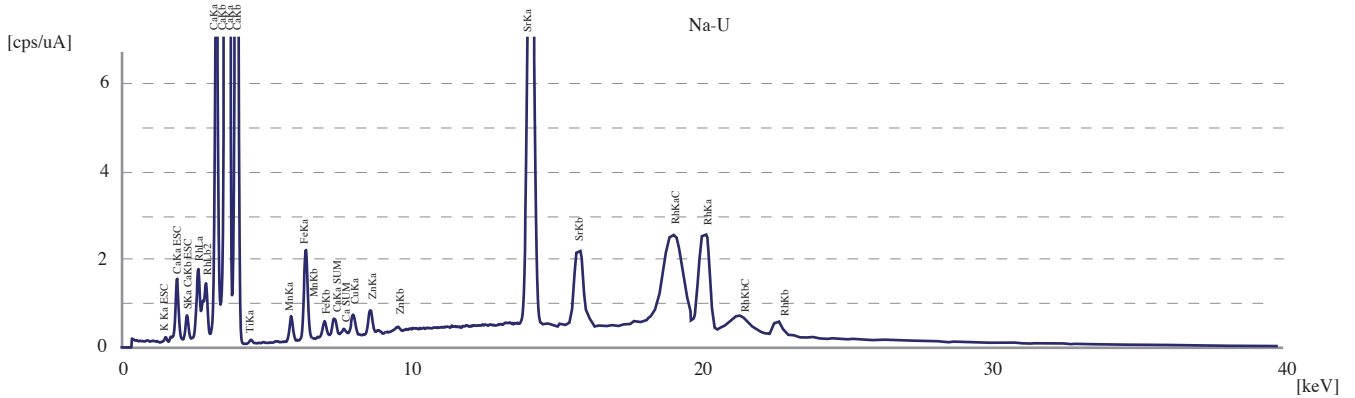
Elementos detectados desde el aluminio (Al) hasta el Uranio (U)



Elementos detectados desde el sodio (Na) hasta el escandio (Sc)



Óxidos detectados desde el sodio (Na) hasta el uranio (U)



Anexo 7. Asesoría con técnico cerámico Norma Mainero

MINUTA DE ASESORÍA DE TESIS

Estudiante del programa Maestría en Arquitectura, Urbanismo y Diseño:

ALEJANDRA JANETH ÁVILA ROBLES

Tesis:

Estudio de composición química de cenizas vegetales de especies de plantas de la región de Mexicali, que determina su uso potencial en la formulación de esmaltes cerámicos para una producción sostenible.

Director de tesis: María Angélica Castro Caballero.

Revisor: Norma Mainero, Técnico ceramista por la Escuela de Cerámica de Lomas de Zamora.

Datos de la reunión: realizada el 24 de febrero de 2025, modalidad virtual / horario 7:00 a 8:30. Liga de acceso a la grabación de la videollamada:

https://drive.google.com/file/d/1kVxEzQb_Sy5zuj5tZLWGPZP8f6mxYj9/view?usp=sharing

Temáticas y comentarios

1. Procedimiento de obtención de las cenizas.	-Se sigue el proceso de acuerdo a la literatura
2. Análisis de las cenizas por Fluorescencia de Rayos X	<p>-El análisis obtenido muestra que las cenizas contienen bajas concentraciones de sílice (Si) o no la contienen.</p> <p>-Se revisó que según autores como Ian Currie, las cenizas de eucalipto (en diferentes variedades) muestran concentraciones de sílice entre el 51.5 y el 8.96%</p> <p>-Se sugiere revisar con el laboratorio nuevamente el contenido de sílice de las cenizas para confirmar, debido a que la cantidad de sílice está relacionada a la refractariedad de las cenizas, y por ende a la temperatura de fusión del esmalte.</p>

<p>3. Método de formulación de vidriados: cálculo Seger:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de quema + pastas disponibles (cono 06 y cono 5) 	<p>-De acuerdo al punto anterior, considerar recalcular con los contenidos de sílice de las cenizas.</p> <p>-Utilizar los valores mayores a 1% según los resultados del análisis químico de las cenizas para el cálculo Seger.</p> <p>-Utilizar pastas en temperatura de cono 5.</p> <p>-Realizar una revisión por escrito de los nuevos cálculos de Seger.</p> <p>*Es conveniente considerar recetas que se encuentran en literatura para pruebas iniciales.</p> <p>*Se anotaron recetas de esmaltes de ceniza todas con temperatura de quema de 1230 °C</p>
<p>4. Método de preparación del esmalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación previa de algunos materiales (ej. Colemanita) • Molienda con mortero 	<p>-Tamizado de las cenizas mínimo por malla 100.</p> <p>-Mortereado de la mezcla de materiales para obtener uniformidad.</p>
<p>5. Aplicación del esmalte: Tipos de soporte</p>	<p>-Iniciar por pruebas en plano para conocer su comportamiento y posteriormente utilizar los soportes que resulten más convenientes.</p> <p>-Es conveniente observar resultados en diferentes tonos de pasta.</p>
<p>6. Los esmaltes de ceniza son un buen reemplazo de materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perspectiva estética / artística / utilitaria • Perspectiva económica / sostenible • Perspectiva estabilidad del esmalte 	<p>-Los esmaltes de ceniza tienen la gran ventaja de poder ser formulados con pocos materiales, son sencillos en cuanto a su composición, armado y aplicación. De manera que, las posibilidades de obtener una producción sostenible aumentarán si se encuentra un buen equilibrio del esmalte ya que ésta sería su mayor desventaja, pues los esmaltes de ceniza pueden presentar diferencias cuando cambia la cosecha del material a quemar.</p> <p>-En tal caso de estudio, es conveniente utilizar la menor cantidad de materiales posible para demostrar la sostenibilidad.</p>

	<p>-Muchas veces se pueden trabajar por si solas en cuestiones estéticas, ya que presentan tonalidades naturales que se pueden aprovechar por su belleza, aunque también es posible añadir óxidos colorantes.</p> <p>-Los esmaltes de ceniza son seguros para su uso en productos utilitarios.</p>
--	--

Comentarios adicionales:

-La sesión vía Zoom fue grabada con consentimiento de ambos asistentes.

-Se programarán sesiones o revisiones futuras según los avances de investigación.

Firma de asistencia



Norma Mainero



Alejandra Janeth Avila Robles

Anexo 8. Las cenizas como materiales en Galzy.org

Ceniza de eucalipto

Δ?

<https://glazy.org/materials/622266>

Tipo **Primitivo** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 02 May 2025,

Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

Current Date: 2/5/2025

Weight: 0.000 Calculated Oxide Weight: 63.788 LOI: 0.000

Type	K ₂ O	CaO	LOI
Porcentaje	29.48	69.2	
100% Porcentaje	29.87	70.13	
Fórmula	0.2	0.8	
Porcentaje molar	20.23	79.77	

Porcentaje

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	LOI
<i>Total</i>		29.48	69.2	
<i>Total 100%</i>		29.87	70.13	

Fórmula

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	LOI
<i>Total</i>		29.48	69.2	
<i>Total 100%</i>		29.87	70.13	

Ceniza de mezquite

Δ?

