

División de Ciencias y Artes para el Diseño

Área 3: Sustentabilidad Ambiental

Formulación y caracterización de compuestos y esmaltes cerámicos de alta temperatura con caolines de Comonfort, Guanajuato

Idónea Comunicación de Resultados para obtener el grado de Maestría

Presenta: DI Luis Wizam Uribe Ortega

Tutor: Mtro. José Leandro Mendoza Cuenca

Lectora: Dra. Esthela Ramos Ramírez

Responsable de Área: Dra. Laura Isabel Romero Castillo

México, Ciudad de México, 13 de octubre de 2023

Índice

Resumen	3
Introducción	3
Capítulo 1. La cerámica tradicional en México	6
1.1 Cerámica tradicional	6
1.1.1 Cuerpos cerámicos	7
1.1.2 Esmaltes cerámicos	7
1.2 Antecedentes históricos de la cerámica	8
1.3 Incorporación de la cerámica de alta temperatura en México	13
1.4 ¿Por qué cerámica de alta temperatura?	15
1.5 Cuestiones ambientales de la producción de cerámica	17
1.5.1 La ciencia y los paradigmas	17
1.5.2 Impactos ambientales generados en el proceso de producción de cerámica	21
Capítulo 2. El caolín y su extracción en México	26
2.1 ¿Qué es el caolín?	26
2.2 Extracción de caolín	28
2.2.1 Impactos ambientales de la minería de arcillas	30
2.2.2 Consideraciones para la minería de arcillas	36
2.3 Yacimientos de caolín en México y su producción	37
2.4 Yacimiento de caolín en Comonfort, Guanajuato	39
2.4.1 Visita a Comonfort	41
Capítulo 3. El caolín y su incorporación a la cerámica tradicional en México	43
3.1 Aplicación del caolín en la cerámica tradicional	43
3.1.1 Desarrollo sustentable	44
3.1.2 Economía circular	44
3.1.3 Ecoeficiencia	46
3.1.4 Ecología política	49
3.2 Importación de materiales	51
3.3 Necesidades físico-químicas del caolín para su aplicación en cerámica	54
3.4 Formulación y caracterización de compuestos cerámicos	56
3.4.1 Recolección de caolines	57
3.4.2 Preparación de caolines	59
3.5 Formulación y caracterización de compuestos cerámicos	62
3.5.1 Producción de cerámica tradicional por vaciado en moldes de yeso	70
3.5.2 Esmalte cerámico	72
Conclusiones	73
Bibliografía	77
Anexos	84

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo incorporar el caolín de Comonfort, Guanajuato, dentro de la producción de cerámica tradicional de alta temperatura, disminuyendo el impacto ambiental de sus procesos. Así como generar un estudio de la situación actual de la minería de caolín en Comonfort, Guanajuato.

Para efectuar este trabajo se realizó una recolección de caolines de Comonfort los cuales fueron sometidos a un proceso de purificación, seguido de una formulación de compuestos cerámicos que incluyen dichos caolines. Posteriormente, se hizo una caracterización de estos compuestos mediante pruebas físicas para seleccionar aquellos que resultaron viables para la producción de cerámica tradicional. Finalmente con los compuestos seleccionados se llevó a cabo una producción de objetos cerámicos por vaciado en molde de yeso.

Con esto se busca crear nuevas alternativas, con arcillas locales, de compuestos cerámicos que funcionen para la producción de cerámica de alta temperatura, y eliminar así, la dependencia tecnológica que se tiene de los caolines importados. Con la finalidad de disminuir el impacto ambiental de sus procesos productivos.

Palabras clave: Caolín, Cerámica Tradicional, Minería, Sustentabilidad.

Introducción

La cerámica es un material que ha acompañado al ser humano desde los inicios de su vida sedentaria hasta la actualidad (Cooper, 1987). Objetos realizados con cerámica impactan nuestra vida diaria en todo momento, desde los espacios que habitamos, hasta objetos decorativos que definen nuestra identidad cultural.

A pesar de ser un material clave en nuestro desarrollo histórico, seguimos aprendiendo las implicaciones del uso de la cerámica en nuestro entorno, tales como las consecuencias para nuestra salud, especialmente por el uso de plomo para la formulación de esmaltes cerámicos que hasta el siglo XIX generaban tasas

de mortalidad altas (Barry y Grant, 2013). Y aún hoy en día el plomo es utilizado por comunidades alfareras debido a la falta de conocimiento, lo que representa un alto riesgo para sus consumidores. (Terrazas-Meraz, et al., 2015)

Por otro lado, las implicaciones ambientales de la extracción de arcillas pueden causar un impacto en el ecosistema, especialmente si no se practica de una manera planeada y organizada (Mechi y Sanches, 2010). Los principales impactos negativos son: sedimentación de ríos y lagos, eliminación de vegetación, compactación del suelo y cráteres al aire libre. Estos, causan repercusiones socioeconómicas, ya que compromete el desempeño de las actividades agrícolas en las áreas en las que realizan dicha actividad extractiva; a pesar de esto, entre los impactos existe uno positivo, que es la generación de ingresos económicos para la población; aunque estos son menores al impacto ambiental producido (Almeida, 2020).

Con esto en mente, la presente investigación tiene como eje analizar las condiciones actuales de la minería de caolín y sus impactos ambientales, así como explorar la manera de incorporar estas arcillas a la producción de cerámica tradicional. Todo esto con la perspectiva de teorías enfocadas en la sustentabilidad, tales como el desarrollo sustentable, la ecología política, el extractivismo, la economía circular, entre otras. Se hace con la intención de no solamente aplicar el material dentro del proceso productivo, sino también considerar el ecosistema social y ambiental que se ven afectados por la extracción de materias primas.

Entre las arcillas necesarias para la producción de cerámica se encuentra el caolín, una arcilla constituida fundamentalmente por caolinita pura, que es un silicato de aluminio hidratado natural formado hace millones de años por la descomposición hidrotérmica de roca granítica $AlSi_2O_5(OH)_4$ (Murray, 1984).

En México, la industria del caolín tiene amplias posibilidades de desarrollarse aún más y aprovechar la demanda existente, por lo general la actividad minera de arcilla del país está constituida por ejidatarios, normalmente de escasos recursos

económicos y bajo grado escolar. Basta decir que estos aprenden la minería o la explotación de minerales de forma empírica y con métodos y equipo rudimentario, tienen poca información sobre su yacimiento, no cuentan con el capital suficiente para invertir y carecen de una organización y administración eficiente; asimismo, tampoco cuentan con un geólogo o minero que los asista permanentemente en el desarrollo de los proyectos (Subsecretaría de Minería, 2017).

El objetivo general del presente proyecto es: Desarrollar una propuesta para la aplicación de caolines de Comonfort, Guanajuato, en la formulación de compuestos cerámicos de alta temperatura, que reduzca el impacto ambiental de sus procesos productivos.

Este proyecto de investigación pretende documentar el estado actual de la actividad minera en la comunidad de Delgado de Abajo en el municipio de Comonfort, Guanajuato. Posteriormente, analizar las alternativas para aplicar el caolín extraído en la zona e incorporarlo en la producción de cerámica tradicional de alta temperatura.

Los siguientes tres capítulos abordarán los temas centrales de esta investigación. Primero, se muestra una exploración de qué es la cerámica tradicional, su historia y maneras de clasificación. El segundo capítulo profundiza en la industria minera de arcilla en México y las consecuencias ambientales que conlleva. En el tercer capítulo, se analizan los caolines obtenidos en Comonfort, Guanajuato y se explica la metodología aplicada para lograr su incorporación en el proceso productivo de cerámica tradicional de alta temperatura.

La investigación se guió con las siguientes preguntas para lograr el objetivo del proyecto:

¿Cuál es el estado actual de los aspectos tecnológicos y ambientales en relación con los procesos de extracción de caolín en los yacimientos de Comonfort, Guanajuato?

¿Qué elementos técnicos pueden ayudar a disminuir el impacto ambiental en la extracción y procesamiento de caolines para la fabricación de cerámica tradicional?

¿Cómo se pueden incorporar los caolines extraídos de Guanajuato dentro de la formulación de compuestos y esmaltes cerámicos?

¿Cuál sería el impacto tecnológico y ambiental de la utilización de caolines mexicanos en la formulación de compuestos cerámicos para los productores de cerámica tradicional?

La metodología que se utilizó para la presente investigación fue de tipo cuali-cuantitativa. Haciendo uso de herramientas tales como la revisión documental, entrevistas y una fase experimental de laboratorio, en donde se analizaron los caolines de Guanajuato y se crearon fórmulas de compuestos cerámicos, a fin de evaluar su calidad y eficiencia.

Capítulo 1. La cerámica tradicional en México

1.1 Cerámica tradicional

Los productos cerámicos son artículos hechos por el ser humano, que primero han sido moldeados o modelados utilizando un amplio número de minerales y rocas, y luego permanentemente endurecidos con calor. Este proceso también se puede generalizar como el producto final de un proceso cerámico industrial en el que se transforman y endurecen los materiales de partida, materias primas. (Galán, 2004)

La cerámica es un material no metálico fabricado por sinterización¹, se define como la técnica de modelar arcilla y someterla a una temperatura mayor a los 650° C para lograr el punto de sinterización, es decir, generar dureza en las arcillas por medio del calor. La palabra cerámica viene del griego *keramos* que significa material

¹ La sinterización es un proceso de tratamiento térmico utilizado para transformar materiales en polvo en una masa sólida, sin llegar al punto de fusión completa.
<https://www.hengko.com/es/news/all-basic-information-about-what-is-sintering/> consultado el 15 de julio de 2023.

quemado y define a los materiales cerámicos como: todos los sólidos no metálicos e inorgánicos (Anderson, 1998).

El concepto de cerámica ya no abarca solamente a la producida principalmente con arcillas, pues en los últimos tiempos ha surgido un nuevo tipo de cerámica que atiende necesidades más específicas. Para lograrlo se han creado compuestos exentos de arcillas, sin embargo, se clasifican dentro del mismo campo de conocimiento debido a que también necesitan de su exposición al fuego para su endurecimiento. Es por eso que es necesario el concepto de cerámica tradicional para referirse a los compuestos que contienen silicatos (Vázquez, 2001).

1.1.1 Cuerpos cerámicos

El cuerpo cerámico es el elemento que da forma al objeto y surge a partir de la combinación de arcillas y otras materias primas minerales, tiene una terminación porosa con terminado no vítreo, lo que quiere decir que por sí solo es un elemento permeable. La arcilla constituye la principal materia prima en la elaboración de los cuerpos cerámicos tradicionales debido a sus dos principales características: la plasticidad que le permite adquirir una forma determinada cuando le es aplicada una fuerza externa y mantenerla cuando esta ha dejado de ejercerse; y la capacidad de cocción, mediante la cual se convierte propiamente en cerámica adquiriendo la dureza necesaria para su uso diario (Olvera y Hernández, 2014).

Zimbron (2009: p. 122) menciona que para que un cuerpo cerámico funcione de manera adecuada, se debe incluir en su fórmula tres componentes indispensables:

- La arcilla: Proveen plasticidad y resistencia al calor, ambas cualidades son indispensables, ya que sin plasticidad el cuerpo cerámico no podría modelarse y sin la resistencia al calor, no podría quemarse. Como arcillas en los compuestos de esta investigación se usaron caolín y arcilla de bolas

- El fundente: Es el elemento químico que sirve como cohesivo de los componentes del cuerpo cerámico. Sin el fundente sería imposible generar formas y la arcilla quemada resultaría en polvo. En esta investigación utilizaremos el feldespato como fundente.
- El estructurante: El elemento estructurante forma una red estructurada que actúa como sostén de la forma, sin el estructurante las piezas cerámicas no podrían mantener su forma durante la cocción ni después de esta. El elemento estructurante de los compuestos de esta investigación será el sílice.

Es importante aclarar que existen arcillas naturales que ya tienen integrados estos tres componentes por lo que pueden ser utilizadas directamente.

1.1.2 Esmaltes cerámicos

Los esmaltes que sirven como recubrimiento son básicamente vidrio adherido al cuerpo cerámico (Zimbron, 2009). El esmaltado sobre las piezas cerámicas utiliza las propiedades viscosas del vidrio para formar una capa continua e impermeable sobre el cuerpo cerámico (Barry y Grant, 2013).

De acuerdo con Mendoza (2018: p. 555) al igual que el cuerpo cerámico, es una combinación de arcillas y materias primas minerales que funciona para lograr un recubrimiento impermeable sobre el cuerpo cerámico. Estos materiales son llevados a un punto de fusión para lograr un acabado vítreo y existen tres tipos diferentes: transparente, mate y opaco.

1.2 Antecedentes históricos de la cerámica

A pesar de haber generado el conocimiento para modelar a la arcilla, la creación de la cerámica no se daría sino hasta la presencia de dos factores importantes: los

inicios de la vida sedentaria, que se da con la invención del cultivo durante el período Neolítico; y la reproducción a voluntad del fuego (Cooper, 1987).

No se sabe cómo se descubrió que la arcilla seca sometida a una temperatura de aproximadamente 600 °C se volvía dura y no desintegrable por el agua. Según Cooper (1987) es probable que la idea se desarrolló durante un período considerable y existen dos teorías para explicarla:

1. Teoría de los hogares. Posiblemente, la más válida, nos dice que el fuego era una parte valiosa y vital de las primeras sociedades y culturas, proporcionando calor y luz; también se utilizaba para cocinar los alimentos. Era cuidadosamente vigilado y mantenido, se hacían agujeros en el suelo y estos muy bien pudieron haber sido recubiertos con arcilla. El fuego mantenido en tales hogares transformaría la arcilla en cerámica y cuando este se retiraba finalmente de ellos, habría quedado un recipiente rudimentario.
2. Teoría de los cestos. Estos habrían sido recubiertos con arcilla húmeda para hacerlos impermeables y, a su debido tiempo, cuando la arcilla se secaba y contraía, se formaba un recipiente sencillo que podía contener fuego. Tales cestos recubiertos de arcilla podían también quemarse en el fuego, con lo que quedaba un sencillo recipiente cocido. Esta teoría presupone la existencia de la cestería. Sin embargo, en algunas culturas primitivas la cestería existía sin la cerámica, pero en otras, la cerámica estaba presente sin la cestería.

En su lento desarrollo, la cerámica, posiblemente con más de 20,000 años de antigüedad, ha presentado un sinnúmero de avances significativos; Díaz y Álvarez (1982) en su libro “La cerámica colonial y contemporánea”, destacan de ellos, tres momentos fundamentales que revolucionaron la actividad de la cerámica:

1ª Revolución. Nacimiento de la cerámica (Asia - 6,500 o más a.C.). La constituye la aparición misma de la cerámica, y se da cuando el ser humano es capaz de buscar el endurecimiento de la arcilla por medio del fuego; siendo las fogatas, los primeros "hornos" que se usaron para este fin. Esta etapa está íntimamente ligada al hombre sedentario y agricultor que tuvo la necesidad de almacenar los productos cosechados. Este descubrimiento le permitió además una cocción de alimentos más accesible, pues eran preparados en vasijas que se podían colocar directamente al fuego, dándose como consecuencia un cambio radical en los hábitos alimenticios. Tanto la opción de almacenar como la de cocer alimentos le facilitaron al hombre la posibilidad de hacer cambios en su organización social y en sus condiciones de vida. Durante este período se desarrollaron también algunas técnicas para decorar las piezas cerámicas, como el uso de engobes u óxidos para colorear, el bruñido y el pastillaje.

2ª Revolución. Utilización de esmaltes (Asia - 3,000 a.C.). La segunda etapa se presenta cuando el hombre recubre las piezas con una mezcla de plomo y sílice —materiales muy fáciles de controlar y a los cuales agregaba óxidos para obtener coloraciones— esta mezcla al ser quemada forma una capa vítrea, haciendo a las piezas impermeables y dándoles además mayor dureza y resistencia a la utilización. Esta cerámica constituye lo que hoy conocemos como "cerámica de baja temperatura". En este período el hombre ya ha desarrollado un horno, el cual funcionaba con base en leña, permitiéndole alcanzar temperaturas entre 600 y 850 °C; cabe mencionar que hornos de este tipo continúan usándose hasta nuestros días. La aplicación de esmaltes exigió un mayor control de la temperatura y el mejoramiento de los procedimientos para la elaboración de piezas, ya que las cerámicas esmaltadas requieren preferentemente de dos quemas para obtener mejores resultados (una para cocer el cuerpo y otra para la capa de esmalte).

3ª Revolución. Cerámica de alta temperatura (Asia - aproximadamente 100 d.C.). La cerámica de alta temperatura se desarrolla en el Lejano Oriente (China,

Corea y Japón), apareciendo primero el gres o *stoneware* y posteriormente, hacia el siglo VII d.C., la porcelana. Para este período el hombre cuenta con una tecnología lo suficientemente avanzada que le permite manejar temperaturas superiores a los 1,200 °C, logrando con ello que las piezas elaboradas con pastas preparadas adecuadamente para soportar dichas temperaturas, vitrifiquen, convirtiéndose en materiales muy resistentes y completamente impermeables, aun sin estar vidriados. Los esmaltes utilizados están totalmente libres de sustancias tóxicas, y tanto la pasta como la cubierta vítrea, resisten el ataque de los ácidos más comunes.