<https://glazy.org/materials/622268>

Tipo **Primitivo** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 02 May 2025,

Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

Current Date: 2/5/2025

Weight: 0.000 Calculated Oxide Weight: 80.353 LOI: 0.000

Type	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Porcentaje	71.13	26.64	1.08	
100% Porcentaje	71.96	26.95	1.09	
Fórmula	0.61	0.39	0.01	
Porcentaje molar	61.01	38.38	0.61	

Porcentaje

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
<i>Total</i>		71.13	26.64	1.08	
<i>Total 100%</i>		71.96	26.95	1.09	

Fórmula

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
<i>Total</i>		71.13	26.64	1.08	
<i>Total 100%</i>		71.96	26.95	1.09	

Ceniza de morero

Δ?

<https://glazy.org/materials/622270>

Tipo **Primitivo** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 02 May 2025,

Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

Current Date: 2/5/2025

Weight: 0.000 Calculated Oxide Weight: 97.576 LOI: 0.000

Type	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Porcentaje	48.83	28.09	22.54	
100% Porcentaje	49.1	28.24	22.66	
Fórmula	0.51	0.49	0.16	
Porcentaje molar	44	42.52	13.48	

Porcentaje

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
<i>Total</i>		48.83	28.09	22.54	
<i>Total 100%</i>		49.1	28.24	22.66	

Fórmula

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
<i>Total</i>		48.83	28.09	22.54	
<i>Total 100%</i>		49.1	28.24	22.66	

Ceniza de olivo negro

Δ?

<https://glazy.org/materials/622269>

Tipo **Primitivo** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 02 May 2025,

Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

Current Date: 2/5/2025

Weight: 0.000 Calculated Oxide Weight: 62.295 LOI: 0.000

Type	K ₂ O	CaO	LOI
Porcentaje	24.26	74.09	
100% Porcentaje	24.67	75.33	
Fórmula	0.16	0.84	
Porcentaje molar	16.31	83.69	

Porcentaje

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	LOI
<i>Total</i>		24.26	74.09	
<i>Total 100%</i>		24.67	75.33	

Fórmula

Material	Amt.	K ₂ O	CaO	LOI
<i>Total</i>		24.26	74.09	
<i>Total 100%</i>		24.67	75.33	

Anexo 9. Recetas de vidirados de ceniza en Glazy.org

Vidriado de ceniza de eucalipto

Δ05-5 Reducción

<https://glazy.org/recipes/534623>

Tipo **Ceniza** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 22 Oct 2024,

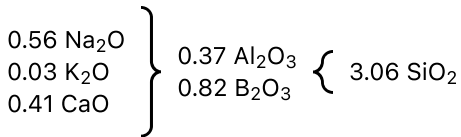
Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

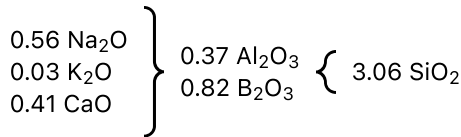
Current Date: 2/5/2025

Material	Cantidad
Feldespató sódico	55,08
Colemanita	17,04
Sílice	14,32
Borax anhidro Probando	10,87
Ceniza de eucalipto Probando	2,69
<i>Total</i>	<i>100,00</i>

UMF



UMF extendido



R₂O:RO **0.59 : 0.41** SiO₂:Al₂O₃ 8.27 R₂O:RO **0.59 : 0.41** SiO₂:Al₂O₃ 8.27

Porcentaje

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	LOI
Feldespató sódico	55.08	37.86	10.71		6.51			
Colemanita	17.04			8.66			4.65	3.73
Sílice	14.32	14.32						
Borax anhidro	10.87			7.52	3.35			
Ceniza de eucalipto	2.69					0.79	1.86	
<i>Total</i>	100.00	<i>52.18</i>	<i>10.71</i>	<i>16.18</i>	<i>9.86</i>	<i>0.79</i>	<i>6.51</i>	<i>3.73</i>
<i>Total 100%</i>		<i>54.22</i>	<i>11.13</i>	<i>16.81</i>	<i>10.25</i>	<i>0.82</i>	<i>6.77</i>	

Fórmula

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	LOI
Feldespató sódico	55.08	37.86	10.71		6.51			
Colemanita	17.04			8.66			4.65	3.73
Sílice	14.32	14.32						
Borax anhidro	10.87			7.52	3.35			
Ceniza de eucalipto	2.69					0.79	1.86	
<i>Total</i>	100.00	<i>52.18</i>	<i>10.71</i>	<i>16.18</i>	<i>9.86</i>	<i>0.79</i>	<i>6.51</i>	<i>3.73</i>
<i>Total 100%</i>		<i>54.22</i>	<i>11.13</i>	<i>16.81</i>	<i>10.25</i>	<i>0.82</i>	<i>6.77</i>	

Vidriado de ceniza de mezquite

Δ05-5 Reducción

<https://glazy.org/recipes/534628>

Tipo **Ceniza** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 22 Oct 2024,

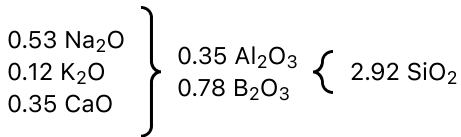
Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

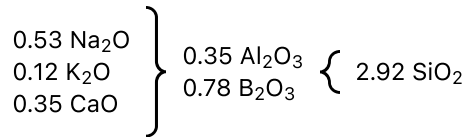
Current Date: 2/5/2025

Material	Cantidad
Feldespató sódico	54,08
Colemanita	16,73
Sílice	14,06
Borax anhidro Probando	10,68
Ceniza de mezquite Probando	4,46
<i>Total</i>	<i>100,00</i>

UMF



UMF extendido



R₂O:RO **0.65 : 0.35** SiO₂:Al₂O₃ 8.27 R₂O:RO **0.65 : 0.35** SiO₂:Al₂O₃ 8.27

Porcentaje

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Feldespató sódico	54.08	37.17	10.51		6.39				
Colemanita	16.73			8.50			4.57		3.66
Sílice	14.06	14.06							
Borax anhidro	10.68			7.39	3.29				
Ceniza de mezquite	4.46					3.17	1.19	0.05	
<i>Total</i>	100.00	<i>51.23</i>	<i>10.51</i>	<i>15.89</i>	<i>9.68</i>	<i>3.17</i>	<i>5.75</i>	<i>0.05</i>	<i>3.66</i>
<i>Total 100%</i>		<i>53.21</i>	<i>10.92</i>	<i>16.5</i>	<i>10.05</i>	<i>3.29</i>	<i>5.98</i>	<i>0.05</i>	

Fórmula

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Feldespató sódico	54.08	37.17	10.51		6.39				
Colemanita	16.73			8.50			4.57		3.66
Sílice	14.06	14.06							
Borax anhidro	10.68			7.39	3.29				
Ceniza de mezquite	4.46					3.17	1.19	0.05	
<i>Total</i>	100.00	<i>51.23</i>	<i>10.51</i>	<i>15.89</i>	<i>9.68</i>	<i>3.17</i>	<i>5.75</i>	<i>0.05</i>	<i>3.66</i>
<i>Total 100%</i>		<i>53.21</i>	<i>10.92</i>	<i>16.5</i>	<i>10.05</i>	<i>3.29</i>	<i>5.98</i>	<i>0.05</i>	

Vidriado de ceniza de morero

Δ05-5 Reducción

<https://glazy.org/recipes/534630>

Tipo **Ceniza** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 22 Oct 2024,

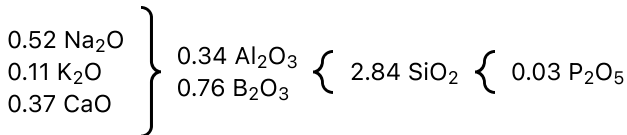
Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

Current Date: 2/5/2025

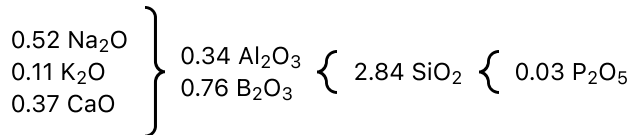
Material	Cantidad
Feldespató sódico	53,18
Colemanita	16,45
Sílice	13,83
Borax anhidro Probando	10,50
Ceniza de morero Probando	6,04
<i>Total</i>	<i>100,00</i>

UMF



R₂O:RO **0.63 : 0.37** SiO₂:Al₂O₃ 8.27

UMF extendido



R₂O:RO **0.63 : 0.37** SiO₂:Al₂O₃ 8.27

Porcentaje

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Feldespató sódico	53.18	36.56	10.34		6.29				
Colemanita	16.45			8.36			4.49		3.60
Sílice	13.82	13.83							
Borax anhidro	10.50			7.26	3.23				
Ceniza de morero	6.04					2.95	1.70	1.36	
<i>Total</i>	<i>100.00</i>	<i>50.38</i>	<i>10.34</i>	<i>15.62</i>	<i>9.52</i>	<i>2.95</i>	<i>6.19</i>	<i>1.36</i>	<i>3.60</i>
<i>Total 100%</i>		<i>52.28</i>	<i>10.73</i>	<i>16.21</i>	<i>9.88</i>	<i>3.06</i>	<i>6.42</i>	<i>1.41</i>	

Fórmula

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	LOI
Feldespató sódico	53.18	36.56	10.34		6.29				
Colemanita	16.45			8.36			4.49		3.60
Sílice	13.82	13.83							
Borax anhidro	10.50			7.26	3.23				
Ceniza de morero	6.04					2.95	1.70	1.36	
<i>Total</i>	<i>100.00</i>	<i>50.38</i>	<i>10.34</i>	<i>15.62</i>	<i>9.52</i>	<i>2.95</i>	<i>6.19</i>	<i>1.36</i>	<i>3.60</i>
<i>Total 100%</i>		<i>52.28</i>	<i>10.73</i>	<i>16.21</i>	<i>9.88</i>	<i>3.06</i>	<i>6.42</i>	<i>1.41</i>	

Vidriado de ceniza de olivo negro

Δ05-5 Reducción

<https://glazy.org/recipes/534632>

Tipo **Ceniza** Estado **Probando**

Autor **Alejandra Avila** Creado 22 Oct 2024,

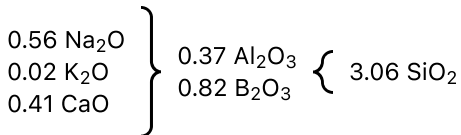
Actualizado 02 May 2025

Current User: Alejandra Avila,

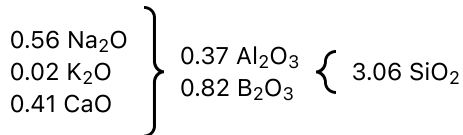
Current Date: 2/5/2025

Material	Cantidad
Feldespató sódico	55,11
Colemanita	17,05
Sílice	14,33
Borax anhidro Probando	10,88
Ceniza de olivo negro Probando	2,62
<i>Total</i>	<i>100,00</i>

UMF



UMF extendido



R₂O:RO **0.59 : 0.41** SiO₂:Al₂O₃ 8.27 R₂O:RO **0.59 : 0.41** SiO₂:Al₂O₃ 8.27

Porcentaje

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	LOI
Feldespató sódico	55.11	37.89	10.71		6.51			
Colemanita	17.05			8.66			4.66	3.73
Sílice	14.33	14.33						
Borax anhidro	10.88			7.53	3.35			
Ceniza de olivo negro	2.62					0.64	1.94	
<i>Total</i>	100.00	52.22	10.71	16.19	9.87	0.64	6.6	3.73
<i>Total 100%</i>		54.27	11.13	16.83	10.25	0.66	6.86	

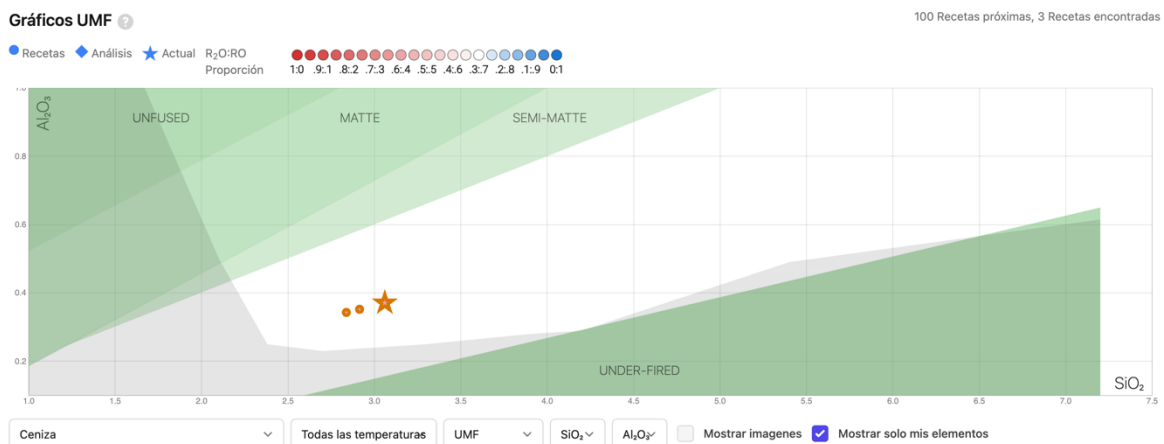
Fórmula

Material	Amt.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	LOI
Feldespató sódico	55.11	37.89	10.71		6.51			
Colemanita	17.05			8.66			4.66	3.73
Sílice	14.33	14.33						
Borax anhidro	10.88			7.53	3.35			
Ceniza de olivo negro	2.62					0.64	1.94	
<i>Total</i>	100.00	52.22	10.71	16.19	9.87	0.64	6.6	3.73
<i>Total 100%</i>		54.27	11.13	16.83	10.25	0.66	6.86	