4ª Revolución. Las nuevas cerámicas. En la actualidad estaríamos viviendo una cuarta revolución en la historia de la cerámica, que la ha llevado a tener aplicaciones en áreas sustancialmente diferentes a las tradicionalmente conocidas. La aparición de las llamadas cerámicas avanzadas o de alta tecnología se da en el siglo XX, las cuales están constituidas por materias primas totalmente diferentes a las usadas en las cerámicas tradicionales, resultado de una combinación de arcilla como componente principal con otros materiales minerales, y que son endurecidas desde los 850 °C, y hasta los 1,450 °C. En contraposición, los nuevos materiales prácticamente han excluido el uso de arcillas por otros minerales de extrema pureza (nitruros, carburos, carbonatos, etcétera), quemados a temperaturas que oscilan entre los 1600° - 2,800 °C, que les convierte en materiales muy duros, pues soportan condiciones extremas de corrosión y altas temperaturas; las cerámicas avanzadas han encontrado aplicación en las áreas de la electrónica, fundición y aeronáutica, entre muchas otras.

Tanto la cerámica como el diseño fueron evolucionando conjuntamente y en ocasiones el material delimitó el camino por el cual el diseño debía seguir. La necesidad de crear determinadas formas llevó a las distintas sociedades al mejoramiento de los materiales que la naturaleza le ofrecía; las arcillas fueron transformadas mediante la adición de otros materiales que le dieron una amplia gama de posibilidades de uso, este movimiento resultó en el oficio artesano-

ceramista. El diseño de objetos a través de la práctica artesanal permanecería durante un muy largo período y fue gracias a ella que surgieron, entre muchos otros materiales, la cerámica de alta temperatura y la porcelana en Asia; los lustres² y las cerámicas blancas al estaño en los países islámicos; además de que se perfeccionaron una gran cantidad de esmaltes que permitieron el empleo exhaustivo y específico de la cerámica. El desarrollo de la llamada pasta crema en Inglaterra, junto a la introducción de nuevas tecnologías y distintos métodos de trabajo, llevaría a la posterior industrialización de la cerámica en Staffordshire bajo la dirección de Josiah Wedgwood, hecho considerado por algunos especialistas como el primer gran paso de la Revolución Industrial. Basta decir que Wedgwood nació en 1730 y fue aprendiz de ceramista desde los 14 años. Asimismo, abrió su propia fábrica en 1759, uniendo a varios artesanos de la región, después de haber estado asociado con Thomas Whieldom con quien desarrollo importantes avances técnicos (Vázquez, 2001).

En 1919, bajo la dirección de Walter Gropius, nace la escuela de diseño Bauhaus en Weimar, en la cual le es dado el carácter de disciplina académica al diseño industrial. Para la escuela Bauhaus el trabajo con los materiales fue fundamental, por lo que la enseñanza de estos se impartió desde el Vorkurs, curso básico dirigido por el artista suizo Johannes Litten. "El fin principal de la didáctica de Litten era la captación de las propiedades de los materiales más diversos, comprender su naturaleza y estructura, la diferencia entre uno y otro, por lo tanto, la relación y las posibilidades de combinación de las formas. En consecuencia, se asignaba un amplio espacio a la manipulación de las diversas materias" (De Micheli, et al. 1971: 95).

1.3 Incorporación de la cerámica de alta temperatura en México

² La técnica de lustre se consigue añadiendo sales solubles de plata y cobre a un engobe de barro para después aplicar este "pigmento" a una pieza de cerámica de baja esmaltada y cocida, básicamente un esmalte de estaño. Entonces las piezas se volvían a cocer a una relativamente baja temperatura, entre 650-700 °C con múltiples ciclos.
<http://www.revistaceramica.com/detalle2.aspx?id=1610> consultado el 23 de agosto de 2023

En México, la alfarería ocupa un lugar primordial entre las artesanías. El barro fue utilizado desde épocas prehispánicas con maestría, belleza y reconocimiento por parte de las clases sociales altas. Podemos encontrar una variedad de piezas que muestran la destreza de los artesanos prehispánicos en diferentes museos de la nación, desde piezas utilitarias hasta ceremoniales e incluso joyería.

Existen sitios en donde las técnicas prehispánicas se siguen preservando, dado que son aquellos que no fueron de gran interés para los conquistadores, como Oaxaca o Chiapas. Las transformaciones se dieron mayormente en las áreas que se encontraban bajo el dominio español, en especial aquellas que coincidían con la ruta de la plata. Estados como Puebla, Guanajuato y Aguascalientes es donde se encontró mayor influencia europea. En estos puntos se adaptaron y enriquecieron las técnicas, convirtiéndose en parte del proceso de cambio de la artesanía, la cual ha ido evolucionando con el surgimiento de nuevas necesidades de la población (Espejel, 1977).

El desarrollo de la cerámica tradicional de alta temperatura en México ha sido modelado por empresas privadas y ceramistas nacionales que se dieron a la tarea de aprender de técnicas en el extranjero para después importarlas a un mercado nacional y desarrollar una mezcla entre la alfarería tradicional mexicana y la tecnología moderna en compuestos y esmaltes cerámicos de alta temperatura (Castillo, 2019).

Para Castillo (2019), algunos de los agentes de esta transición más importantes para la industria cerámica mexicana son los siguientes:

Como empresa, quizás el más importante de la historia moderna es Ánfora, creado a principios del siglo XX en México, mientras prevalecía un clima de inestabilidad política y económica, por efecto de la revolución social. PORCELANITE, es una empresa 100% mexicana que se dedica a la manufactura y comercialización de revestimientos cerámicos. Inicia labores en el año de 1959 en el Municipio de

Ecatepec, Estado de México. La empresa Internacional de Cerámica, mejor conocida como "Interceramic" comienza operaciones en mayo de 1979 en Chihuahua, México, introduciendo al mercado lo más nuevo en tecnología para la fabricación de pisos y azulejos de ese entonces. Santa Anita, formando parte del Grupo Industrial Saltillo, fue fundada en 1991, con el propósito principal de incursionar en el mercado de artículos para la mesa (Castillo, 2019).

El mismo autor (Castillo, 2019), explica la historia reciente de la cerámica tradicional en México y quiénes introdujeron la cerámica de alta temperatura al país alrededor de la década de los 50. Son los siguientes:

Hugo X. Velásquez nacido el 2 de abril de 1929 en la Ciudad de México. A principios de los años sesenta, fue uno de los primeros artistas que trabajó el *stoneware* — cerámica de alta temperatura— en nuestro país.

Jorge Wilmot, nació en Monterrey, Nuevo León, México en el año de 1928. En 1953 viaja a Europa, para estudiar en el Instituto francoitaliano de París, ahí trabajó con un reconocido ceramista del que aprendió la técnica de los mosaicos de Ravena. En 1958, se establece en Tonalá-Jalisco, lugar cuya tradición alfarera se remonta a tiempos prehispánicos, y se practicaba la antigua costumbre artesanal del barro bruñido.

Graciela Díaz de León, perteneció a la primera generación de ceramistas modernos mexicanos que, entre los años cincuenta y sesenta del siglo XX, se interesó por la cerámica como medio de creación. En el extranjero, adoptó la técnica de la cerámica de alta temperatura como vía de expresión y producción.

Alberto Díaz de Cossío Carbajal, nació en la Ciudad de México en el año de 1935, estudió en la Escuela de Artes Aplicadas de la Academia de San Carlos, y se especializó en Cerámica. Consiguió una beca para viajar por mes y medio a Estados Unidos, donde conoció la cerámica de alta temperatura. A su regreso a México, lo

primero que hizo fue buscar a quienes estuvieran haciendo este tipo de cerámica, se encontró con Hugo Velásquez, Jorge Wilmot y Graciela Díaz de León, todos ellos pioneros de la cerámica de alta temperatura en México.

Gustavo Pérez, nació en la Ciudad de México en 1950, inicialmente estudia ingeniería, matemáticas y filosofía en la UNAM. Descubre el barro en la Escuela de Diseño y Artesanías de la Ciudadela, donde estudia por dos años, posteriormente se convierte durante un año en maestro de la misma escuela. Más adelante, en 1980, Pérez obtuvo una beca por dos años para estudiar en Breda, Holanda, donde desarrolla su interés por trabajar con la cerámica de alta temperatura, definiendo cada vez más su estilo de ceramista creador de objetos de arte.

La mayoría de estos personajes se encuentran vigentes, participando en la actualidad de concursos de cerámica o como profesores en las universidades más importantes del país, siendo parte del eje principal alrededor del cual se desarrolla la industria en México.

Lo que demuestra esta investigación es que, si bien la cerámica tradicional es algo que las culturas prehispánicas desarrollaron desde sus inicios, la cerámica de alta temperatura es relativamente nueva y los primeros iniciadores de este movimiento tuvieron que viajar a diferentes países para después traer el conocimiento de esta nueva técnica a México e incorporarla a la industria y a la producción artística.

1.4 ¿Por qué cerámica de alta temperatura?

La cerámica de alta temperatura, conocida como gres o stoneware, se obtiene mediante una combinación de una alta proporción de arcilla junto con materiales fundentes y estructurales. Opcionalmente, se puede incorporar arena para darle textura. Gracias a su gran plasticidad, es posible moldearla a mano y también es ideal para su empleo en diversos procesos con moldes, como el vaciado, prensado y torneado (Britt, 2014).

El gres se caracteriza por ser un material compacto, típicamente de tonalidades claras que van desde grisáceas hasta tonos ocre, amarillentos e, en ocasiones, rojizos. Raramente se encuentra en color blanco y es menos translúcido que la porcelana. Este tipo de cerámica se cuece a temperaturas elevadas (alrededor de 1200 - 1300 °C), lo que resulta en una baja o prácticamente nula porosidad, mejorando su impermeabilidad al agua. Además, posee una resistencia y dureza considerables, capaz de resistir raspaduras incluso con una punta de acero. En general, su vitrificación suele ser parcial. Los esmaltes característicos del gres presentan una gran variedad de texturas (Mendoza, 2018).

Producir una cerámica de alta temperatura resulta en una mejora de calidad en los productos y también está relacionada directamente con la salud de los usuarios.

Viniegra y Escobar en 1966 realizaron un estudio con piezas cerámicas de diferentes estados de México y demostraron que “se hace evidente que todas las remesas de loza vidriada procedentes de los estados de Puebla, Oaxaca, Guanajuato, Jalisco y Chiapas solubilizaran plomo al ser tratadas con muestras ácidas, que fueron desde 440 hasta 237.60 microgramos” (Viniegra y Escobar, 1966). También mencionan que los esmaltes que utilizan en estas cerámicas, al quemarse en hornos de leña a una temperatura de 700 – 800 °C, considerado baja temperatura, el plomo no se desprende de la superficie de la cerámica.

Esto ha generado una preocupación global por el uso de estas cerámicas de baja temperatura que desprenden plomo, especialmente en EE. UU. En 1980, Spielholtz y Kaplan demostraron con un estudio sobre la cerámica en México que haciendo una cocción arriba de 1,150 °C, las piezas son seguras para el almacenamiento y preparación de alimentos, ya se demostró con difracción de rayos X que el plomo pasando esa temperatura permanece en forma de cristales (Spielholtz y Kaplan, 1980).

Lamentablemente, este sigue siendo un problema en la actualidad con la producción de cerámica tradicional de manera artesanal. A pesar de que existen iniciativas

gubernamentales para reducir el empleo de plomo en los esmaltes, aún se necesitan desarrollar alternativas que sean seguras para los usuarios y viables para los ceramistas.

1.5 Cuestiones ambientales de la producción de cerámica

Para llevar a cabo esta investigación, se examinaron escritores que señalan la transición de un enfoque centrado en el ser humano a una perspectiva ecológica. Este cambio se basa en la comprensión de la complejidad de los problemas globales, que están interrelacionados en el entorno en el que vivimos. Se adopta un enfoque holístico que incorpora diversas disciplinas, al mismo tiempo que enfatiza la importancia de los principios éticos y la responsabilidad personal en nuestras acciones.

1.5.1 La ciencia y los paradigmas

Los seres humanos en su historia reciente han creado sus avances tecnológicos a partir de la ciencia, regida bajo paradigmas que Thomas Kuhn (1968) define como logros científicos universalmente aceptados que marcan la pauta durante temporalidades de modelos y soluciones de problemas de la comunidad científica. Estos paradigmas se van modificando con posturas que se salen de la norma y retan las reglas establecidas, y basándose en avances científicos pasados, los científicos construyen conocimiento nuevo, replanteando las normas establecidas y generando nuevos paradigmas. (Kuhn, 1968)

Para que un nuevo planteamiento de normas pueda considerarse un paradigma, deben cumplir con dos condiciones, no tener algún precedente que tenga similitud con alguna de sus características, y que un grupo de profesionales lo adopten como su buena forma de trabajo para plantear nuevos problemas y soluciones (Kuhn, 1968)

Este desplazamiento de la comunidad científica ocurre de manera natural cuando un paradigma deja de funcionar para plantear esquemas de soluciones a cierto

problema y, por lo contrario, deja vacíos en el conocimiento, es entonces cuando se generan revoluciones en la ciencia donde los profesionales deben encontrar nuevas estructuras que les permitan descifrar estos nuevos retos (Kuhn, 1968). Este desarrollo de la ciencia se comporta como un nuevo par de lentes para entender la realidad, que viene a remplazar al anterior, que no solo ya no funcionaba como se esperaba, sino que también, no era suficiente para poder mirar los nuevos problemas a los que se enfrenta la comunidad científica.

Estos cambios de paradigma no solo influyen en la comunidad científica, también, tienen un fuerte impacto cultural y social. Capra (1998) plantea el paradigma social como: “una constelación de conceptos, valores, percepciones y prácticas compartidos por una comunidad, que confirman una particular visión de la realidad” que se convierte en el modelo en el cual esta comunidad se organiza. Es por esto importante entender los paradigmas actuales, ya que, no solamente influyen en el proceso y planteamiento de investigación, sino también, son parte fundamental de los sistemas sociales que rodean nuestro objeto de estudio, su organización y forma de entender el entorno, como mencionan Maturana y Varela (2003).

Concretamente, para este proceso de investigación, se planteará desde la perspectiva de la “Teoría General de Sistemas” planteada por Ludwing Von Bertalanffy, esta teoría dice que no se pueden describir fenómenos desde elementos aislados, sino, que una mejor manera de abordar estos fenómenos es desde las relaciones que estos elementos conforman. Esto busca crear una integración entre las ciencias sociales y naturales (Cathalifaud, *et al.* 1998). Para Capra (1998) esto constituye una nueva comprensión científica de la vida en todos los niveles de los sistemas vivos “Así se inicia el nuevo paradigma que tiene una perspectiva sistémica, donde todo está interconectado y es la nueva vía para la investigación en todos sus estratos” lo que genera un “pensamiento sistémico” con una perspectiva holística. Para este pensamiento sistémico, la vía para comprender lo que se analiza es observar las partes que conforman un todo y es a partir de ese todo que se tiene una organización y comprensión de sus componentes básicos.

Esta teoría surge para describir fenómenos desde su totalidad en contraparte al paradigma reduccionista que, por lo contrario, pretendía aislar cada elemento y reducirlo hasta lo mínimo para encontrar respuesta a sus planteamientos. Esta nueva visión permitirá entender de una mejor manera el tejido de estructuras que soportan la industria de la cerámica en México. Realizando un sistema de estudio que contemple a los productores de materiales cerámicos, yacimientos de los cuales se extraen estos materiales cerámicos, ejidatarios que los trabajan, productores de cerámica y la salud de los consumidores finales. Este desarrollo de conocimientos multidisciplinario nos conduce también a un progreso paralelo en donde diferentes campos del conocimiento se suman tejiendo redes (Capra, 1998).

Otra manera de comprender la postura sistémica es como lo plantea Rolf Behncke. Este menciona que las propiedades de los componentes sólo especifican el espacio que ocupan en un sistema, pero no nos cuentan nada sobre la organización del sistema y mucho menos de lo que sucede en su conjunto, es por eso que ciertas ciencias necesitan una perspectiva hólística (Maturana et al., 2003)

Sumado a esto, Capra (1998) también plantea la necesidad de abordar los temas medioambientales con un cambio de paradigma, de una visión antropocéntrica, es decir, basada completamente en las necesidades del ser humano a una ecológica, en la que se reconoce el valor de la vida no humana y se considera a todos los seres vivos como miembros de relaciones ecológicas vinculados por una red de interdependencias en el que los problemas y las soluciones deben ser globales.

Esta postura de anteponer las necesidades de la Tierra sobre las de nuestra especie resuena altamente con la teoría de Gaia, el cual cuestiona nuestro papel en el sistema en el que estamos inmersos. Lovelock (1997) menciona que pertenecemos a un sistema llamado Gaia, el cual se autorregula para generar la atmósfera y la química que resulten adecuados para la vida, sobre este sistema menciona lo siguiente: “Es la relación entre la delgada capa esférica de tierra y agua que existe entre el interior de la Tierra y la atmósfera, junto con el tejido interactivo de organismos que la habitan.” Al ser este un sistema tan intrincado y complejo no

puede ser manipulado de manera drástica y agresiva sin esperar consecuencias. Nuestra forma de actuar pensando en los seres humanos como forma superior de la naturaleza impacta en el equilibrio de dichos elementos y en la Tierra como sistema vivo, por tanto, para cambiar el enfoque de la explotación de recursos es necesario entender los ciclos de la Tierra y nuestro rol en ella. Pero también en el cómo nuestras acciones tienen impacto directo en el sistema, alterando el equilibrio idóneo, este equilibrio llegará con o sin nosotros, por eso es necesario cambiar nuestros hábitos de consumo y respetar el sistema. Nuestras emisiones de dióxido de carbono continúan aumentando y cruzamos un umbral en el cual irremediablemente, la Tierra está en un proceso de calentamiento.

Lovelock (2007) cree que como especie nos encontramos muy tarde para solucionar los problemas con el desarrollo sustentable, ya que este solo considera una pequeña modificación de la manera en la cual utilizamos los recursos, pero no implica un verdadero cambio en los procesos de producción ni de organización sociopolítica, lo que pareciera más bien un insuficiente esfuerzo para un problema tan grande y complejo como al que nos enfrentamos. Como respuesta, él propone un “retirada sustentable” que consiste en un cambio sistémico y cultural de manera global, y como eje de esta retirada es necesario cambiar nuestras fuentes de energía alejándonos de los combustibles fósiles.

Los cambios se deben hacer de manera sistemática, abordando temas sociales y culturales para analizar y modificar nuestras conductas de consumo y extracción de recursos del ambiente. El cuestionamiento es parte fundamental de nuestro proceso de cambio, la manera en la que nos hemos comportado como especie en el último siglo, es resultado de un proceso de globalización y como menciona Miriam Alfie (2005) de un fenómeno de mundialización también, estos conceptos son parte de la modernidad que provocó una serie de transformaciones que influenciaron el mundo contemporáneo.

La globalización es parte del desarrollo de los campos económicos, mientras que la mundialización involucra procesos socioculturales. Estos dos procesos en primera

instancia crean conexiones entre culturas, suavizando las fronteras, algo que en primera instancia pareciera un enriquecimiento de conocimientos. El problema está en que, al mirarlo de cerca, el aspecto económico genera grandes problemas, en especial para países poco desarrollados, ya que son incapaces de competir con los mercados de países poderosos, lo que implica una gran desventaja. Este mismo aspecto económico permea también lo cultural, porque los canales de comunicación generalmente son manejados por las economías más desarrolladas, lo que resulta en una mayor difusión para sus mensajes y la imposibilidad de que las sociedades menos desarrolladas puedan exponer de la misma manera su cultura, minimizando la importancia de sus necesidades, debido a que la audiencia se encuentra con las sociedades hegemónicas. Al restar importancia a estos problemas se genera un sesgo de información y no se les da el reconocimiento necesario, lo cual crea estragos en cuestiones económicas, ya que, la globalización se preocupa solo por la salud financiera de sus mercados y no parece tener interés en la tierra (Alfie, 2005).

1.5.2 Impactos ambientales generados en el proceso de producción de cerámica

Para entender los impactos de la producción de cerámica, es necesario hacer una breve descripción del proceso que utilizan los cerámistas.

A pesar de que existen varios tipos de hornos con diversas formas y tamaños para la fabricación de productos cerámicos, su cualidad de retención de calor es lo más importante para la eficacia al realizar una quema. El proceso general de fabricación es bastante similar en cuanto a que la mayoría de los tipos de cerámica fabricada requiere de dos quemas que van desde los 800 hasta los 2,000 °C.

Para generar una pieza cerámica las materias primas se mezclan, moldean, prensan o extruden hasta darles forma, dentro de estos procesos se añade agua a los compuestos cerámicos para lograr maleabilidad, y la cantidad de agua necesaria depende del tipo de técnica que se utilice para formar la pieza, por ejemplo, una pieza hecha en molde requiere mayor cantidad de agua que una hecha con construcción manual. Ese exceso de agua es necesario que se evapore

paulatinamente en secadores para que los productos se puedan colocar manualmente dentro del horno o en carros que se introducen en el horno para producciones grandes.

Durante la cocción se requiere un aumento controlado de la temperatura muy preciso para conseguir el tratamiento adecuado de los productos, es decir que, el tipo de quema lleva una curva exponencial en donde se calculan los grados centígrados en aumento por cada hora, esto para evitar el choque térmico de las piezas y garantizar el madurado de la cristalización de las arcillas, como ejemplo, una quema de 1,230 °C en un horno eléctrico dura aproximadamente 11 horas.

Después, es necesario un enfriamiento controlado, de manera que el material libere el calor gradualmente y preserve su estructura cerámica. Por último, se procede al correcto embalaje que asegure la integridad de las piezas y almacenamiento de los productos para su entrega.

La Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC) en 2006 publicó un BREF en donde habla sobre las mejores técnicas para la industria cerámica, en esta señala que en los procesos de producción existen puntos específicos que generan cuestiones ambientales clave, puesto que producen emisiones al aire, al agua y al suelo. El tipo y la cantidad de la contaminación del aire, los desechos y las aguas residuales están condicionadas por varios factores. Estos factores incluyen, por ejemplo, en esta situación, las materias primas empleadas, los productos químicos auxiliares utilizados, los tipos de combustibles empleados y los procesos de producción:

- Emisiones a la atmósfera: la fabricación de productos cerámicos puede dar lugar a emisiones de partículas/polvo, hollín, gases (óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, compuestos fluorados y clorados inorgánicos y metales pesados).
- Vertidos al agua: las aguas residuales del proceso de fabricación contienen principalmente elementos minerales (partículas insolubles) y también otro

material inorgánico, pequeñas cantidades de muchas especies orgánicas y algunos metales pesados.

- Pérdidas/residuos del proceso: las pérdidas del proceso de fabricación de productos cerámicos consisten sobre todo en diferentes tipos de lodos, piezas rotas, moldes de yeso usados, agentes de absorción y adsorción usados, residuos sólidos (polvo, cenizas) y residuos de envases.
- Consumo de energía/emisiones de CO₂: todos los sectores de la industria cerámica muestran un consumo intensivo de energía, ya que una parte fundamental del proceso es el secado seguido de la cocción a temperaturas comprendidas entre 800 y 2,000 °C.

En la actualidad, los combustibles que se utilizan principalmente para la cocción son el gas natural, el gas licuado de petróleo (propano y butano), mientras que otras opciones como generadoras de energía son: el petróleo pesado, el gas natural licuado, el biogás, la electricidad y los combustibles sólidos como el carbón.

La Comisión Europea (2007) menciona que el tratamiento de las arcillas y otras materias primas cerámicas conduce inevitablemente a la formación de polvo, especialmente en el caso de materiales secos. El proceso de secado, que incluye la atomización, así como la fragmentación o molienda, mezcla y transporte, puede dar lugar a la generación de partículas finas en forma de polvo. Además, del polvo que se forma durante las etapas de decoración, cocción, mecanizado y acabado de los productos cerámicos. Las emisiones de partículas en el aire no solo se originan a partir del uso de materias primas, como se mencionó anteriormente, sino que también están relacionadas con los tipos de combustibles empleados.

Los compuestos gaseosos liberados durante las etapas de secado y cocción provienen principalmente de las materias primas utilizadas en el proceso, si bien los combustibles también desempeñan un papel en la emisión de contaminantes gaseosos. Esto incluye especialmente dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO_x), fluoruro de hidrógeno (HF), ácido clorhídrico (HCl), compuestos orgánicos

volátiles (COV) y metales pesados. Las aguas residuales del proceso de fabricación se generan principalmente a través del lavado y suspensión de los materiales arcillosos en agua corriente durante la fabricación y la limpieza de los equipos. El agua que se agrega directamente a la mezcla de arcilla se evapora posteriormente en las etapas de secado y cocción. (Comisión Europea, 2007).

Los materiales perdidos durante el proceso de fabricación pueden reciclarse y reutilizarse a menudo dentro de la instalación, de acuerdo con las especificaciones de los productos o los requisitos del proceso. Los materiales no reciclables pueden utilizarse en otras industrias o entregarse a gestores externos para su reciclado o su eliminación (Comisión Europea, 2007).

En la industria cerámica la energía se emplea principalmente para la cocción en el horno. El agua se usa en casi todos los procesos cerámicos, y es necesario que sea de una buena calidad para la preparación de arcillas, barbotinas³ y masas de arcilla para extrusión. La industria cerámica utiliza una gran variedad de materias primas, donde se destacan los materiales primarios para la creación de los compuestos cerámicos. Asimismo, emplea diversos aditivos, ligantes y materiales decorativos aplicados en la superficie, aunque en proporciones menores.

Entre las cuestiones importantes mencionadas por la IPPC (2006) en la industria cerámica, figuran las emisiones al aire y al agua, la eficiencia energética, la utilización de materias primas y agua, la minimización, recuperación y reciclado de las pérdidas/residuos y aguas residuales de los procesos y los sistemas de gestión eficaces. Esas cuestiones se abordan por medio de un abanico de técnicas, integradas en los procesos o de final de línea, teniendo en cuenta su aplicabilidad en cada uno de los nueve sectores cerámicos.

³ La barbotina cerámica es una suspensión acuosa que se obtiene al mezclar agua, arcillas plásticas y otras materias primas de la formulación de la pasta cerámica.
<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/barbotina-ceramica-problemas-soluciones/> consultado el 20 de mayo de 2023

Para esto, la IPPC (2006) presenta técnicas para la prevención y el control integrados de la contaminación dentro de los siete apartados siguientes:

Reducción del consumo de energía (eficiencia energética), el tipo de fuente de energía, la técnica de cocción y el método de conservación del calor es fundamental para el diseño del horno. Estos elementos desempeñan un papel fundamental en la determinación del impacto ambiental y la eficacia energética de los procesos de manufactura. Las principales estrategias para disminuir el consumo de energía incluyen:

- Mejora del diseño de hornos y secadores
- Recuperación del excedente de calor de los hornos
- Cogeneración de energía
- Substitución del petróleo pesado y los combustibles sólidos por combustibles de baja emisión
- Modificación de los cuerpos cerámicos.

Para evitar las emisiones difusas y canalizadas de polvo, se describen las siguientes medidas y técnicas:

- Medidas para operaciones que generen polvo
- Medidas para las zonas de almacenamiento a granel
- Sistemas de separación/filtros.

Para evitar las emisiones de contaminantes atmosféricos gaseosos, se consideran las siguientes medidas:

- Reducción de la entrada de precursores de contaminantes
- Adición de aditivos ricos en calcio
- Optimización de los procesos
- Plantas de adsorción y absorción
- Poscombustión.

En cuanto a la reducción de los desperdicios y residuos generados durante la fabricación de productos cerámicos, así como la gestión de los residuos sólidos, se presentan soluciones y objetivos que involucran técnicas de optimización del proceso, reciclaje y reutilización (IPPC, 2006).

En la producción realizada en esta investigación se enfoca principalmente en la modificación de los cuerpos cerámicos y la optimización de los procesos para reducir los impactos ambientales.

Capítulo 2. El caolín y su extracción en México

2.1 ¿Qué es el caolín?

El caolín es una arcilla constituida fundamentalmente por caolinita pura, que es un silicato de aluminio hidratado natural formado hace millones de años por la descomposición hidrotérmica de roca granítica $AlSi_2O_5(OH)_4$, en su estado natural tiene un color similar al blanco y que puede ser utilizada en la cerámica, papel, caucho, pinturas, plásticos, etc. (Murray, 1984). Esto quiere decir que son arcillas de aluminosilicatos, compuestos por alúmina (Al_2O_3) y sílice (SiO_2) y son formados por la descomposición ígnea, y según Hamilton (1989) no tienen una fórmula determinada y todos contienen una gran cantidad de minerales arcillosos. Este tipo de arcillas son usadas para la fabricación de cerámica y algunas veces se emplean sin purificación química.

El nombre caolín proviene del término Chino “*kao – liang*” que significa “cima de la montaña” que es de donde son extraídos. Los caolines también son llamados “arcillas magras” porque tienen baja plasticidad, ya que su granulación es muy grande y su capacidad de absorción de agua es limitada. Los caolines son arcillas de calcinación blanca y alta refractariedad (1,750 – 1770 °C). El uso de caolines para la producción de cerámica tradicional es recomendable, siempre que no rebaje el 30% del compuesto porque decrece la plasticidad considerablemente (Zimbron, 2009).

Existen varios criterios para clasificar a los diferentes tipos de arcillas, estos pueden ser por su origen geológico, por su composición, por sus propiedades (color, plasticidad, punto de fusión, etcétera) o bien de acuerdo con su uso. Por las características los caolines la que más nos interesa es por su origen geológico. Iglesias (2006) las clasifica en:

A) Arcillas primarias o residuales. Formadas en el mismo sitio de origen de la roca madre, ya sea a nivel superficial o en la profundidad. Por lo general solamente los caolines pertenecen a este grupo, de ahí que la mayoría de estas arcillas estén compuestas por caolinita y no contengan otro mineral arcilloso. En esta clasificación se encuentran los caolines.

a1) Meteórico: alterado por la acción de aguas meteóricas descendentes o freáticas de baja temperatura.

a2) Hidrotermal: alterados por el efecto de aguas calientes ascendentes.

B) Secundarios o sedimentarios: son aquellos dónde el caolín ha sido transportado y depositado por procesos sedimentarios o bien sedimentos que han sido alterados a caolinita.

Un ejemplo de estas arcillas secundarias son las “Arcillas de bolas” que también son utilizadas en la formulación de compuestos cerámicos y que a diferencia del caolín poseen mucha plasticidad debido a que su granulación es fina y capacidad de absorción del agua es elevada. Otra diferencia marcada con el caolín es que estas arcillas fueron desplazadas por la erosión y como resultado recogen impurezas orgánicas e inorgánicas que alteran su composición y color (Zimbron, 2009).

2.2 Extracción de caolín

Como menciona Lago (2014) actualmente las explotaciones mineras de caolines son realizadas con métodos diferentes a los utilizados a mediados de 1940 en los comienzos de esta actividad. Los cambios más trascendentes tienen que ver con los estudios geológicos de los yacimientos, incorporación de maquinaria pesada y explosivos que permiten ejecutar la labor de manera más segura, eficiente y sustentable, como el relleno de las zonas minadas, que se describe más adelante.

Villanueva (2007) nos dice que es necesario hacer trabajos de investigación geológica y explotación minera para llevar los minerales industriales de los yacimientos hasta la industria en donde se van a emplear. Un yacimiento es un cuerpo geológico constituido por una mineralización cuya explotación es económicamente rentable, las variables que intervienen son: el precio del mineral, la cantidad y la calidad del mismo. El costo del transporte de minerales del yacimiento hasta los centros de consumo llega a ser determinante para la viabilidad económica del yacimiento.

2.2.1 Métodos de explotación de yacimientos

Los bancos de caolín se encuentran a poca profundidad de la superficie y su explotación se realiza en obras a cielo abierto y en forma de socavones irregulares, siguiendo el rastro de los bancos con mejor calidad, lo que resulta en una actividad riesgosa e improvisada en su mayoría. Este proceso de extracción se hace de manera rudimentaria, utilizando herramientas manuales como picos y palas, el traslado del material se hace con carretillas hasta tolvas improvisadas. Desde allí se carga el mineral en camiones con una capacidad de hasta 10 toneladas (García, 2004).

Lago (2014) menciona que en la actualidad los procesos industriales cerámicos son cada vez más específicos, por lo tanto, exigen una alta consistencia en las

propiedades fisicoquímicas de las materias primas utilizadas. Por lo que obliga a los productores mineros a controlar las calidades desde el origen, es decir, desde las primeras etapas de exploración de los yacimientos. Estas nuevas expectativas de calidad orillan a la industria minera a mejorar la búsqueda de depósitos y el diseño de mejores procesos para la evaluación y producción capaces de resultar en una materia prima mineral que satisfaga esos requerimientos.

Para lograr esto primero es necesario cuantificar el volumen con un mapeo geológico a la escala apropiada para obtener un detalle de los tipos de roca que se presentan, extensión, relaciones, espesor y grado de alteración. Después se determinan las características de mineralogía, composición química y características físicas del mineral (Lago, 2014).