Anexo 10. Diagramas de Stull de los vidriados generados en Galzy.org

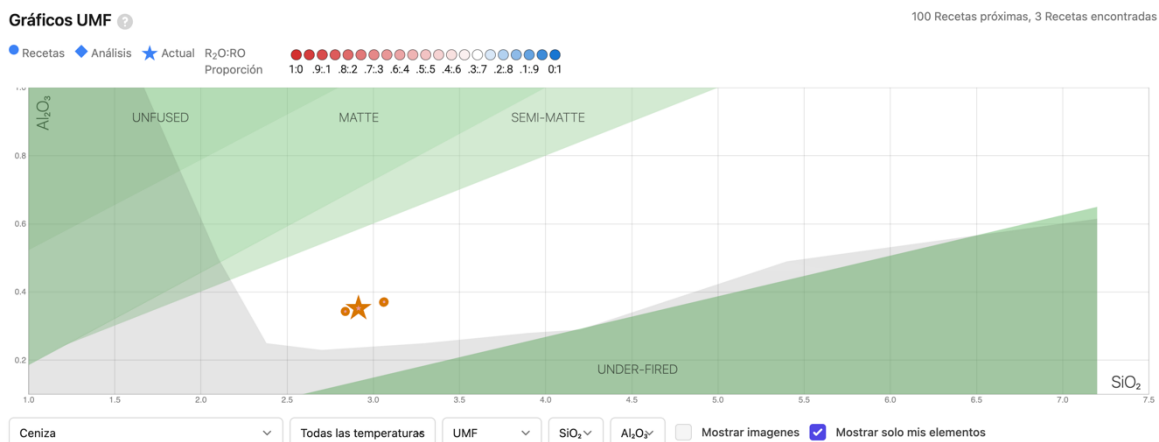
Diagramas de Stull de los vidriados generados en Galzy.org

Vidriado de ceniza de eucalipto



Notas. Se encuentra en la zona *Bright*: en esta región los vidriados suelen ser brillantes. Tomado de Glazy.org

Vidriado de ceniza de mezquite

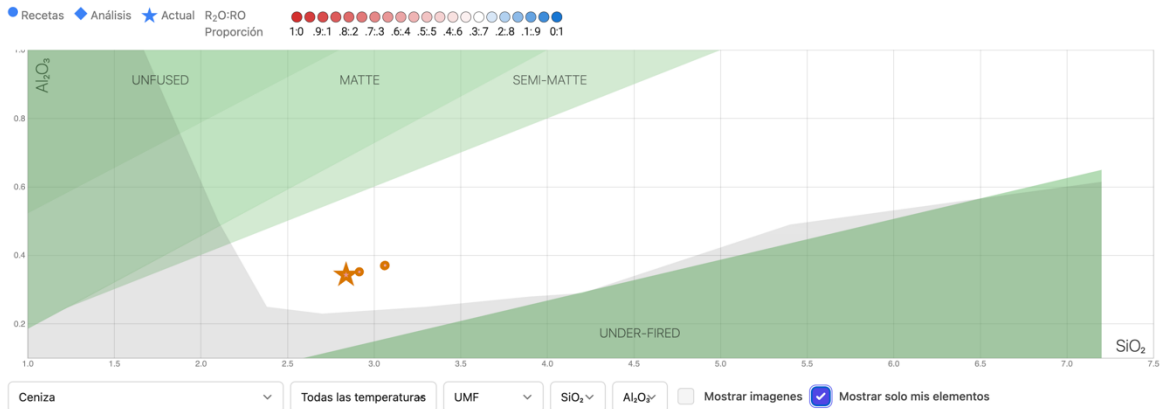


Notas. Se encuentra en la zona *Bright*: en esta región los vidriados suelen ser brillantes. Tomado de Glazy.org

Vidriado de ceniza de morero

Gráficos UMF

100 Recetas próximas, 3 Recetas encontradas

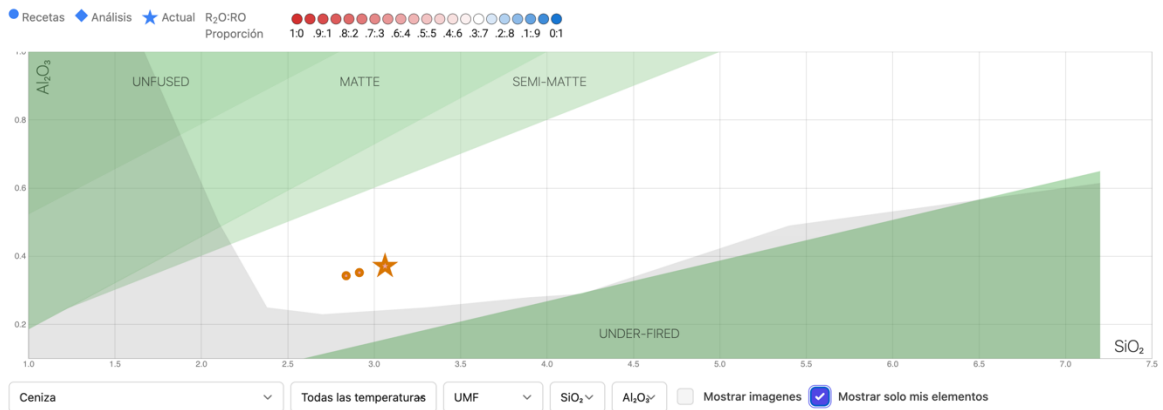


Notas. Se encuentra en la zona *Bright*: en esta región los vidriados suelen ser brillantes. Tomado de Glazy.org

Vidriado de ceniza de olivo negro

Gráficos UMF

100 Recetas próximas, 3 Recetas encontradas



Notas. Se encuentra en la zona *Bright*: en esta región los vidriados suelen ser brillantes. Tomado de Glazy.org

Anexo 11. Diseño de encuesta

La producción de cerámica en Mexicali

Estimado/a participante,

Se le invita cordialmente a participar en una encuesta como parte de un proyecto de investigación de posgrado del programa MAUD llevado a cabo por la estudiante Alejandra Janeth Avila Robles de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UABC. El objetivo de esta investigación es detectar perfiles de los ceramistas de Mexicali, definido por el proceso de producción de cerámica que manejan y la profundidad de sus conocimientos.

Consentimiento para el Uso de Datos:

Al participar en esta encuesta, usted autoriza la recopilación y el uso de sus respuestas para fines de investigación exclusivamente. Aseguramos que:

Confidencialidad: Su información personal será tratada con la más alta confidencialidad y solo será utilizada por la investigadora principal, Alejandra Janeth Avila Robles.

Seguridad de los Datos: Tomaremos todas las medidas necesarias para proteger sus datos contra accesos no autorizados, uso indebido o divulgación. Sus datos serán almacenados de forma segura y solo se utilizarán para los fines expresados de esta investigación.

Voluntariedad: Su participación en esta encuesta es completamente voluntaria. Usted tiene la libertad de retirarse del estudio en cualquier momento.

Uso de Resultados: Los resultados de la investigación se utilizarán para fines académicos y podrían ser publicados en revistas científicas o presentados en conferencias académicas y tesis. En todas estas instancias, su información personal permanecerá confidencial y anónima.