Lago (2014) hace énfasis en la existencia de métodos modernos con el fin de obtener el máximo beneficio del recurso y garantizar un uso eficiente del material presente en el yacimiento, y al mismo tiempo generar un menor impacto ambiental a largo plazo. El método de explotación consiste en remover el material que cubre el yacimiento para ubicarlo en un lugar transitorio, extraer la arcilla y después recolocar el material removido. Estos involucran nuevos procedimientos para mejorar el rendimiento de los yacimientos:

- 1) Utilización de explosivos modernos, los cuales son muy seguros y permiten realizar una explosión controlada y eficaz.
- 2) La incorporación de maquinaria pesada como topadores, retroexcavadoras, camiones de carga, motoniveladoras, entre otros; es utilizada para el movimiento de material, lo que ayuda al aprovechamiento del material, ya que se pueden llevar a cabo mezclas o remover las partes estériles en zonas donde no afecten, entre otras tareas.
- 3) Los conocimientos de la formación de yacimientos ayudan a los geólogos a efectuar sondeos exploratorios.

- 4) También se ejecutan trabajos de perforación como base para planificar las explotaciones.

2.2.1 Impactos ambientales de la minería de arcillas

La actividad minera es un fuerte instrumento de degradación ambiental, especialmente cuando se practica de manera desordenada e irregular (Mechi y Sanches, 2010). En este sentido, las industrias ceramistas han estado generando un proceso de degradación ambiental en las áreas de extracción de arcilla, que sirve como materia prima básica para estas empresas.

La extracción de arcilla en terreno plano aluvial es una de las formas más impactantes de minería, ya que se lleva a cabo al aire libre y en áreas cercanas a los recursos hídricos. Se sabe que actualmente existe una gran preocupación por las cuestiones relacionadas con la degradación del medio ambiente causada por las actividades del mundo capitalista, especialmente la de origen industrial. Los puntos donde realiza la explotación de este recurso, generalmente son terrenos bajos, en aluviales y en forma de valle, siempre asociados a un curso de agua como río, laguna o arroyo, que causa impactos en estos recursos más allá del suelo, relieve, aire, así como impactos visuales negativos por la pérdida de la capa vegetal y la topografía natural del paisaje local (Mechi y Sanches, 2010).

Es necesario identificar las áreas afectadas por la actividad minera, en el caso concreto, la extracción de arcilla debido a las actividades productivas de las industrias cerámicas. La actividad extractiva de arcilla ha degradado extensa e intensamente las zonas de actividad agrícola y ganadera.

Estudiar los impactos ambientales es principalmente evaluar las consecuencias de algunas acciones, de manera que pueda haber la prevención de la calidad de un contexto determinado que pueda sufrir la ejecución de proyectos o acciones.

“Para la Economía Ambiental, la *calidad ambiental* se considera como un bien que proporciona utilidad a los individuos y, por lo tanto, se trata como los otros activos de la economía”, (Sousa, 2000: p. 15). Se sabe que para que la sociedad humana

sobreviva es necesario utilizar los recursos naturales, así que aquí está la cuestión de si los recursos naturales son tratados como esenciales para la supervivencia humana. Lo que hace necesario conciliar con la naturaleza, la sostenibilidad de los proyectos de recuperación de áreas degradadas por las actividades extractivas de arcilla con responsabilidad ambiental, basada en la legalidad y en la realización de licencias ambientales para llevar a cabo dicha actividad.

La extracción de minerales, y específicamente la arcilla, es una actividad ampliamente desarrollada en Guanajuato y el municipio de Comonfort, por lo que la presencia de industrias de cerámica ha crecido considerablemente. Por otro lado, el medio ambiente sufre algunos impactos con esta dinámica productiva, y son necesarias medidas para mejorar la calidad de vida de la población y la degradación ambiental en el municipio. Para ello es importante llevar a cabo estudios relacionados con los diversos problemas ambientales y las consecuencias de las actividades industriales locales. En este sentido, es fundamental la regulación en cuanto a políticas públicas de esta actividad que considere y apoye la minería artesanal, designando recursos e información a los mineros de arcillas para mejorar sus condiciones de trabajo, y al mismo tiempo ofrecer mayores oportunidades de comercialización, permitiéndoles acceder a una vida digna y próspera.

Para Jacobi (2005), reflexionar sobre la complejidad ambiental abre una oportunidad estimulante para entender la gestación de los nuevos agentes sociales que se movilizan por la apropiación de la naturaleza, para un proceso educativo articulado y comprometido con la sostenibilidad y la participación, basado en una lógica que privilegie el diálogo y la interdependencia de diferentes áreas del conocimiento. Para esto, la educación ambiental y el proceso de sensibilización de la población sobre la necesidad de cuidar el medio ambiente, de modo que preste apoyo a las poblaciones, son urgentes. Una sociedad educada es capaz de decidir, planificar y ser consciente de las consecuencias de sus acciones en el medio ambiente.

Un ejemplo de las consecuencias de la minería de arcillas, entre ellas el caolín, es que, debido a la eliminación de la vegetación para el proceso de excavación y eliminación de arcilla, parte del suelo local está desprotegido, causando procesos de compactación en ciertas situaciones y lixiviación⁴ por otro. “La lixiviación del suelo es un proceso erosivo causado por el lavado de la capa superficial por el flujo de agua superficial” (Ribeiro, 2020).

Ribeiro (2020) también menciona que una vez que el suelo lixiviado se vuelve inadecuado para la agricultura debido a que la tierra que se utiliza para la extracción de arcilla termina siendo abandonada por los propietarios, que sobreviven de la agricultura de subsistencia. Por otra parte, el lugar donde se lleva a cabo la extracción de arcilla, hay enormes cráteres al aire libre, que no pasan por un proceso de recuperación. Estos cráteres deben estar cubiertos por relaves, una capa superficial de suelo con materia orgánica que se retira del sitio y no sirve para la construcción de piezas de cerámica para la construcción civil. El resultado es que estos cráteres se inundan de agua de lluvia, y en ese momento, esta agua no es buena para la comunidad, porque está fangosa, no apta para el consumo.

Así mismo, Ribeiro (2020) también explica que el proceso de exploración de arcilla en los sitios de extracción se realiza de forma totalmente irregular, ya que no obedece la distancia normativa hacia los lechos del río, haciendo que las laderas se derrumben, resultando en la acumulación de sedimentos, y la tala del bosque, contribuyendo a que estos recursos hídricos disminuyan. Al extraer arcilla, las industrias de cerámica lanzan los relaves, es decir, la parte superficial del suelo que se retira, en el lecho del río. Donde se lleva la arcilla es un cráter sin ninguna protección vegetal anterior, haciendo que la zona se vuelva inhóspita para el desarrollo de la vegetación. Los relaves son arrojados al río y cuando la inundación llega en la temporada de lluvias es arrastrado por la corriente del agua,

⁴ Se denomina lixiviado al líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido. El lixiviado generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Lixiviado> consultado el 26 de julio del 2023

contribuyendo a la sedimentación de estas y las lagunas. El impacto ambiental es visible, un entorno completamente degradado, sin ningún cuidado.

Por otro lado, para Almeida (2020), la extracción de arcilla se considera una actividad rentable que genera ingresos. Pero el proceso de extracción se realiza sin preocupación por la recuperación de las áreas de las que se retira el material de arcilla. En este sentido, el proceso de explotación de este recurso causa una serie de impactos ambientales.

Entre estos impactos hay uno positivo, que es la generación de ingresos para las comunidades mineras. Mientras que los impactos negativos causan repercusiones socioeconómicas en otro tipo de actividades como la agricultura, ya que comprometen el desempeño en las áreas en las que efectúan dicha actividad extractiva (Almeida, 2020).

Por lo tanto, con todos los impactos negativos causados por la extracción de arcilla por parte de las industrias alfareras, es indispensable la implementación de educación ambiental en las escuelas de los municipios y en otros segmentos de la sociedad, con el fin de sensibilizar, movilizar y consecuentemente causar cambios, especialmente en lo que respecta a la recuperación de áreas degradadas. Existen posibilidades de motivar a las personas a transformar la realidad local en defensa de la calidad de vida, el medio ambiente con vistas a la ciudadanía y transformación tanto social como ambiental, así como económica, a través de acciones sostenibles (Ribeira, 2020).

Para Olga Mejía (2019) Directora del Comité Cerámico de la Asociación Nacional de Empresarios (ANDI) en Colombia, existen ejemplos de minas donde la industria cuida el tratamiento de los terrenos posteriores a la extracción de arcillas, la industria cerámica colombiana viene desarrollando una labor en el cuidado del medio ambiente evitando el uso de químicos contaminantes en su proceso de extracción y preservando, al mismo tiempo, el uso de los suelos. El suelo donde se

desarrolla la actividad no pierde su fertilidad, quedando apto para el desarrollo de proyectos de cultivo, o siembra de árboles.

“El impacto paisajístico de este tipo de minería no es muy fuerte dado que el terreno intervenido no abarca grandes áreas y las empresas involucradas en la extracción hacen un manejo de restauración y conservación simultáneo a la tarea de explotación, esta es la principal razón por la cual hablamos de una minería bien hecha y responsable con el medio ambiente” (Mejía, 2019).

Dentro de este proceso de explotación del mineral, restauración y recuperación del terreno se emplea mano de obra local directa e indirecta. Mejía (2019) comenta que:

“Se calcula que por cada empleo directo en la industria cerámica se crean entre cinco y siete empleos indirectos, que se pueden ver reflejados en sectores como transporte, tanto de las arcillas al centro de producción como del producto terminado a los canales de distribución; y un sinnúmero de actividades industriales y de servicios que son tocadas por lo que genera la industria” (Mejía, 2019).

En México la fuerza laboral de Trabajadores en la Extracción de Cantera, Arcilla, Arena, Piedra y Grava (TECAAPyG) durante el segundo trimestre de 2023 fue de 32,600 personas, cuyo salario promedió los \$7,470 MX trabajando alrededor de 50.2 horas semanales. La edad promedio de TECAAPyG fue de 41.2 años. La fuerza laboral se distribuyó en 99% hombres con un salario promedio de \$7,400 MX y, 0.97% mujeres con salario promedio de \$15,000 MX (Secretaría de Economía, 2023).

Ayala y Pinzón (2001) explican de una manera más detallada los peligros y las consecuencias del crecimiento desordenado de los ejidos y empresas pequeñas en Colombia pero que tiene un gran paralelismo con lo que ocurre en México, ya que no se observan parámetros básicos de líneas de producción ni de distribución en

planta; simplemente, aprovechan cualquier espacio disponible para ubicar la maquinaria, el producto en proceso o el producto terminado, generando obstrucciones en los pasillos, pasos peligrosos para los operarios. Mientras que, en las empresas grandes, se observan la organización y planeación anterior al montaje de las mismas, manteniendo parámetros fijos de distribución y prevención. En las pequeñas industrias los operarios son sometidos a altas temperaturas; debido al tipo de contrato no cuentan con cascos, tapabocas, botas, orejeras o guantes como dotación de seguridad industrial. También resaltando que la presencia de equipos contra incendios es relativamente baja. Durante la preparación de la arcilla, los operarios se ven sometidos a altos niveles de ruido debido al funcionamiento de los molinos, tamices y mezcladoras.

En el proceso de explotación del recurso arcilloso se presentan problemas de erosión, por la acción de las lluvias, generando fenómenos tales como, erosión de los niveles arcillosos, lo cual degenera en la carga de sedimentos en los cuerpos de agua con la consiguiente afectación de las redes de drenaje de la ciudad por taponamiento. En muy pocas instalaciones se cuenta con lugares apropiados para el almacenamiento del material fragmentado y de tercera, formando con el tiempo montañas de escombros que afectan el componente paisajístico del sistema ambiental y un riesgo de deslizamiento por las condiciones improvisadas de su disposición (Ayala y Pinzón, 2001).

Así mismo, Ayala y Pinzón (2001) consideran que es necesario generar una guía ambiental con la que el usuario estará en la capacidad de dar solución a cada uno de los impactos generados en el proceso de elaboración de productos cerámicos, mejorando las condiciones ambientales y socioeconómicas de la industria. Según su investigación realizada para el desarrollo de esta guía, se encontró que los componentes más afectados en su orden de importancia son:

- Componente Atmosférico
- Componente Litosférico

- Componente Hídrico
- Componente Paisajístico
- Componente Socioeconómico

2.2.2 Consideraciones para la minería de arcillas

En Argentina, Juan Lago (2014) creó una metodología para evaluación ambiental de explotaciones mineras de caolines y arcillas, en la que explica que la minería es la actividad productiva primaria para la obtención selectiva de minerales y otros materiales de la corteza terrestre y existen varios tipos de minería dependiendo de la ubicación del mineral y el modo de extracción empleado para obtenerlo: minas de superficie o a suelo abierto, subterráneas, de pozos de perforación y por dragado.

Los recursos minerales se consideran, no renovables, debido a que los ciclos geológicos que los forman tardan millones de años. Los minerales son compuestos naturales y constituyen el 98% del peso total de la corteza terrestre. Se conocen más de siete mil tipos de minerales que se clasifican en tres grupos principales:

- Metálicos: oro, plata, hierro, titanio, aluminio, zinc, plomo, magnesio, uranio, mercurio, etc.
- No metálicos: azufre, potasio, sal, arena, arcillas, cuarzos, feldespatos, perlita, gravas, etc.
- Combustibles: Carbón, petróleo, gas natural, etc.

Los “minerales industriales” como lo dice son materia prima para industrias y son la base de innumerables productos de consumo cotidiano, un ejemplo de esto son los caolines, incorporados entre otros en productos cerámicos como las vajillas blancas, revestimientos, sanitarios, vidrios, pero también en cosméticos, pastas dentales, cauchos, plásticos, entre otros productos.

Para Lago (2014) actualmente las explotaciones mineras de caolines son realizadas con métodos diferentes a los utilizados a mediados de 1940 en los comienzos de esta actividad. Los cambios más trascendentes tienen que ver con los estudios geológicos de los yacimientos, además de la incorporación de maquinaria pesada y explosivos que permiten llevar a cabo la labor de manera más segura, eficiente y sustentable.

Villanueva (2007) menciona que es necesario realizar trabajos de investigación geológica y explotación minera para llevar los minerales industriales de los yacimientos hasta la industria en donde se van a utilizar. Un yacimiento es un cuerpo geológico constituido por una mineralización cuya explotación es económicamente rentable, las variables que intervienen son: el precio del mineral, la cantidad y la calidad del mismo. El costo del transporte de minerales del yacimiento hasta los centros de consumo llega a ser determinante para la viabilidad económica del yacimiento.

2.3 Yacimientos de caolín en México y su producción

Como plantea Huffman (2014) es necesario expandir la oferta de los servicios tecnológicos, lo que permite a los investigadores tener un aprendizaje completo más allá de la teoría, con estrategias enfocadas a la práctica, que en este caso se enfoca hacia la producción de cerámica tradicional en México en su contexto cultural y social, sobre todo, es necesario crear estrategias que ayuden a la extracción de recursos y que sean responsables con el ecosistema.

El estado actual de minería de arcillas es parte del extractivismo que sucede en México y Latinoamérica, que se refiere a la extracción intensiva de recursos mineros resultando en un problema socioambiental, estos recursos generalmente son vendidos en el mercado internacional. Esta práctica deja el entorno natural severamente desgastado y también tiene un impacto en las poblaciones aledañas, ralentizando su desarrollo, un problema paralelo son las malas condiciones en las

minas debido a la falta de conocimiento y tecnología en la explotación de los materiales, deja a las comunidades en clara desventaja ante la maquinaria corporativa de las grandes empresas que generalmente monopolizan la producción y por ende, son los mayores beneficiados por esta práctica. Esto, a su vez, tiene implicaciones directas para la salud de las poblaciones que trabajan estas minas, como los accidentes mineros, los derrumbes, o a la contaminación de cuerpos de agua (Ayala y Pinzón, 2001; Azamar, 2018; Almeida, 2020).

La industria del caolín en México tiene amplias posibilidades de un mayor desarrollo y aprovechar la demanda existente. Entre las acciones que tendrían que emprenderse para hacer esto posible se destacan:

a) La realización de un inventario del mineral, lo cual permitiría consolidar la oferta hacia las industrias.

b) La modernización de la cadena productiva, lo que garantizaría la elevación de la producción al nivel que requiere la demanda.

De acuerdo con la Subsecretaría de Minería (2017) los principales estados productores de caolín en México son: Chihuahua 92.2%, Michoacán 3%, Veracruz 2.6% y Guanajuato 1.7%. El caolín es utilizado para diferentes industrias, principalmente las del cemento, pintura, papel, hule y la cerámica, siendo la última una de las más exigentes en cuanto a las especificaciones del material, ya que el principal problema es el óxido de hierro, debido a que le agrega color al caolín afectando su utilidad (Saikia, 2003: 93), pero un contenido alto en titanio también es perjudicial para la producción de cerámica, así como el tamaño de partícula.

Los yacimientos de caolín en México tienden a ser heterogéneos, la mayoría de ellos presentando diversas calidades, sumado a la poca información de los ejidatarios sobre su yacimiento, ya que aprenden sobre la minería de manera empírica con métodos y equipo rudimentario. Generalmente, los ejidatarios son campesinos con limitados recursos económicos y educación básica. Tienen un conocimiento limitado sobre sus yacimientos, carecen de los fondos necesarios para

inversiones y no cuentan con una gestión organizativa eficaz. Además, no tienen acceso constante a la asesoría de geólogos o expertos en minería para apoyar el desarrollo de sus proyectos (Subsecretaría de Minería, 2017).

2.4 Yacimiento de caolín en Comonfort, Guanajuato.

El municipio de Comonfort tiene una extensión territorial de 479.023 Km², lo que equivale al 1.57 % de la superficie del Estado de Guanajuato, se localiza en la porción centro oriental del estado, colindando al norte y al oriente con el municipio San Miguel Allende, al sur con los municipios Apaseo el Alto, Apaseo el Grande y Celaya y, al poniente, con el municipio Santa Cruz de Juventino Rosas. La ciudad de Comonfort, cabecera municipal, está situada a los 20°43'15" de latitud norte y a los 100°45'51" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, tomando como base la parroquia de la ciudad, con una altitud de 1,795 m.s.n.m. Este municipio se encuentra dentro de la denominada "Faja Ignimbrítica Mexicana" en su límite con la provincia de la "Faja Volcánica Transmexicana" (Ortega, 1991).

"Su temperatura va de los 12 a los 20 °C, con un rango de precipitación de 600-900 mm, lo que genera un clima cálido sub húmedo con lluvias en verano de menor humedad (40.19%). En su geología presenta tipos de roca Ígnea extrusiva: andesita (25.96%), riolita-toba ácida (20.36%), basalto (10.49%) y toba ácida (4.19%) Sedimentaria: caliza-lutita (9.02%), arenisca (6.74%) y arenisca-conglomerado (3.57%) Metamórfica: esquisto (1.42%) Suelo: aluvial (15.65%). Presenta principalmente una vegetación compuesta por pastizal, que representa el 24.37%, seguido de zona selvática con un 19% y zonas boscosas con un 12.57%" (INEGI, 2010)

Este municipio tiene un buen potencial en cuanto a la existencia de yacimientos de minerales no metálicos, principalmente el caolín y algunos materiales pétreos y rocas. Este tipo de minerales, son abundantes en el municipio Comonfort, y se encuentran en las comunidades Delgado de Arriba y Delgado de Abajo, a 14.5 Km al poniente de la ciudad de Comonfort y a 6.5 Km al poniente norponiente del

Poblado de Neutla. En las zonas de dichas comunidades, existen decenas de minas caoliníferas, unas en operación y otras abandonadas (Dirección de minas de Guanajuato, 2002).

En el área Delgados, en donde se encuentran más de 15 minas de caolín y tres minas de cuarzo, es considerada como la zona con mayor probabilidad de generar rendimiento económico. El caolín ahí extraído se emplea en la fabricación de cemento blanco, cemento portland, pasta para cerámica, piso cerámico, fertilizantes, papel, plástico, pintura vinílica y los de mayor pureza, en cosméticos y productos farmacéuticos. El cuarzo extraído de esa área se utiliza para la elaboración de bolas y láminas de molino para caolines. El caolín de estas minas es de diferentes calidades, dependiendo de la alteración local que se tenga, como silicificación y hematización; es por esto, que a pesar de que las minas se encuentren en la misma zona, no todas ellas tienen el mismo potencial productivo (Dirección de minas de Guanajuato, 2002).

Existen antecedentes de estudios sobre los caolines de Comonfort, la investigadora Ramos et al., (2002) de la Universidad de Guanajuato, realizó un estudio en donde se analizan los componentes químicos de caolines encontrados en bancos de arcillas en el estado de Guanajuato, México. Entre sus conclusiones muestra en una tabla del contenido químico de los caolines dividido por regiones del municipio de Comonfort, en los cuales podemos observar valores similares a los del caolín EPK —de la marca Edgar Minerals—, sin embargo, no todos serían viables para la producción de cerámica tradicional, ya que algunos índices señalan valores en elementos químicos que son elevados como en el caso del óxido de hierro que afectaría el color final de la pieza; o la relación entre sílice y la alúmina que alteraría directamente el punto de sinterización y de equilibrio entre los elementos del compuesto cerámico.

Dentro de la investigación de la Dra. Ramos (2002) se encontraron caolines con gran potencial para la producción de cerámica en el municipio de Comonfort en donde se hizo un muestreo de dos zonas, el análisis químico de estos caolines nos

muestra una mayor similitud con el caolín EPK, pero con diferencias en algunos porcentajes como la sílice en una concentración menor, estas características hacen de estos caolines candidatos para la formulación de compuestos cerámicos.

Tabla 1 Análisis químico de caolines encontrados en Comonfort

Componente	Porcentaje		
	EPK	COM A	COM B
SiO ₂	45.73	60.0	48.0
Al ₂ O ₃	37.36	29.5	38.0
CaO	0.18	0.3	0.3
MgO	0.098	0.3	0.5
Na ₂ O	0.059	0.1	0.1
K ₂ O	0.79	0.2	0.2
Fe ₂ O ₃	0.33	-	0.1

Fuente: (Ramos et al., 2002)

Para esta investigación se realizó una recolección de caolines de Neutla en el municipio de Comonfort, Guanajuato, aproximadamente a cuatro horas de la ciudad de México. La comunidad se llama Delgado de abajo, y hace más de 100 años se han dedicado a la minería de caolín, pero en los últimos 30 años ha tenido una baja considerable esta actividad, obligando a los jóvenes a emigrar, principalmente a EE.UU.

2.4.1 Visita a Comonfort

El jueves 8 de diciembre de 2022 me dirigí, a las minas de Comonfort para hacer una visita de campo con entrevistas, documentación fotográfica y recolección de muestras de caolín. Para llegar a la comunidad de Neutla, es necesario pasar por el pueblo de Comonfort, que se encuentra catalogado como Pueblo Mágico, 40 minutos más tarde después de haber pasado por el lago de Neutla se encuentran

las primeras casas de Delgado de abajo. Esta entrevista se encuentra completa en el Anexo 1 de este documento.

La recopilación de materiales y el archivo fotográfico se realizó en la mina “El Caracol” que se encuentra dentro del inventario de minas con mayor potencial de la zona (Dirección de minas de Guanajuato, 2002). Está dirigida por el Sr. Ignacio Meléndez, quien junto a su hijo Joel Meléndez y tres trabajadores más.

En la entrevista que hice con el Sr. Ignacio Meléndez, me comentó que ellos eran los únicos trabajadores de la mina en ese momento, pero hace años en la mina había unos 500 o 600 trabajadores que se mantenían de ella. Anteriormente, el modo de extracción de caolín de estas minas era en forma de “cuevas”, las cuales, fueron prohibidas por el gobierno de Guanajuato, debido a que, representaban un gran peligro para la vida de los trabajadores en caso de derrumbe, y este sistema también debilitaba el terreno, lo que puede generar accidentes con la maquinaria pesada.

Los trabajadores de la mina se encargan de sacar el caolín en forma de rocas para ser pesados y arrojados a un montón en la entrada de la mina, que luego, venden por toneladas con un costo de \$320 pesos mexicanos a industrias pequeñas y medianas que se encargan de molerlo y trabajarlo. Estas empresas se dedican a la cerámica y plásticos, que se encuentran principalmente en Dolores Hidalgo, también en el estado de Guanajuato.

El Sr. Ignacio se preocupa por la seguridad de sus trabajadores y me comenta que por el momento se encuentran sacando el material de las cuevas que quedaron como rezagos de la manera en la que la trabajaban antes, pero él en un futuro trabajará la mina a cielo abierto para evitar derrumbes cómo ya lo hace en otra mina de arcilla que él también dirige.

Para mejorar el alcancé de su trabajo, el Sr. Ignacio tuvo la intención de comprar un molino, para ellos también encargarse de esa parte del proceso de producción y generar mayores ganancias, pero tuvo una negativa del ejido, ya que ellos no querían invertir de su dinero, y le comentaron que si él quería comprar el molino debía comprarles a ellos la parte que les corresponde de la mina.

Capítulo 3. El caolín y su incorporación a la cerámica tradicional en México

En México se engloba a la industria cerámica en el subgrupo (761) — 2023-T2 llamado Artesanos y Trabajadores en la Elaboración de Productos de Cerámica, Vidrio, Azulejo y Similares. Este emplea a 383,000 personas en el país con un salario promedio mensual de \$4,930 de los cuales 90.5% son trabajadores informales. La edad promedio de Artesanos y Trabajadores en la Elaboración de Productos de Cerámica, Vidrio, Azulejo y Similares fue de 42.4 años. La fuerza laboral se distribuyó en 77.2% hombres con un salario promedio de \$5,780 MX y, 22.8% mujeres con salario promedio de \$2,050 MX (Secretaría de Economía, 2023).

3.1 Aplicación del caolín en la cerámica tradicional

Es importante analizar de manera crítica las implicaciones del uso de caolines mexicanos en la producción de cerámica artesanal, ya que no solamente implicaría una gran oportunidad económica para los productores de caolín y los fabricantes de cerámica de alta temperatura, también representa la oportunidad de replantear la industria minera alrededor del caolín y la producción de cerámica desde la perspectiva de sustentabilidad. Ambas industrias tienen un gran potencial para el mejoramiento de sus prácticas, desde las implicaciones ambientales de la extracción de arcilla, así como su procesamiento y embalaje; hasta el cuidado de los residuos producidos por la fabricación de cerámica y la responsabilidad de utilizar procesos correctos que cuiden la salud de los usuarios finales de estos utensilios cerámicos.

3.1.1 Desarrollo sustentable

En el informe Brundtland (1982) se define el desarrollo sustentable como: “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades”.

Este concepto de desarrollo sustentable es ambicioso, ya que busca un crecimiento económico perpetuo que no considera los límites de recursos en la Tierra. Aunque por otro lado, para algunos teóricos de la corriente de los supervivientes la sustentabilidad significa el fin del avance económico. Es por esto que la sustentabilidad necesita ser definida con precisión.

Los procesos productivos actuales se encuentran muy lejos del desarrollo sustentable, para acercarlos es necesario el desarrollo de tecnologías que fundamentalmente aseguren la capacidad de soporte de los recursos naturales y consideren el bienestar y la salud de los seres humanos.

Si bien el desarrollo sustentable se ha discutido de manera muy amplia por mostrarse como una solución utópica o irreal, ya que, el crecimiento económico eterno es insostenible, e incluso, algunos lo ven como un placebo para acercarnos a una sociedad más ecológica, puesto que no propone cambios radicales en nuestra conducta consumista; dentro de él se encuentran corrientes que se muestran como pasos iniciales a los cambios en nuestros procesos de producción actual para disminuir el impacto ambiental. Una de estas corrientes es la economía circular, que busca cambiar los procesos de producción actual, que se enfoca principalmente en los recursos extraídos del ambiente y residuos que estos procesos generan.

3.1.2 Economía circular

Una alternativa a las actuales prácticas de explotación de los recursos naturales es adoptar la economía circular que propone el diseño de productos con componentes y materiales que mantengan su utilidad y valor en todo momento, esto logrado por

medio de la optimización de recursos y minimizando los riesgos de los sistemas productivos (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

La economía circular surge como respuesta al modelo lineal actual, en donde se obtienen recursos naturales para crear un producto del cual se obtiene un servicio o beneficio que al final de su vida útil es desechado, ante esto, la economía circular lo que sugiere es la recuperación de materiales para reincorporarlos dentro de la línea productiva, con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible (Jiménez, *et. al.*, 2019).

El concepto de la economía circular se basa en el principio general de preservar y mejorar los recursos, maximizando su utilidad.

Con el modelo de desarrollo actual, uno de los mayores síntomas de la insostenibilidad es el uso intensivo y desmedido de recursos, y la generación de residuos nocivos, sobre esto Jiménez, *et. al.*, (2019) mencionan que para lograr una economía de la sustentabilidad es necesaria la “disociación absoluta” del crecimiento económico con respecto al impacto ambiental. Para lograr esto recomienda alejarnos de la producción lineal y acercarnos a un sistema de producción circular utilizando estrategias de ecoeficiencia y ecoefectividad.

Jiménez Herrero (2017) menciona que es necesario pasar de la desvinculación a la desmaterialización de las economías, debido a que es necesaria una reducción del empleo del capital natural. Para esto, las tradicionales prácticas industriales deberán inclinarse hacia un sistema cerrado y cíclico, con el único fin de ahorrar recursos e incorporar la naturaleza como eje principal, a diferencia del sistema actual que se basa en la producción lineal de residuos.

Existen varios puntos débiles dentro del proceso de la circularidad el cual se encuentra limitado por las leyes de la entropía y la tecnología actual, ya que al someterse a los procesos productivos los materiales tienen un desgaste molecular lo que en la mayoría de los casos impide una reutilización total, es por eso que,

como rama de la economía circular, se propone un modelo de economía espiral que contempla muchos ciclos, en lugar de solo uno, con este desgaste de materiales se considera que el producto final no será igual al primer resultado, esta concepción busca disminuir los residuos producidos y mejorar el rendimiento de los recursos, en contra parte a la circularidad que está mayormente concentrada en cerrar los ciclos y no tanto en ampliar la vida de los materiales (Jiménez, *et. al.*, 2019).

En este sentido, la economía circular también se encuentra limitada por el amplio tipo de procesos y materiales que existen, así que es necesario, en paralelo, hacer esfuerzos por maximizar el uso de los materiales extraídos, elevando su calidad y resistencia, y generar diseños más duraderos o reutilizables. Dentro de estos esfuerzos por mejorar el producto final y la eficiencia de los procesos de extracción y utilización de materiales, encontramos la ecoeficiencia (Jiménez, *et. al.*, 2019).

3.1.3 Ecoeficiencia

La ecoeficiencia es una perspectiva de gestión que motiva a las organizaciones a buscar mejoras en cuestiones medioambientales que, al mismo tiempo, generen ventajas económicas. Se enfoca en las oportunidades de negocio y habilita a las organizaciones para asumir un compromiso más sólido con la responsabilidad medioambiental. En este contexto, la ecoeficiencia estimula la innovación, el desarrollo y la competitividad (CECODES, 2000.)

“La obtención por medio del suministro de bienes y servicios precios competitivos, que satisfacen las necesidades humanas y dan calidad de vida, al tiempo que reducen progresivamente los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel por lo menos acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra. La mayoría de las compañías que adoptan la ecoeficiencia están generalmente dentro de los líderes de su sector; la ecoeficiencia poco a poco va ganando adeptos e inversión real en las empresas que analizan racionalmente sus opciones

para maximizar beneficios, de una manera sustentable y económica a la vez; pues la inversión en esta materia además de dotarles una tasa de retorno competitiva, les permite cuidar el ambiente utilizando energías limpias y en algunos países industrializados los gobiernos les otorgan incentivos económicos y fiscales al adoptar la filosofía verde. Por lo anterior, la ecoeficiencia se está convirtiendo en una tendencia empresarial muy importante, aplicable también en los países en desarrollo” (CECODES, 2000: p 6.)

La obra “*The resource based view of the firm*” (Wernerfelt,1995) destaca que la mejor estrategia implica un balance de los recursos existentes y el desarrollo de recursos o capacidades nuevas. De esto se desprende el análisis de la ventaja competitiva de Porter (1981). Es importante distinguir que para que la ventaja competitiva sea una herramienta estratégica debe mantenerse a largo plazo.

Macías (1999) define la ecoeficiencia de la siguiente manera: “La ecoeficiencia no es más que el cociente entre una medida económica y una medida tipo ambiental” en lista sus objetivos en cuatro:

- Reducción del consumo de recursos
- Reducción del impacto sobre la naturaleza
- Incremento de calor por producto o servicio
- Sistema de gestión ambiental

González (2013) describe cuatro pasos hacia la ecoeficiencia, el primero es el rediseño de los procesos para buscar la reducción en el consumo de los procesos, disminuir el flujo de contaminantes, mejorar la disposición de los recursos y favorecer en el proceso el uso de materiales reciclados. El segundo es la revalorización de los procesos, que tiene como principal objetivo promover la sinergia en el tejido industrial de tal manera que los residuos de productos puedan ser materia prima para otros. El tercero es el rediseño de los productos, en donde es indispensable favorecer la funcionalidad de los productos y hacer una revisión

de los mismos a través del análisis del ciclo de vida. El cuarto es hacer un replanteamiento de los mercados en cuanto a generar una nueva manera de comprender y actuar sobre las necesidades de los usuarios y redireccionar hacia la sostenibilidad a los proveedores. Estos pasos se proponen para llevar a las industrias a lograr una producción más limpia, remediando los datos producidos, para lograr un tratamiento de los residuos al final del proceso, previniendo la contaminación desde su origen y produciendo sistemas ecológicamente más sostenibles.