Instrucciones para la Encuesta:

- Por favor, dedique el tiempo necesario para leer cada pregunta cuidadosamente y responder con sinceridad.
- No hay respuestas "correctas" o "incorrectas"; estamos interesados en su opinión personal y experiencias. Si alguna pregunta le parece incómoda, tiene la opción de no responderla.
- La encuesta tomará aproximadamente 20 minutos de su tiempo.

Consentimiento:

Al comenzar esta encuesta, usted confirma que ha leído y entendido esta información, que consiente voluntariamente en participar en esta investigación, y que consiente el uso de sus datos de acuerdo con los términos aquí expuestos.

Agradecemos profundamente su tiempo y su valiosa contribución a este proyecto de investigación.

Con respeto y gratitud, Alejandra Janeth Avila Robles Estudiante de Maestría de la FAD UABC.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Sección 1 Datos personales

En esta sección se recopilarán los datos personales que resultan de utilidad para la interpretación de resultados de la encuesta.

1. Nombre y apellido *

2. Indica la fecha de hoy *

Ejemplo: 7 de enero del 2019

3. Edad *

4. Género *

Marca solo un óvalo.

Masculino

Femenino

Prefiero no decirlo

5. Lugar en el que labora (Escribir "Ninguno" en caso de no laborar actualmente). *

6. Lugar en el que estudia (Escribir "Ninguno" en caso de no estudiar actualmente). *

7. Grados académicos *

**Puede seleccionar varios*

Selecciona todos los que correspondan.

Licenciatura

Maestría

Doctorado

Especialidad

Carrera técnica

Estudiante de Licenciatura

Estudiante de Maestría

Estudiante de Doctorado

Otro: _____

8. En caso de ser estudiante, escribe la carrera o programa de posgrado que estudias.

Sección 2 Actividades

Con las siguientes descripciones se busca agrupar las actividades de cada ceramista para poder ubicarlos dentro de un perfil. Piensa en ellas como si describieras tus actividades y selecciona las necesarias. ***Puedes seleccionar varias respuestas.***

9. Selecciona las opciones con las que te sientes identificado. *

Selecciona todos los que correspondan.

- Producción de cerámica elaborada con técnicas de construcción manual, con ayuda de herramientas, pero manteniéndose alejada de la producción industrial.
- Producción de piezas utilitarias o decorativas.
- Producción de piezas de arte o escultura.
- Preservación de la identidad cultural de los grupos indígenas de Baja California.
- Producción de cerámica elaborada con técnicas tradicionales y avanzadas como la construcción manual, torno y moldes.
- Producción de objetos cerámicos a partir de un proceso de diseño, en busca de una producción semi industrial.
- Imparto materias a estudiantes de carreras profesionalizantes en instituciones universitarias: sujetos a contenidos de asignatura.
- Imparto talleres a público en general en un taller independiente o itinerante
- Imparto talleres de recuperación de tradiciones para la elaboración de objetos cerámicos (Comunidades indígenas o publico en general)
- Imparto cursos a docentes sobre temas específicos
- Estudio una carrera profesionalizante con materias sobre proceso o técnicas en cerámica
- Trabajo con proyectos académicos: diseño y elaboración de piezas para aplicar los conocimientos aprendidos.
- Trabajo en proyectos profesionales: Diseño, elaboración y venta de piezas para exposición y venta en un espacio personal o taller independiente
- Trabajo en la elaboración de proyectos por comisión comisiones (pedidos específicos).
- Imparto de talleres por temporadas de tipo temáticos (Ej. Día de las madres)
- Trabajo en la elaboración de piezas en una institución pública (Ejemplo. Casa de la Cultura)
- Realizo investigación para contribuir al conocimiento existente.
- Escribo y participo en la elaboración de artículos y publicaciones científicas.
- Otro: _____

Sección 3 Proceso de elaboración

En las siguientes opciones se listan técnicas y materiales para trabajar en cerámica. Selecciona las opciones que dominas para responder. **Puedes seleccionar varias respuestas.**

10. ¿Qué técnicas de producción de objetos cerámicos utilizas? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Técnicas tradicionales: placa, cordon o pellísco (construcción manual), con ayuda de herramientas para modelar, torneta, entre otros.
- Reproducción por moldes, con ayuda de herramientas para modelar, torneta, entre otros.
- Fabricación en torno cerámico, con ayuda de herramientas para modelar, torneta, entre otros.

11. ¿Qué tipo de materiales utilizas en la construcción de objetos cerámicos? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Pasta preparada de alguna marca extranjera (Presentación en barra o por kg)
- Pasta preparada de alguna marca mexicana (Presentación en barra o por kg)
- Pasta preparada de un taller local (Presentación en barra o por kg)
- Elaboro mi propia pasta (Utilizo los materiales por separado para armar la receta)
- Polvo cerámico de alguna marca extranjera
- Polvo cerámico de alguna marca mexicana
- Barbotina preparada de alguna marca extranjera (Presentación por litro, galón o cubeta)
- Barbotina preparada de alguna marca mexicana (Presentación por litro, galón o cubeta)
- Barbotina preparada de alguna marca local (Presentación por litro, galón o cubeta)
- Elaboro mi propia barbotina (Utilizo los materiales por separado para armar la receta)
- Otro: _____

12. ¿Qué tipo de materiales utilizas para esmaltar los objetos cerámicos? *

Selecciona todos los que correspondan.

Esmaltes preparados por marcas extranjeras o mexicanas (Ejemplo: ducan, mayco, laguna clay, ceramicolor)

Receta de proveedor: mezcla con agua el esmalte en polvo (Ejemplo: ceramicolor u otros)

Receta propia: utilizo las materias primas para preparar una receta de esmalte.

Fómulo mi propio esmalte (Utilizo métodos moleculares para organizar los componentes de la receta del esmalte)

Otro: _____

13. En caso de trabajar con recetas de esmalte, ¿Qué materiales para obtener color utilizas?

Selecciona todos los que correspondan.

Óxidos

Pigmentos comerciales

No trabajo con recetas

Otro: _____

14. ¿Cómo horneas tus piezas cerámicas?

Marca solo un óvalo.

Rento un horno

En el horno de la escuela

Tengo mi propio horno

En el del trabajo

15. ¿En qué tipo de horno sueles hornear tus piezas?

Marca solo un óvalo.

De gas

Eléctrico

No sé

Otro: _____

Sección 4 Conocimiento y dominio del tema

En la siguiente sección se busca establecer un rango de conocimientos, de lo básico hasta lo avanzado. ***Puedes seleccionar varias respuestas.***

16. Selecciona los conceptos que conoces y utilizas en la producción de objetos cerámicos.

*

Selecciona todos los que correspondan.

- Técnicas tradicionales de grupos indígenas para la elaboración de objetos cerámicos (Ejemplo: Pala y yunque)
- Estados del barro: crudo, cuero, seco, bizcocho, pieza esmaltada.
- Técnicas de construcción manual: placa, cordón, pellizco.
- Técnicas básicas de esmaltado: inmersión, pincel o esponja.
- Técnicas decorativas en crudo: esgrafiado, acanalado, calado, patrones por impresión, aplicador de barbotina, entre otros.
- Almacenamiento de piezas en construcción
- Tipos de quema: primera quema (bizcocho) y segunda quema (esmalte).
- Técnicas avanzadas de esmaltado: pulverizado.
- Técnicas decorativas en esmaltado: burbujeo, serigrafía, recubrimiento de cera, entre otros.
- Elaboración de moldes de yeso cerámico
- Reproducción por molde
- Fabricación en torno cerámico
- Embalado y transporte de piezas listas para horneado
- Defectos en las piezas en bizcocho: agrietamiento por humedad, agrietamiento por contracción en el horno, desprendimiento por incorrecta de unión de las piezas.
- Defectos en los esmaltes: burbujeo, craquelado, desconchado y picado.
- Tipos de horno: gas y eléctrico.
- Pigmentación de pastas
- Técnica de marmolado de pastas pigmentadas
- Defectos en la elaboración de moldes y colada de piezas
- Defectos en la barbotina
- Elaboración y preparación de recetas de barbotina
- Elaboración y preparación de recetas de pasta cerámica
- Elaboración y preparación de recetas de esmaltes
- Método de identificación de arcilla útil para la preparación de pasta cerámica
- Atmósfera del horno: oxidante y reductora.
- Carga del horno para piezas en bizcocho y esmaltadas
- Conocimiento en costos de elaboración y horneada de piezas
- Métodos y sistemas para la mezcla y preparación de pastas y esmaltes: tixial, biaxial, entre otros.
- Uso de conos pirométricos para conocer la temperatura del horno

- Uso de pirómetro para regular la temperatura del horno
- Mantenimiento y uso del horno cerámico
- Conocimiento en instalación y mantenimiento de un taller de cerámica
- Elaboración de barbotinas por cálculo de la fórmula química y porcentaje molar
- Elaboración de pasta cerámica por cálculo de la fórmula química y porcentaje molar
- Elaboración de esmaltes cerámicos por cálculo de la fórmula química y porcentaje molar
- Otro: _____

ANTES DE CONTINUAR...

Responder la última sección si te dedicas a la producción y/ o diseño de piezas de cerámica para venta o impartición de clases y talleres. En caso de no hacerlo salta la sección y finaliza la encuesta.

Sección 5 Producción y calidad

Estas preguntas están diseñadas para proporcionar una comprensión clara de la escala y retos en la producción, la importancia de los esmaltes y el impacto económico y social de esta actividad. Selecciona las respuestas necesarias de cada pregunta. ***En algunas preguntas puedes seleccionar varias respuestas.***

17. **Defectos en las producción**

En tu experiencia ¿Qué tipo de defectos has identificado en las piezas producidas?

Selecciona todos los que correspondan.



Bizcochos: Fisuras



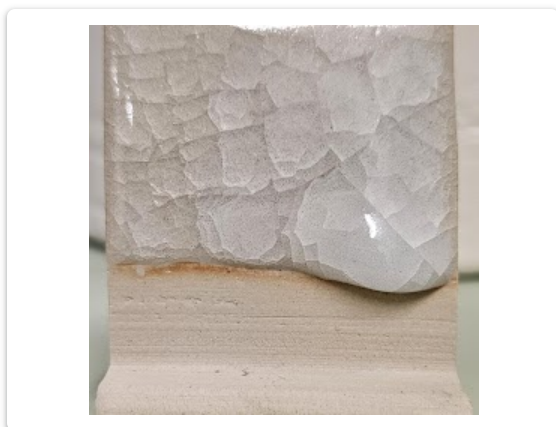
Bizcochos: Deformaciones



Problemas de cocción: sobrecocción
(La pieza se coció de más, se superó la temperatura quema)



Esmaltes: burbujeo



Esmaltes: craquelado



Esmaltes: picado



Esmaltes: chorreado



Esmaltes: desconchado



Esmaltes: acabados desiguales

Otro: _____



Esmaltes: separado

18. **Defectos en las producción**

¿Con qué frecuencia ocurren estos defectos en su producción?

Marca solo un óvalo.

- En cada horneada
- Solo en ocasiones, depende del esmalte o la pasta que utilice
- Raramente
- Nunca

19. **Defectos en las producción**

¿En qué etapa del proceso de producción observa más frecuentemente estos defectos?

Selecciona todos los que correspondan.

- Secado de las piezas en bizcocho
- Primera cocción (bizcocho)
- Aplicación de esmalte
- Segunda cocción (esmalte)
- Ninguna de las anteriores
- Otro: _____

20. **Defectos en las producción**

¿Cuánto estima que estos defectos afectan la calidad general de su producción en términos de porcentaje?

Marca solo un óvalo.

- 0-10%
- 10-20%
- 20-30%
- más del 30%

21. **Defectos en las producción**

¿Ha identificado alguna causa común para estos defectos? Por favor, describa.

22. **Esmaltes**

En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan importante considera el uso de esmaltes en la calidad final de sus piezas?

Marca solo un óvalo.

1 2 3 4 5

No € Muy importante

23. **Esmaltes**

¿Qué criterios utilizas para seleccionar los esmaltes para las piezas?

Selecciona todos los que correspondan.

Calidad del material

Colores

Cantidad del material

Disponibilidad

Costo del material

Otro: _____

24. **Esmaltes**

¿Realiza pruebas de esmaltes antes de aplicarlos en la producción final?

Marca solo un óvalo.

Si, siempre. Verifico la calidad antes de aplicar en piezas finales.

No, reviso y confío en los muestrarios del proveedor

Solo cuando es una marca que no he utilizado

25. **Esmaltes**

Con un estimado ¿Qué porcentaje de su presupuesto de producción está destinado a la compra de esmaltes?

26. **Costos**

¿Cuál es el costo promedio de materiales por unidad que produce?
Si no lo conoce omita la pregunta.

27. **Costos**

¿Cuál es el precio de venta promedio de una pieza cerámica?
Si no lo conoce omita la pregunta.

28. **Costos**

Con un estimado ¿Qué porcentaje de su costo total de producción representa la compra de materiales?

Marca solo un óvalo.

Menos del 25%

25-50%

51-75%

Más del 75%

29. **Costos**

¿Cómo calificaría la relación entre el costo de los materiales y el precio de venta de sus productos?

Marca solo un óvalo.

- Muy satisfactoria
- Satisfactoria
- Aceptable
- Insatisfactoria

30. **Cantidad de producción**

¿Cuántas piezas cerámicas se producen su taller en promedio al mes?

31. **Cantidad de producción**

¿Ha aumentado o disminuido su producción en el último año?

Marca solo un óvalo.

- Aumentó
- Disminuyó
- Permanece igual

32. **Impacto de la producción**

¿Considera que la producción cerámica tiene un impacto económico significativo en su comunidad de Mexicali?

Marca solo un óvalo.

- Si (Describe por qué)
- No (Describe por qué)
- Otro: _____

33. **Impacto de la producción**

¿Cómo cree que la comunidad de Mexicali valora el trabajo cerámico local?

Marca solo un óvalo.