García (2013) menciona que existen tres niveles de modelos de sustentabilidad, el primero y más profundo es el diseño sustentable, que él cataloga como verde oscuro, y en este, existe un alto nivel de reflexión en las conductas de consumo y producción del hombre y sus efectos en el medio ambiente de una manera sistemática, en este nivel se busca la legítima necesidad de los productos junto con la experiencia en usuarios que genere un vínculo importante con los objetos. En segundo lugar, con un menor nivel de profundidad, pone al ecodiseño, el cual asocia con el color verde medio, y este nivel, busca un equilibrio entre la industria con una conciencia de medioambiente, no representa un cambio fundamental en las conductas de consumo, pero sí en la producción, el diseño y la disposición de recursos, este nivel no implica un cambio completo hacia la sustentabilidad, sino un primer esfuerzo para acercarse a ella. Y por último se encuentra el “*Green design*” que catalogado como verde claro, es el nivel más superficial de un verdadero esfuerzo por lograr la sustentabilidad, este nivel está mayormente influenciado por las campañas de marketing y busca generar en los productos la apariencia de ser “amigables” con el medioambiente.

El ecodiseño es una metodología para el desarrollo de productos, útil para prevenir los impactos ambientales y así realizar mejoras en el ciclo de vida desde el proceso de diseño.

“Las tendencias internacionales están demostrando que los conceptos y herramientas como el diseño para el medio ambiente, análisis del ciclo de vida y Responsabilidad Extendida de los Productores están aquí para quedarse. Están rápidamente convirtiéndose en herramientas claves para las organizaciones proactivas. Más aún, un creciente cuerpo de evidencias sugiere que este tipo de aproximaciones son excepcionalmente avanzadas para proporcionar un rango de beneficios por encima y más allá de los beneficios ambientales y el simple cumplimiento” Charter (2001).

Debido a los avances y a las investigaciones que complementan el concepto de Ecodiseño, son muchos los países que optan por la implantación de proyectos y mejoras en sus industrias con el fin de encaminar la actividad industrial hacia una prevención de impactos ambientales y una producción más limpia.

Son acciones orientadas a la mejora ambiental del producto en la etapa inicial de diseño por medio de su función, selección de materiales menos impactantes, aplicación de procesos alternativos, mejora en el transporte, en el uso y la minimización de los impactos en la etapa final de su ciclo de vida (Rieravedall y Vinyets, 1999)

Es por esto, que es importante mejorar la calidad de las materias primas cerámicas y la eficiencia de su extracción, ya que eso genera un mayor aprovechamiento de los recursos naturales para la industria y un menor impacto negativo al medio ambiente. Cada uno de estos esfuerzos por mejorar los procesos suman para generar un movimiento de las industrias hacia una producción más limpia, que a su vez se complementa con un mayor beneficio económico.

3.1.4 Ecología política

Joan Martínez-Alier (2002) describe la ecología política como el estudio de los conflictos relacionados con la distribución de recursos ecológicos. Estos conflictos se centran en disputas sobre el acceso y el control de los recursos naturales,

especialmente cuando se trata de su importancia como fuente de sustento, y también consideran los costos asociados a la degradación ambiental. Estos "conflictos de distribución ecológica" se manifiestan en diversos contextos económicos, culturales y de conocimiento, así como en el entorno de los ecosistemas.

Como Enrique Leff (2006: p. 26) señala que, la ecología política implica adoptar un enfoque político hacia la relación entre los seres humanos y la naturaleza, donde estas relaciones se construyen a través de dinámicas de poder en términos de conocimiento, producción y apropiación de recursos naturales. Sin embargo, uno de los desafíos centrales que enfrenta la ecología política como disciplina, radica en la falta de una conceptualización clara del poder que permita definir con precisión el alcance, las nociones y las metodologías dentro de la disciplina. Esta claridad es crucial para evitar desvirtuar lo que en esencia representa la ecología política.

La movilización de las personas contra los aspectos destructivos de la globalización se basa en su identidad histórica, su pertenencia a culturas y economías particulares, su contribución al conocimiento y su vínculo con los paisajes y seres vivos, todo lo cual se relaciona de manera única entre sí. En muchas ocasiones, comunidades locales se involucran en luchas contra influencias globales de diversos tipos para proteger su entorno. Conceptualizar completamente esta defensa en todas sus dimensiones resulta complicado y es un aspecto fundamental (Escobar, 2011).

En resumen, la ecología política es una teoría que busca comprender y abordar las complejas interacciones entre la política, la economía y el medio ambiente, con un enfoque en la justicia ambiental y la sostenibilidad. Este campo es de gran relevancia en un mundo cada vez más preocupado por los desafíos ambientales y la necesidad de abordarlos desde una perspectiva integral. En la industria cerámica y de minería de arcillas se necesitan crear políticas públicas que cuiden los intereses de los trabajadores y fomenten el cuidado ambiental de sus prácticas, ya que actualmente ambas actividades en ciertas comunidades, como en Comonfort,

parecieran olvidadas por las autoridades gubernamentales, puesto que no les ofrecen alternativas reales para mejorar su situación actual.

3.2 Importación de materiales

El uso de los recursos es un tema central de la política internacional. En las últimas décadas, se han introducido agendas de políticas públicas en diversas regiones con el objetivo de disminuir la extracción de recursos y aumentar la eficiencia en la utilización de recursos, así como mejorar la productividad en términos de materiales. Se están llevando a cabo esfuerzos para modificar los patrones de consumo y producción hacia modelos más sustentables, lograr un empleo más eficiente de materiales y energía, y reducir al mínimo la generación de residuos (León, et al., 2020).

El metabolismo social es una idea que se deriva de la ecología política y se utiliza para analizar y comprender las interacciones entre la sociedad y el medio ambiente desde una perspectiva metabólica o de flujo de materiales y energía. Por un lado, la reproducción y crecimiento del sistema socioeconómico y de sus estructuras de producción requiere de procesos permanentes de intercambio de materiales y energía con el medio ambiente, por lo que es un sistema termodinámicamente abierto y físicamente sustentado. Con un mayor metabolismo social, que se traduce en el empleo y transformación de recursos naturales, se aumenta la presión sobre el medio ambiente y el agotamiento de los recursos, esto tiende a generar un aumento en los conflictos socioambientales (Martínez y Roca, 2016).

Uno de los recursos del metabolismo social es la contabilidad de los flujos de materiales que proporciona una visión sistemática y coherente de la dimensión física de las actividades económicas, en particular sobre los requerimientos de recursos y el uso eficiente de los mismos. La cantidad y calidad de los flujos físicos de materiales entre naciones ejercen presión sobre el medio ambiente y pueden traducirse en impactos ambientales (León, et al., 2020).

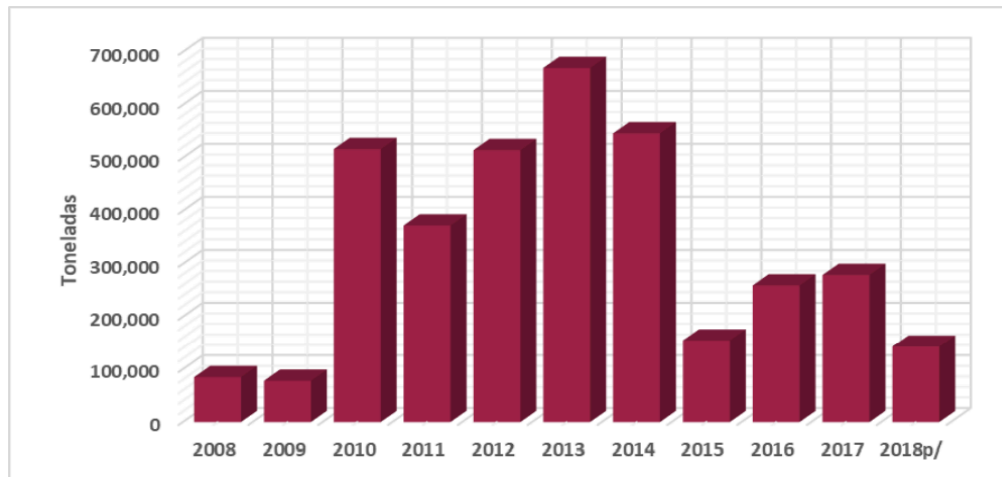
Otra manera de ver esto, es que si un país no produce la calidad y cantidad de materiales necesarios para soportar sus estructuras de producción, se ve obligado a aumentar sus importaciones. Lo anterior perpetúa las desigualdades entre países desarrollados y aquellos que tienen dependencia de estos. Marini (1973) lo advertía de la siguiente manera “A medida que el mercado mundial alcanza formas más desarrolladas... la explotación internacional puede descansar progresivamente en la reproducción de las relaciones económicas que perpetúan y amplifican el atraso y la debilidad de esas naciones” (Marini, 1973: 32).

Para contrarrestar esto, los países deberán buscar una mayor eficiencia en el uso de materiales domésticos que generen el mismo valor con un menor uso de recursos naturales o un mayor valor con la misma cantidad de recursos naturales, mientras crean mejores oportunidades de empleo. (León, et al., 2020).

En la industria cerámica ocurre que, debido a la falta de fórmulas de pastas y esmaltes con caolines mexicanos, se fomenta la importación de materiales, lo que aumenta las emisiones de carbono y disminuye la producción dentro del país (Vázquez, 2001). Esto genera una dependencia tecnológica de materias primas de otros países, en especial EE.UU.

La producción nacional de caolín nos muestra grandes altibajos desde el año 2008, en donde podemos encontrar el más reciente ejemplo en un decrecimiento del 48.7% en el año 2018 con respecto a su año anterior. En 2018 la producción de caolín en México fue de 143 millones de toneladas métricas, ocupando el lugar número once de producción mundial, debajo de España que tiene una producción de 260 millones de toneladas con un territorio menor al de México; en el primer lugar de la lista lo ocupa EE.UU. con una producción de 7,300 millones de toneladas métricas (Secretaría de Economía, 2021).

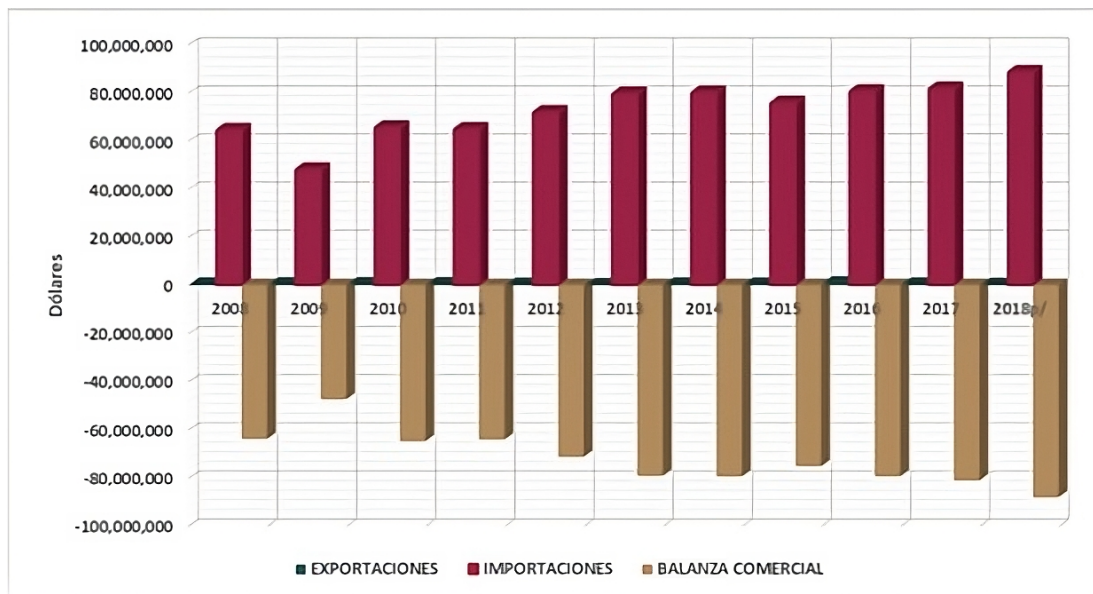
Gráfica 1 Producción de caolín en México 2008 - 2018



Fuente: Secretaría de Economía, 2021

También en 2018 las exportaciones de caolín fueron de 384 mil dólares, principalmente a EE.UU. con 69% de esta cantidad, seguido por Colombia 15%, Panamá 7%, y Guatemala 2%. Por otro lado, la importación en ese mismo año fue de 88.5 millones de dólares, teniendo también como principal proveedor a EE.UU. representando el 92%, seguido de Ucrania 4% y Francia con 2%. Lo que nos deja ver que la balanza comercial del caolín deja un déficit alrededor de 88 millones de dólares al año (Secretaría de Economía, 2021).

Gráfica 2 Balanza comercial del caolín 2008 - 2018



Fuente: Secretaría de Economía, 2021

Los ceramistas de México consumen materias primas del interior de la república o del extranjero, existen pocos distribuidores de materiales que provoca precios elevados, sobre todo al menudeo. Algunos de estos proveedores de caolín son Grupo Kalidad, Royal Chemical, Quifaest y Promi. A pesar de que existen empresas que se dedican a la producción de caolín en México, en la producción de cerámica aún sigue prevaleciendo el uso del caolín EPK, importado de Florida en EE.UU., siendo uno de los caolines más utilizados por su pureza y cualidades fisicoquímicas, con un costo de \$515 MXN por un bulto de 22.68 kg . Este caolín cuenta con las siguientes características químicas, que lo hacen apto para la producción de cerámica tradicional:

Tabla 2 Contenido químico del caolín EPK

Elemento	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	Mgo	Na ₂ O	K ₂ O	LOI
Porcentaje	45.73	37.36	0.79	0.37	0.236	0.18	0.098	0.059	0.33	13.91

Fuente: <http://edgarmineralsinc.com/EPK-Clay.html> revisada el 16 de enero de 2023

3.3 Necesidades físico-químicas del caolín para su aplicación en cerámica

Según Mendoza (2018) en la cerámica tradicional, los materiales se clasifican en:

- Plásticos: arcillas y caolines
- No plásticos: sílice, feldespato, calcio, talco y alúmina
- Refractarios: caolines y alúmina
- Fundentes: feldespato, plomo, boro y zinc
- Formadores de vidrio: sílice
- Óxidos colorantes: cobalto, cobre, cromo, hierro y manganeso

Y estos, a su vez, tienen características físicas necesarias para generar un buen compuesto cerámico, la plasticidad es la más importante, ya que permite realizar

objetos utilitarios mediante cualquier proceso industrial, ya sea modelado o vaciado⁵ de moldes. Esta plasticidad se determina por el tipo de arcilla y el tamaño de partícula, entre menor sea este tamaño mayor plasticidad se obtiene.

El encogimiento es otra de estas características, en la cerámica tradicional existen dos tipos de encogimiento, el primero se da en el secado natural y el segundo se da en el proceso de quema cuando los materiales llegan a su punto de fusión⁶, en alta temperatura el encogimiento va desde un 12% hasta un 18%, y en este caso también es un factor el tamaño de partícula (Mendoza, 2018).

La porosidad depende de la temperatura de sinterización y nuevamente del tamaño de partícula, mientras se llegue a mayor temperatura, menor será la porosidad, el rango en alta temperatura es del 4% al 2% (Mendoza, 2018).

En cuanto a las propiedades químicas del caolín, es necesario conocer su relación de alúmina y sílice para mezclarlos con otros materiales, tanto en el compuesto cerámico, como en el esmalte al momento de generar la formulación. Dentro de esta caracterización existen elementos que pueden alterar el punto de fusión de los compuestos cerámicos, como el óxido de hierro, que no solo funciona como colorante, sino también como fundente (Vázquez, 2001).

Vázquez (2001) explica también las razones por las que una arcilla deba ser combinada, están definidas por el tipo de pasta, su temperatura de quema y los procesos de producción a utilizar. Por lo tanto, una arcilla debe de ser mezclada para:

⁵ Esta técnica consiste en la obtención de un positivo o un negativo mediante el vaciado en un molde de una materia en estado líquido a la que se llama barbotina y que solidificará posteriormente.

<http://art-toolkit.recursos.uoc.edu/es/tecnicas-vaciar/> Consultado el 13 de Junio de 2023

⁶ El punto de fusión es una propiedad característica de las sustancias sólidas cristalinas. Es la temperatura a la que la fase sólida cambia a la fase líquida. La determinación del punto de fusión es el análisis térmico que se usa con más frecuencia para caracterizar los materiales sólidos cristalinos.

<https://www.mt.com/es/es/home/El%20punto%20de%20fusi%C3%B3n%20es,caracterizar%20los%20materiales%20s%C3%B3lidos%20cristalinos>. Consultado el 12 de junio de 2023

- Aumentar o disminuir la plasticidad
- Disminuir contracciones durante el secado y la quema, que pueden provocar agrietamientos o deformaciones
- Bajar o subir la temperatura de quema
- Aumentar o disminuir la densidad del material cerámico
- Mejorar el acoplamiento con el esmalte
- Cambiar el color o la textura

3.4 Formulación y caracterización de compuestos cerámicos

Para la formulación de los compuestos cerámicos es necesario procesar los caolines para quitar impurezas y conseguir partículas finas. En este proceso se utilizó la siguiente metodología:

Etapa 1. Visita de campo

1. Recolección de arcillas: Durante la visita a la comunidad de Neutla y las minas “El Caracol y El Cerrito” se realizó una entrevista con Don Ignacio Meléndez, así como un registro fotográfico de ambas minas y las actividades que realizaban los trabajadores. Por último, se recolectaron los caolines utilizados para la investigación.

Etapa 2. Preparación de caolínes

2. Molienda de caolines: Estos se molieron en un mortero de porcelana hasta lograr una partícula pequeña que pase por tamiz con malla 60.
3. Separación de las partículas de arcilla: Este paso se realizó con elutriación para separar las partículas de arcilla de los sedimentos de arena y sílice.

4. Secado y molienda: Una vez separadas las partículas de arcilla se pusieron a secar sobre placas de yeso para nuevamente ser molidas en un mortero de porcelana que se pasó en un tamiz con malla 200.
5. Elaboración de compuestos: Con los caolines en polvo se hicieron los compuestos cerámicos mezclándolos con arcilla de bolas (OM4), feldespato y sílice; usando el método del triángulo triaxial.

Etapa 3. Quema y pruebas de compuestos

6. Realización de tablillas de prueba: Con los compuestos seleccionados del triángulo triaxial realizados, se formaron tablillas de 12 cm de largo, 6 mm de espesor al tiempo que se efectuó una prueba de plasticidad.
7. Quema de tablillas: Las tablillas se sometieron a una quema a 1,230 °C en el horno eléctrico del Laboratorio de Cerámica de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.
8. Caracterización de compuestos: Las tablillas horneadas se sometieron a pruebas físicas de encogimiento, porosidad y deformación.
9. Selección de compuestos y producción por vaciado: Se analizaron las pruebas para seleccionar dos compuestos para elaborar una producción por vaciado en moldes de yeso.

3.4.1 Recolección de caolines

En la comunidad de Neutla, en el municipio de Comonfort en Guanajuato, se recolectaron dos tipos de caolines, el primero, que llamaremos COM1 se encontró en la mina de “El Caracol” y el segundo, al que llamaremos COM2 se extrae de la mina “El Cerrito”.

Fotografía 1. Mina "El Caracol"



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 2. Mina "El Cerrito"



Fuente: Elaboración propia.

COM1 tiene una apariencia de color blanco y se extrae en forma de rocas, que contienen granito y arena de sílice, por lo que abundan las impurezas.

COM2 muestra una mayor presencia de óxido de hierro con un color amarillo/rojizo, también se extrae en rocas, sin embargo presenta menor cantidad de impurezas en comparación a COM1.

Fotografía 3. COM1 en forma de roca



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 4. COM2 en forma de roca



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2 Preparación de caolines

Para purificar este caolín se realizó un proceso de elutriación que es un “sistema de separación de dos sustancias sólidas insolubles basado en la diferencia de su

granulometría: la mezcla se dispersa en una gran cantidad de líquido (dispersante) agregado de una pequeñísima cantidad de algún agente defloculante. Se deja reposar para que las partículas grandes se sedimenten, y se decanta el dispersante conteniendo las partículas más finas.” (Zimbrón, 2009: p. 633).

Se molieron las rocas de caolín finamente en un mortero de porcelana para precipitar las partículas finas de arcilla, separando los sedimentos mediante el uso de un defloculante, en este caso silicato de sodio, para luego revertir el proceso con un floculante, cloruro de magnesio.

En las siguientes fotografías se puede observar cómo al agregar 30 ml de silicato de sodio con una densidad de 30 grados Baumé a 2 kg de COM1 molido sumergido en agua, los sedimentos se quedan en la parte inferior del recipiente, mientras que las partículas finas se elevan. En el caso de COM2 fueron necesarios 45 ml de silicato de sodio y 15 ml de cloruro de magnesio para hacer la elutriación a 2 kg de material.

Fotografía 5 y 6. COM1 y COM2 en proceso de elutriación



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se separaron las partículas flotantes por decantación y se agregó una tercera parte de cloruro de magnesio saturado por la cantidad de silicato de sodio utilizado. Esto genera que el caolín descienda al fondo del contenedor, lo que permite decantar el agua. Una vez que se obtiene el caolín puro, se seca y muele en mortero de porcelana nuevamente hasta obtener el tamaño de partícula necesaria para formular los compuestos cerámicos.

Como resultado del proceso de elutriación de 2kg de material, de COM1 se obtuvieron 956 gr y de COM2 resultaron 1,456 gr de caolín puro. Lo que significa que, pasando por un proceso de purificación de arcillas de COM1 se obtiene el 47% de caolín puro, mientras que de COM2 el 73%. Esto representa un ahorro económico considerable si consideramos que la tonelada de estos caolínes tiene un costo de \$ 320 MXN y por cada tonelada de COM1 se obtienen 470 kg de caolín puro, mientras que de COM2 se obtienen 730 kg, en comparativa al caolín EPK que el bulto de 22.68 kg tiene un costo de \$515 MXN. Aún sin contar los gastos del procesamiento de los caolines de Comonfort, el uso de estos materiales representa un ahorro considerable para los productores de cerámica.

Fotografía 7 y 8. COM1 y COM2 secándose sobre placas de yeso



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Fotografía 9 y 10. COM1 y COM2 en molienda con mortero porcelana



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

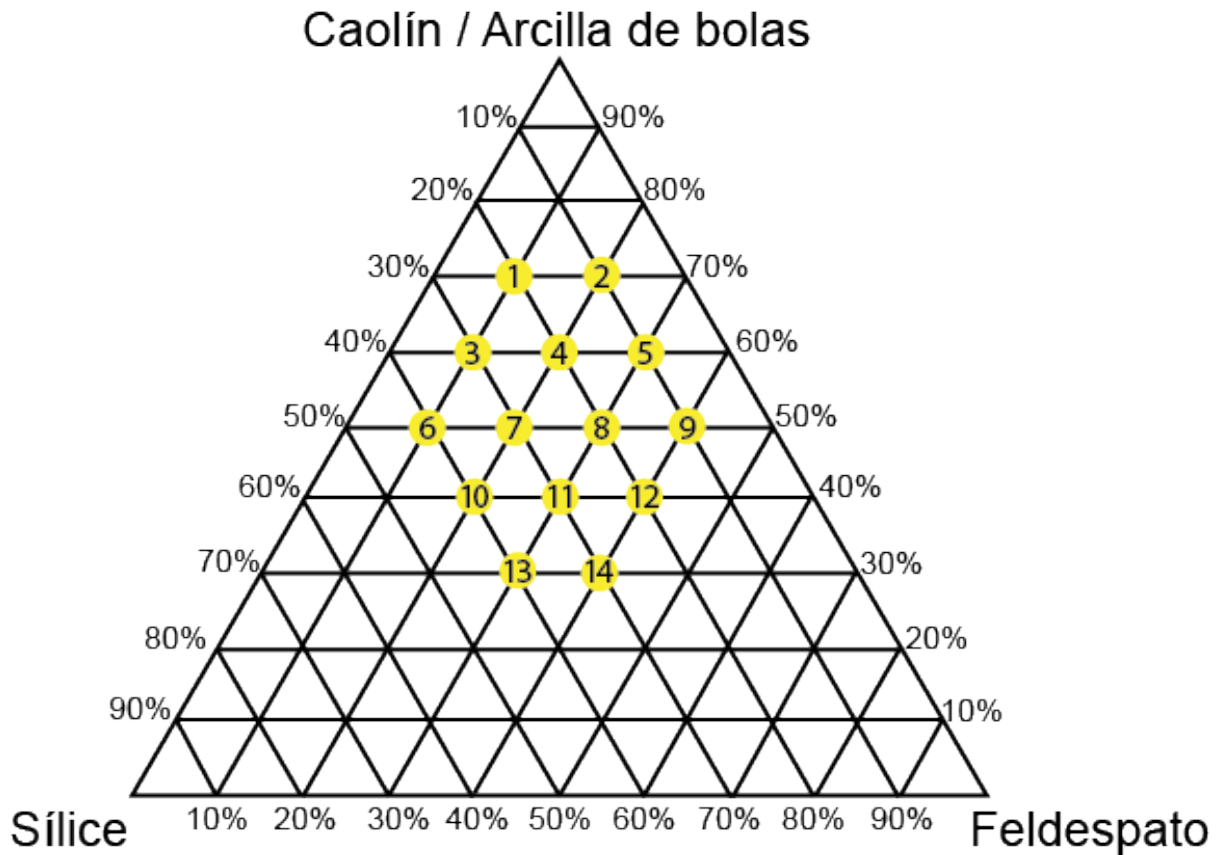
3.5 Formulación y caracterización de compuestos cerámicos

Como menciona Zimbrón (2009: p. 143) los cuerpos cerámicos están formados por tres tipos de materias primas: la arcilla, el fundente y el estructurante. Es por esto que el sistema de triángulo triaxial resulta conveniente, ya que permite mezclar estos tres elementos en distintas proporciones a intervalos regulares.

Para la formulación de los cuerpos cerámicos se hicieron pruebas con el método del triángulo triaxial en el que ambos caolines fueron mezclados sistemáticamente con arcilla de bolas OM4 (Old Mine 4), feldespato y sílice.

Dentro del triángulo se tomaron 14 puntos para su estudio y se realizaron dos tipos de compuestos: A y B.

Diagrama 1 Triángulo triaxial



Fuente: Elaboración propia.

En el compuesto A en la arista de arcillas se tenía una relación de 50% de arcilla de bolas (OM4) y 50% de caolín, mientras que en el compuesto B la relación fue 70% de arcilla de bolas y 30% de caolín. Se completó el triángulo con feldespato en la arista de los fundentes y sílice en la del elemento estructurante. Ambas pruebas se realizaron con los dos caolines de Comonfort COM1 y COM2.

En las siguientes tablas podemos observar el desglose de los porcentajes que forman cada uno de los 14 puntos del compuesto A y B.

Tabla 3 Contenido de Compuesto A

Compuesto A				
Punto	Arcilla de bolas %	Caolín %	Feldespató %	Sílice %
1	35	35	20	10
2	35	35	10	20
3	30	30	30	10
4	30	30	20	20
5	30	30	10	30
6	25	25	40	10
7	25	25	30	20
8	25	25	20	30
9	25	25	10	40
10	20	20	40	20
11	20	20	30	30
12	20	20	20	40
13	15	15	40	30
14	15	15	30	40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 Contenido Compuesto B

Compuesto B				
Punto	Arcilla de Bolas %	Caolín %	Feldespató %	Sílice %
1	49	21	20	10
2	49	21	10	20
3	42	18	30	10
4	42	18	20	20
5	42	18	10	30
6	35	15	40	10
7	35	15	30	20
8	35	15	20	30
9	35	15	10	40
10	28	12	40	20
11	28	12	30	30
12	28	12	20	40
13	21	9	40	30
14	21	9	30	40

Fuente: Elaboración propia.

Una vez mezclados los puntos del triángulo triaxial con caolines COM1, COM2, y la prueba testigo con caolín EPK; se sometieron a una temperatura de 1,230 °C en el horno eléctrico del Laboratorio de Cerámica de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Completado este proceso se hicieron pruebas físicas para determinar los puntos que podrían ser viables para la producción de cerámica artesanal.

- Plasticidad: Esta prueba se realizó previo a la quema, con el compuesto se formó una cuerda y se flexionó para medir su resistencia.
- Encogimiento: Para esta prueba se trazó una línea de 10 cm en las tablillas de los compuestos para comparar el largo final una vez sometidas a 1,230 °C.
- Porosidad: Para conocer la porosidad de un cuerpo cerámico es necesario saber el espacio vacío entre las partículas cerámicas, para esto las tabletas se sumergen en agua a 100 °C durante una hora y después se compara su peso final contra su peso inicial en seco.
- Deformación: En esta prueba se colocaron tabletas de los cuerpos cerámicos sobre soportes de 1.5 cm dentro del horno durante su cocción a 1,230 °C y después se les asignó un valor dependiendo de la deformación que mostraron.

Los resultados de estas pruebas están representados en las siguientes tablas.

Tabla 5 Análisis comparativo de resultados de la experimentación en los Compuestos A

Punto	Compuesto A																	
	Prueba testigo						COM1						COM2					
	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación		
1	Excelente	16%	3.5%	Nula	Excelente	13%	3.6%	Poca	Excelente	14%	1.6%	Poca	Excelente	14%	1.6%	Nula		
2	Excelente	12%	8.4%	Poca	Buena	15%	7.8%	Poca	Excelente	14%	1.6%	Poca	Excelente	12%	9.5%	Poca		
3	Excelente	14%	2.0%	Poca	Excelente	14%	1.6%	Poca	Excelente	14%	1.6%	Poca	Excelente	14%	0.6%	Poca		
4	Excelente	14%	4.3%	Poca	Buena	10%	4.1%	Nula	Excelente	14%	5.1%	Poca	Excelente	14%	5.1%	Poca		
5	Buena	11%	9.8%	Regular	Buena	14%	8.8%	Nula	Excelente	11%	11.1%	Nula	Excelente	11%	11.1%	Nula		
6	Excelente	15%	0.2%	Nula	Buena	11%	0.8%	Poca	Excelente	11%	0.8%	Poca	Excelente	11%	0.5%	Regular		
7	Excelente	13%	2.2%	Nula	Buena	12%	4.7%	Nula	Baja	13%	2.5%	Nula	Baja	13%	2.5%	Poca		
8	Buena	11%	5.6%	Nula	Buena	10%	5.0%	Poca	Baja	12%	5.9%	Poca	Baja	12%	5.9%	Poca		
9	Baja	10%	11.4%	Nula	Baja	11%	11.6%	Nula	Baja	11%	11.6%	Nula	Baja	9%	12.5%	Nula		
10	Baja	13%	1.1%	Poca	Baja	11%	0.7%	Regular	Baja	11%	0.7%	Regular	Baja	11%	0.8%	Mucha		
11	Nula	11%	3.1%	Poca	Baja	12%	2.5%	Regular	Baja	12%	2.5%	Regular	Nula	12%	3.7%	Regular		
12	Nula	14%	2.8%	Regular	Baja	11%	4.3%	Regular	Baja	11%	4.3%	Regular	Nula	9%	7.4%	Poca		
13	Nula	13%	1.0%	Regular	Nula	11%	1.1%	Mucha	Nula	11%	1.1%	Mucha	Baja	14%	0.8%	Mucha		
14	Nula	10%	4.3%	Regular	Nula	12%	3.1%	Regular	Nula	12%	3.1%	Regular	Nula	11%	3.5%	Regular		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6 Análisis comparativo de resultados de la experimentación en los Compuestos B

Punto	Compuesto B																	
	Prueba testigo						COM1						COM2					
	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación	Plasticidad	Encogimiento	Porosidad	Deformación		
1	Excelente	16%	3.5%	Nula	Excelente	14%	3.5%	Poca	Excelente	15%	3.5%	Poca	Excelente	15%	1.9%	Nula		
2	Excelente	13%	8.4%	Poca	Excelente	13%	7.9%	Poca	Excelente	13%	7.9%	Poca	Excelente	12%	7.7%	Poca		
3	Buena	14%	2.0%	Poca	Excelente	14%	1.9%	Poca	Excelente	14%	1.9%	Poca	Excelente	14%	0.9%	Poca		
4	Buena	14%	4.3%	Poca	Excelente	15%	5.4%	Nula	Excelente	13%	5.4%	Nula	Excelente	13%	3.4%	Poca		
5	Buena	11%	9.8%	Regular	Excelente	11%	9.6%	Nula	Excelente	11%	9.6%	Nula	Excelente	11%	8.9%	Nula		
6	Excelente	15%	0.2%	Nula	Excelente	14%	1.5%	Poca	Excelente	14%	1.5%	Poca	Excelente	14%	0.7%	Regular		
7	Excelente	14%	2.2%	Nula	Excelente	12%	3.2%	Nula	Excelente	12%	3.2%	Nula	Excelente	13%	1.9%	Poca		
8	Buena	11%	5.6%	Nula	Buena	13%	5.2%	Poca	Buena	13%	5.2%	Poca	Excelente	11%	4.9%	Poca		
9	Buena	10%	11.4%	Nula	Excelente	12%	12.4%	Nula	Excelente	12%	12.4%	Nula	Excelente	11%	11.0%	Nula		
10	Buena	14%	1.1%	Poca	Buena	13%	1.5%	Regular	Buena	13%	1.5%	Regular	Buena	14%	1.1%	Mucha		
11	Baja	12%	3.1%	Poca	Buena	12%	2.2%	Regular	Buena	12%	2.2%	Regular	Buena	13%	3.3%	Regular		
12	Baja	15%	2.8%	Regular	Buena	12%	7.7%	Regular	Buena	12%	7.7%	Regular	Baja	10%	6.8%	Poca		
13	Nula	11%	1.0%	Regular	Buena	14%	2.0%	Mucha	Buena	14%	2.0%	Mucha	Baja	14%	0.9%	Mucha		
14	Nula	10%	4.3%	Regular	Nula	12%	4.1%	Regular	Nula	12%	4.1%	Regular	Nula	11%	3.0%	Regular		

Fuente: Elaboración propia.