- Nada
- Poco
- Moderado
- Mucho

Fin de la encuesta

Agradecemos tu disposición para responder la encuesta.

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Anexo 12. Minuta de prueba piloto de la encuesta

MINUTA DE PRUEBA PILOTO DE ENCUESTA

Fecha: 21 de octubre de 2024

Lugar: Mexicali, Baja California.

Asunto: Prueba piloto de encuesta para ceramistas de la región de Mexicali

- Participante: Poleth Zavala Tapia
- Encuestador: Alejandra Janeth Avila Robles
- Liga de acceso a la encuesta (piloto) por google forms:
https://docs.google.com/forms/d/17WEI15MUUe0Ye_z_kzcXmrvoCgbnTsdMTQAA5VSgM-c/edit

Puntos tratados y comentarios

Voluntariedad del estudio

- Se sugiere modificar la redacción de la sección de voluntariedad para adaptarla a un formato digital.

- La frase 'pérdida de beneficios' genera confusión y podría eliminarse o aclararse.

Consentimiento informado

- Se recomienda resaltar en negritas algunas palabras clave para facilitar la lectura en el caso de los textos extensos.

Identidad de género

- Se sugiere cambiar la respuesta a una opción múltiple para mayor claridad.

Pregunta sobre esmaltes

- La pregunta "En caso de trabajar con recetas de esmalte, ¿Qué materiales para obtener color utilizas?" aparece obligatoria, lo que causa problemas para quienes no trabajan con esmaltes.

- Se recomienda agregar una opción que permita omitir la pregunta sin afectar la validez de la respuesta.

Carga de imágenes

- Las imágenes de 'problemas de cocción' no se cargaron correctamente.

Pregunta sobre costos

- La pregunta "¿Cuál es su costo promedio de materiales por unidad producida?" no fue clara para la participante. Se recomienda reformular o proporcionar ejemplos para mayor comprensión.

Sección de costos y gastos

- Varias preguntas fueron consideradas confusas. Se sugiere evaluar si es un problema de redacción o de comprensión lectora.

Formato de preguntas

- Se sugiere que la mayoría de las preguntas sean de opción múltiple para facilitar el análisis de datos.

Acciones a realizar

- Revisar y modificar la redacción de la sección de voluntariedad.
- Evaluar la posibilidad de resaltar palabras clave en Google Forms.
- Ajustar la pregunta de identidad de género a opción múltiple.
- Incluir una alternativa para omitir preguntas no aplicables.
- Corregir la carga de imágenes en la encuesta.
- Reformular la pregunta sobre costos para mayor claridad.
- Revisar y simplificar las preguntas de costos y gastos.
- Convertir la mayoría de las preguntas a formato de opción múltiple.

Firma del encuestador



Alejandra Janeth Avila Robles

Firma del participante



Poleth Zavala Tapia

Anexo 13. Cotizaciones de los materiales



CARLOS ROBERTO ESPAÑA RODRIGUEZ
 EARC8510172B3
 TEL.3396902291
 HDA. CHINAMECA 15
 FCO. VILLA 45402 TONALA, JAL....

Fecha y hora
 de Impresión
 12/05/2025...

COTIZACION 8784

Deposito Confirmar Envio No. de guía

Revisado por:

Facturar a:
 ALEJANDRA AVILA
 RFC: NA

Enviar a: RFC: NA
 ALEJANDRA JANETH AVILA ROBLES
 AV. GUSTAVO GARMENDIA #473
 Col: SANTA TERESA, MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, CP: 21270
 6151144794

	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>	PESO TOTAL KG	<input type="text" value="4.000"/>
XEN		X4G		XJB				# PRODUCTOS	<input type="text" value="4.00"/>

MEDIDAS:

Clave	Clave SAT	Concepto	Cantidad	P. Unitario	Sub-Total
MP19	11101514	FELDESPATO DE SODIO	1.000	KILO 21.55	21.55
MP38	12352309	BORAX ANHIDRO	1.000	KILO 129.31	129.31
MP35	12352309	COLEMANITA	1.000	KILO 56.03	56.03
MP44	12352309	SILICE 208	1.000	KILO 25.86	25.86

Cantidad Con Letra DOSCIENTOS SETENTA PESOS 00/100 M.N		SUBTOTAL	\$232.75
Condiciones de Entrega		IVA	\$37.25
Observaciones Generales		TOTAL	\$270.00
		IMPORTE	\$270.00
		DESCUENTO 0 %	\$0.00

*Precios sujetos a cambios sin previo aviso
 *Fecha de vigencia 5 días hábiles
 *Favor de confirmar existencias antes de realizar depósito

Moneda PESOS

1 Depósito			2 Envía comprobante: info@ceramicolor.mx	4 Recoge en tienda ó Realizamos envío
	CUENTA: 0520186965	CUENTA: 130965090011		
	CLABE INTERBANCARIA: TRANSFERENCIAS 0723 200 0520186965 6	CLABE INTERBANCARIA: TRANSFERENCIAS 058320 0000 03704996	3 Preparamos tu pedido (2 a 3 días hábiles)	







Welcome to our new website! Please be patient with us as we're still in the process of updating all your favorite items



3-4 Days for Online Order Fulfillment.

Your cart

[Continue shopping](#)

PRODUCT	TOTAL QUANTITY	TOTAL
 <p>MFELMIN MINS PAR 200 SODA FELDSPAR \$0.86</p>	\$4.30 <input type="text" value="5"/>	 \$4.30
 <p>SILICA 200 MESH, SIL-CO-SIL 90 (50#) \$0.95</p>	\$4.75 <input type="text" value="5"/>	 \$4.75
 <p>BORAX-GRANULAR (55#) -10 MOL \$1.63</p>	\$8.15 <input type="text" value="5"/>	 \$8.15

Subtotal \$17.20 USD

Taxes and shipping calculated at checkout

Check out

Featured collection

**#0 STEEL
POINT
STILTS
DOZEN**

\$13.45

**#1 STEEL
POINT
STILTS
DOZEN**

\$16.19

**#1/2 STEEL
POINT
STILTS
DOZEN**

\$14.88

**#10 STEEL
POINT
STILTS
DOZEN**

\$32.16

View all

WARNING Prop 65

Some of our products can expose you to chemicals including crystalline silica, which are known to the State of California to cause cancer, and Lithium Carbonate, which is known to the State of California to cause birth defects or other reproductive harm.