Como se logra observar, en el análisis comparativo muestra valores muy similares entre los compuestos testigo con caolín EPK y los compuestos formulados con los caolines COM1 y COM2.

Plasticidad

Como resultado de esta prueba se puede observar que una mayor concentración de arcillas en los compuestos resulta en una mayor plasticidad.

Los compuestos A que contienen COM1 presentan buena plasticidad hasta el punto 8, después de este punto disminuye considerablemente. Mientras que el compuesto A que contiene COM2 muestra una excelente plasticidad hasta el punto 6 para después caer de igual manera. Ambos caolines generan plasticidad de forma similar a lo que se tiene en las pruebas testigo.

Los resultados de los compuestos B muestran de manera general una mayor plasticidad en comparativa con los compuestos A. Aquí podemos observar que la plasticidad con COM1 se mantiene como buena hasta el punto 13 y solo se convierte a nula en el punto 14. Con COM2 tenemos una buena plasticidad hasta el punto 11 para después disminuir. Ambos caolines superaron a lo obtenido con las pruebas testigo en la formulación de los compuestos B.

Encogimiento

Los resultados de encogimiento en los compuestos A y B, con los caolines de Comonfort, presentaron valores iguales o por debajo de las pruebas testigo, manteniéndose en los rangos necesarios. Esto nos muestra que tienen un punto de sinterización ligeramente más alto que el de las pruebas testigo, pero que no tiene ninguna consecuencia en la producción de cerámica.

Porosidad

Igual que con la prueba de encogimiento con ambos tipos de compuesto A y B encontramos valores iguales o un poco debajo de las pruebas testigo, también

derivados de un punto de sinterización ligeramente más alto. Y al igual que con la prueba de encogimiento, esto no representa ninguna consecuencia con la producción de cerámica, ya que estas variaciones no llegan a ser relevantes y se encuentran dentro de lo esperado.

Deformación

Los resultados de la prueba de deformación muestran que en los puntos que contienen menor cantidad de arcillas generan menor estructura que las que contienen una mayor cantidad de arcillas. En ambos compuestos A y B, con los caolines de Comonfort, tenemos una deformación aceptable por debajo del punto 9.

Como resultado de las pruebas realizadas se observó que ambos caolines de Comonfort se comportaron de manera prevista en una producción de cerámica tradicional de alta temperatura.

Con el caolín COM 1 podemos obtener cuerpos cerámicos con colores entre blancos y crema, pero sacrificamos un poco de plasticidad en el cuerpo, que dependiendo la técnica de producción que se utilice podría representar una complicación, mas no un impedimento para la producción.

Mientras que con el caolín COM2 encontramos una mayor plasticidad, pero con una coloración más cercana a tonos amarillos y grises. Nuevamente, esto no implica un impedimento en su incorporación a la producción de cerámica tradicional de alta temperatura, pero dependiendo de las necesidades de los ceramistas puede ser una complicación o bien, una oportunidad de generar acabados interesantes con el color de estos cuerpos cerámicos.

Finalmente, fueron elegidos los puntos 4 y 8, de ambos compuestos A y B, como los mejores prospectos para la producción de cerámica tradicional de alta temperatura, ya que en las pruebas mostraron un balance ideal entre plasticidad,

encogimiento, porosidad y deformación. Ambos puntos se encuentran resaltados en las tablas 6 y 7.

3.5.1 Producción de cerámica tradicional por vaciado en moldes de yeso

Con los puntos 4 y 8 elegidos por sus resultados en las pruebas físicas, se decidió realizar una pequeña producción por vaciado en moldes de yeso. Esta se hizo específicamente con el punto 4 del compuesto A, el punto 8 del compuesto B; ambos con caolín COM2.

Para esto se hizo 1 kg de compuesto en seco de cada punto con las siguientes fórmulas:

Tabla 7 Fórmula de cuerpos cerámicos

Material	Compuesto A punto 4	Compuesto B punto 8
Arcilla de bolas	30%	35%
Caolín COM 2	30%	15%
Feldespatos	20%	20%
Sílice	20%	30%

Fuente: Elaboración propia.

Una vez mezclados los compuestos en seco se realizaron barbotinas de estos, agregando a cada uno 400 ml de agua y 6 ml de silicato de sodio; y mezclando suavemente hasta llegar a la consistencia deseada.

Las barbotinas se vaciaron en moldes de yeso para formar la pieza y se ingresaron a una primera quema a 900 °C y posteriormente a la quema de alta temperatura de 1,200 °C, una vez cubiertas con el esmalte transparente del Laboratorio de Cerámica de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco cuya fórmula se muestra en la tabla 8.

Fotografía 11 y 12. Proceso de producción por vaciado en moldes de yeso



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de esta producción por vaciado en molde de yeso, ambos compuestos se comportaron de manera favorable durante el proceso, demostrando así, que es factible la incorporación de los caolines de Comonfort en la producción de cerámica tradicional y que representan una alternativa importante al caolín EPK dentro de estos procesos productivos, con mucho potencial de seguir explorando su uso dentro de la cerámica tradicional ampliando las propuestas de producción y fórmulas generadas con estos caolines conforme su uso se integre cada vez más en los procesos cotidianos de los ceramistas en México.

Fotografía 13. Resultados de la producción por vaciado en moldes de yeso



Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Esmalte cerámico

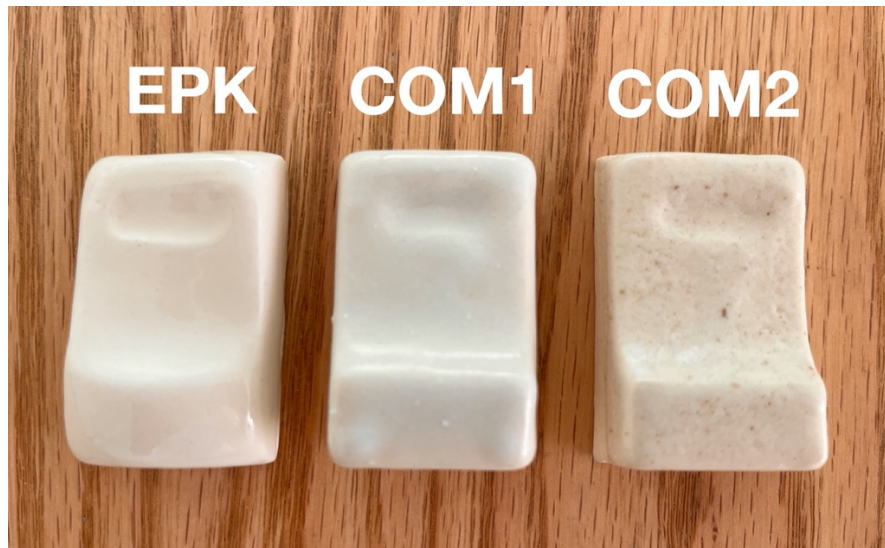
Para realizar el esmalte cerámico se utilizó la fórmula de esmalte transparente del Mtro. Leandro Mendoza que originalmente contiene caolín EPK que se sustituyó por los caolines COM1 y COM2.

Tabla 8 Formula de esmalte transparente

Material	Porcentaje
Feldespatos	30
Carbonato de calcio	18
Carbonato de magnesio	2
Caolín	16
Sílice	34

Fuente: Laboratorio de Cerámica de UAM Xochimilco.

Fotografía 11. Muestras de esmaltes



Fuente: Elaboración propia

Los esmaltes se colocaron sobre piezas previamente horneadas a una temperatura de 900 °C por inmersión, para luego ser horneadas a 1,200 °C en el horno eléctrico del Laboratorio de Cerámica de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Como se puede observar en la fotografía 11 los esmaltes con caolínes de Comonfort llegaron a punto de fusión, formando vidrio, pero necesitan más experimentación para lograr los resultados deseados, sin embargo, esto demuestra que los caolínes de Comonfort son viables para la producción de esmaltes.

Conclusiones

La investigación se dividió en tres capítulos o etapas para tener una visión más amplia del problema y la aplicación de lo aprendido en un objeto físico.

La primera etapa consistió en un estudio de la cerámica tradicional para entender la necesidad de generar materiales de buena calidad que puedan ser introducidos en una industria que continúa en desarrollo; así como las importancias ambientales y sociales que conlleva el uso de estos materiales cerámicos. También se describió

el proceso de producción cerámica, sus implicaciones y las áreas de oportunidad para disminuir su impacto negativo en el medio ambiente.

La segunda etapa se abordó la minería de arcillas y como caso específico la extracción del caolín para comprender profundamente los impactos de esta actividad en el medio ambiente y en las estructuras económicas y sociales que la rodean.

Para la tercera etapa se fusiona minería con la producción de cerámica a fin de mostrar una alternativa real de producción de cerámica tradicional de alta temperatura con caolines extraído en las minas de Comonfort, Guanajuato. Para esto, se hizo un estudio y caracterización de los caolines en compuestos para crear un cuerpo cerámico y un ejercicio de sustitución por el caolín EPK en la fórmula de un esmalte transparente.

Los resultados del presente proyecto de investigación cumplen con lo propuesto en el objetivo general, al lograr incorporar los caolines de Comonfort dentro de los procesos productivos de la cerámica tradicional de alta temperatura, posicionándolos como alternativas viables al uso del caolín EPK.

A su vez, se generó un estudio del estado actual de la minería de arcillas que potencialmente conduce a mejorar las condiciones de trabajo de la comunidad minera y dota de información respecto a los impactos de su actividad en el medio ambiente.

Del primer capítulo, que contiene el estudio de la cerámica tradicional de alta temperatura, se puede concluir que si bien la producción de cerámica es una actividad milenaria, aún se encuentra en constante desarrollo y nuestro país necesita prepararse para lograr ser competitivo dentro del mercado global. Si se cumple lo anterior, el resultado sería una mejora en la calidad de vida de los trabajadores involucrados en este proceso, accediendo a conocimientos de técnicas y métodos que les acerquen más hacia la sustentabilidad.

La investigación demuestra que la cerámica de alta temperatura es una alternativa que produce mejores piezas cerámicas, más resistentes y sobre todo, que no implican un riesgo a la salud de los usuarios al eliminar la presencia del plomo en los esmaltes.

Los hallazgos del segundo capítulo muestran los impactos ambientales de una minería descuidada y desorganizada, donde existen grandes desigualdades así como falta de oportunidades para los ejidatarios de acceder a transacciones económicas justas y seguridad para su salud.

La situación observada en las minas de caolín en el municipio de Comonfort, que es un ejemplo perfecto de la condición general de la minería de arcillas, en donde los procesos descuidados, la falta de información, la organización del poder por el ejido y la falta de políticas públicas, entre otros, representan obstáculos monumentales para los trabajadores de las tierras en busca de sustento para sus familias. La serie de problemáticas presentadas dificultan que el cuidado del medio ambiente sea una prioridad en el proceso de producción.

Por otra parte, la carga teórica ambiental y sustentable es relevante en este capítulo, ya que demuestra desde varias perspectivas, la necesidad de modificar los procesos actuales, para lograr una mayor eficiencia tanto en la extracción como en el procesado del material, que permita lograr una mejor efectividad en la extracción del material con un menor impacto al medio ambiente.

Como resultado del tercer capítulo tenemos que la dependencia tecnológica de los materiales de EE. UU. representa una fuente de contaminación debido a los traslados que se generan de la materia prima, y una manera de perpetuar las desigualdades socioeconómicas en la industria cerámica contrastando ambos países.

En la fase experimental se demostró que es viable introducir estos caolines en la producción de cerámica tradicional de alta temperatura con resultados muy prometedores.

En cuanto a los cuerpos cerámicos, se lograron generar compuestos que funcionan perfectamente para la producción de cerámica con acabados particulares y atractivos con las características especiales de cada caolín. Lo cual genera un gran entusiasmo al abrir la posibilidad de realizar este tipo de estudios en yacimientos de todo el país, teniendo como resultado un aumento considerable de opciones y posibilidades de acabados para los ceramistas.

En cuanto a los esmaltes, esta investigación pretendía generar una comparativa más amplia en el uso del caolín EPK y los caolines de Comonfort, pero los problemas derivados con el cierre de instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana hicieron los procesos más tardados de lo que se había pronosticado inicialmente, sin embargo se llegó a demostrar que lograr el punto de fusión en el esmalte formulado con los caolines de Comonfort es posible. Estos resultados tienen mucho potencial para una futura investigación. Esto representa una gran oportunidad de generar un estudio más extenso sobre las capacidades y las características que tendría el desarrollo de esmaltes de diferentes acabados y tipos con los caolines de Comonfort.

Finalmente, se demuestra que la incorporación de estos materiales representa una mejora para el medio ambiente al disminuir los impactos en la producción de cerámica tradicional. Esto se lograría mejorando el proceso de extracción de arcillas, impulsando políticas públicas y generar los canales necesarios para lograr un balance en la extracción de los recursos naturales y la actividad productiva a fin de mejorar considerablemente su calidad de vida.

Por otro lado, la utilización de estos materiales de mejor calidad, con mayor pureza en la industria cerámica, nos acerca a generar menos residuos y emisiones en el ambiente por el traslado de arcillas desde otros países, al mismo tiempo el uso de estos materiales trae consigo el desarrollo de técnicas dentro de la cerámica de alta temperatura que no solo resulta en un mejor producto cerámico sino también en el cuidado de la salud de los usuarios al asegurar que están libres de plomo.

Con esta investigación resulta notorio que esfuerzos como estos son necesarios y urgentes para apoyar a dos industrias como la minería de caolines y la cerámica, continuar su desarrollo, generar mejores oportunidades de empleo que representen un menor estrés al ambiente. Finalmente, se requieren esfuerzos mayúsculos de concientización y educación para los trabajadores de ambas industrias involucradas para generar en ellos la cultura del cuidado al medio ambiente y a su salud.

Las posibilidades de la cerámica tradicional son infinitas si estudiamos y cuidamos nuestros recursos, en México tenemos una gran riqueza mineral que actualmente está siendo mal aprovechada y explotada de manera descuidada y desorganizada. Cada tipo de arcilla o mineral que poseen nuestras tierras, representa la posibilidad de un nuevo acabado, textura o color dentro de la cerámica. Es necesario que valoremos estos materiales cerámicos como una manera de regresar a nuestros orígenes como sociedad, de apreciar los regalos que nos da la Tierra y que volvemos nuestros mediante el uso del fuego, ya sea para crear un objeto utilitario o una obra de arte. La cerámica es un material que tiene la particularidad de permitirnos contactar con el espacio que habitamos, de dejarnos aprender de la paciencia y el trabajo necesarios para convertir arcilla en un objeto lleno de identidad y cultura. En mi opinión no hay mejor material para representar la importancia del cuidado del medio ambiente que la cerámica, ya que si se trabaja de una manera responsable, forma un vínculo directo entre los seres humanos y la Tierra.

Bibliografía

Alfie, M., (2005). *Democracia y desafío medioambiental en México. Riesgos retos y opciones en la nueva era de la globalización*. Edo. De México, México: Ediciones Pomares y UAM AZC

Almeida, J. (2020). *Impactos ambientales provocados por la extracción de arcilla en el municipio de Ibiassucê-BA*. Obtenido de: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/medio-ambiente/extraccion-de-arcilla>. Consulta 10 de noviembre de 2022.

- Ambikadevi, V., & Lalithambika, M. (2000). *Effect of organic acids on ferric iron removal from iron-stained kaolinite*. *Applied Clay Science*, 16 (3-4), 133-145.
- Anderson, J.C.; Leaver, K.D.; Rawlings, R.D. y Alexander, J.M. (1998) “*Ciencia de los Materiales*”. México, D.F: 2a ed., Editorial. Limusa S.A. y Grupo Noriega,
- Angelli, V. (1941) *Los yacimientos de Minerales y Rocas de Aplicación de la República Argentina. Su Geología y relaciones genéticas*. Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección de Minas y Geología
- Ayala A. y Pinzón M. F. (2001). *Guía ambiental para la industria cerámica en Santafé de Bogotá*. Bogotá
- Azamar, A. (2018). *Minería en América Latina y México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Bertalanffy, L. (1998) “*Introducción y El significado de la teoría general de sistemas*”. *Teoría general de los sistemas*, pp. 7-28.
- Barry, C. y Grant, M. (2013) *Ceramic Materials, science and engineering*. New York: Springer.
- Bloomfield, L. (2020) “How to increase or reduce crazing in glaze” en *Ceramic Arts Network*. Ohio.
- Britt, John (2014) *The Complete Guide to Mid-Range Glazes*. New York: LARK.
- Cathalifaud, M. A., & Osorio, F. (1998). *Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