For more information, visit:

www.p65warnings.ca.gov



CUSTOMER SERVICE

[Search](#)

[Accessibility Statement](#)

[About Laguna Clay](#)

[Articles](#)

[Catalogs](#)

[Resources](#)

[LagunaAxner.com](#)

[Terms & Conditions](#)

[Privacy Policy](#)

[Tutorials](#)





ARCICOR

**LISTA DE
PRECIOS:**

Alfonso XIII No.11
Col. Álamos,
Benito Juárez,
03400, CDMX

T. 55 5519 5700

arcicor@gmail.com

arcicor.arcicor

_arcicor

www.arcicor.com

PRODUCTO (MATERIA PRIMA)	MINIMO	UNIDAD	PRECIO	BULTO	PRECIO POR BULTO	A PARTIR DE 3 BTO
ACTIGEL	0.05	KG	\$15.00			
ALÚMINA	1.00	KG	\$120.00	22.68 KG (50 LB)	\$2,600.00	\$2,470.00
ARCILLA NAL GRIS	1.00	KG	\$15.00	40 KG	\$300.00	\$285.00
ARCILLA OLD MINE 4	1.00	KG	\$27.00	22.68 KG (50 LB)	\$495.00	\$470.25
ARCILLA ZACATECAS	1.00	KG	\$17.00	50 KG	\$680.00	\$646.00
ARCILLA ZACATECAS FINA	1.00	KG	\$25.00	50 KG	\$890.00	\$845.50
BARRO OAXACA	1.00	KG	\$20.00		\$20.00	\$20.00
BENTONITA SÓDICA	1.00	KG	\$15.00	50 KG	\$460.00	\$437.00
BORAX PENTAHIDRATADO	1.00	KG	\$73.00			
CAOLÍN NACIONAL	1.00	KG	\$10.00	40 KG	\$200.00	\$190.00
CAOLÍN EPK	1.00	KG	\$28.00	22.68 KG (50 LB)	\$585.00	\$555.75
CAOLÍN KT CAST	1.00	KG	\$30.00	25 KG	\$585.00	\$555.75
CARBONATO DE BARIO	0.50	KG	\$42.50	25 KG	\$1,800.00	\$1,710.00
CARBONATO DE CALCIO	1.00	KG	\$8.00	50 KG	\$250.00	\$237.50
CARBONATO DE COBALTO	0.05	KG	\$125.00			
CARBONATO DE MAGNESIO	0.50	KG	\$129.00			
CARBONATO DE LITIO	0.10	KG	\$376.00			
CARBONATO DE COBRE	0.10	KG	\$75.00			
CARBONATO DE SODIO LIGERO	1.00	KG	\$45.00			
CARBONATO DE ESTRONCIO	0.25	KG	\$27.50	25 KG	\$2,250.00	\$2,184.00
CLORURO DE CALCIO	1.00	KG	\$35.00			
CLEAN WASH	1.00	KG	\$100.00			
COLEMANITA	1.00	KG	\$75.00	50 KG	\$3,350.00	\$3,182.50
DOLOMITA	1.00	KG	\$20.00	50 KG	\$750.00	\$712.50
ESPONJA AMARILLA	1.00	PZA	\$35.00			
ESPONJA VERDE	1.00	PZA	\$25.00			
FELDESPATO POTÁSICO	1.00	KG	\$30.00	40 KG	\$950.00	\$902.50
FELDESPATO SÓDICO	1.00	KG	\$17.00	40 KG	\$515.00	\$489.25
FOSFATO TRICÁLCICO	0.25	KG	\$87.50			
GOMA LACA	0.05	KG	\$97.90			
GOMA CMC	0.05	KG	\$16.00			
MULLITA	1.00	KG	\$50.00	45.36 KG (100 LB)	\$2,000.00	\$1,900.00
NEPHENIL SYENITE	1.00	KG	\$50.00	22.68 KG (50 LB)	\$1,100.00	\$1,045.00
NUCLAY (CAOLIN)	1.00	KG	\$45.50	25 KG	\$1,100.00	\$1,045.00
OPAMEX	0.10	KG	\$21.00			
ÓXIDO DE ANTIMONIO	0.10	KG	\$79.50			

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO



ARCICOR

PRODUCTO (MATERIA PRIMA)	MINIMO	UNIDAD	PRECIO	BULTO	PRECIO POR BULTO	A PARTIR DE 3 BTO
ÓXIDO DE COBALTO	0.05	KG	\$205.00			
ÓXIDO DE COBRE	0.10	KG	\$115.00			
ÓXIDO DE CROMO	0.10	KG	\$51.00			
ÓXIDO DE ESTAÑO	0.05	KG	\$160.00			
ÓXIDO DE HIERRO AMARILLO	0.25	KG	\$25.00	25 KG	\$563.00	\$500.00
ÓXIDO DE HIERRO NEGRO	0.25	KG	\$29.00	25 KG	\$630.00	\$560.00
ÓXIDO DE HIERRO ROJO	0.25	KG	\$26.50	25 KG	\$585.00	\$520.00
ÓXIDO DE MANGANESO	0.25	KG	\$19.00	25 KG	\$1,740.00	\$1,653.00
ÓXIDO DE NIQUEL	0.05	KG	\$123.50			
ÓXIDO DE TITANIO	0.10	KG	\$27.00	25 KG	\$6,326.00	\$6,009.70
ÓXIDO DE ZINC	0.10	KG	\$22.50	25 KG	\$5,060.00	\$4,807.00
RUTILO MOLIDO	0.10	KG	\$22.00			
SILICATO DE SODIO	1.00	KG	\$31.50			
SÍLICE SSJ 208	1.00	KG	\$17.50	40 KG	\$550.00	\$522.50
TALCO NACIONAL	1.00	KG	\$30.00	25 KG	\$700.00	\$665.00
WALLASTONITA	1.00	KG	\$38.00	22.68 KG (50 LB)	\$775.00	\$736.25
YESO CERÁMICO	1.00	KG	\$13.00	40 KG	\$308.00	\$292.60
PASTA UK	1.00	KG	\$22.00	25 KG	\$299.00	\$284.05
PASTA CAM 4	1.00	KG	\$25.00	25 KG	\$470.00	\$446.50
PASTA MODELAR EN POLVO	1.00	KG	\$30.00			
PASTA MODELAR ALTA	1.00	KG	\$32.50			
BARBOTINA	1.00	KG	\$30.00			
ESMALTE MATE PR-450 FACT	0.50	KG	\$60.00	25 KG	\$2,800.00	\$2,660.00
ESMALTE BCO PR 1101	0.50	KG	\$43.50	25 KG	\$2,050.00	\$1,947.50
ESMALTE BCO 113-7	0.50	KG	\$57.50	25 KG	\$2,700.00	\$2,565.00
ESMALTE PR-400 FACT	0.50	KG	\$42.50			
ESMALTE TRANSP PR-800	0.50	KG	\$43.50	25 KG	\$1,950.00	\$1,852.50
ESMALTE ARTESANAL PF-200	0.50	KG	\$40.00	25 KG	\$1,890.00	\$1,795.50
ESMALTE TRANSP AT	0.50	KG	\$60.00	25 KG	\$2,700.00	\$2,565.00
ESMALTE BCO AT	0.50	KG	\$60.00	25 KG	\$2,700.00	\$2,565.00
FRITA 3110	0.50	KG	\$205.00	22.68 (50 LB)		
FRITA 3134	0.50	KG	\$60.00	22.68 (50 LB)	\$2,500.00	\$2,375.00
FRITA PLOMO ARCP-01 PB	0.10	KG	\$65.00			

LISTA DE PRECIOS:

Alfonso XIII No.11
Col. Álamos,
Benito Juárez,
03400, CDMX

T. 55 5519 5700

arcicor@gmail.com

f arcicor.arcicor

📷 _arcicor

www.arcicor.com

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO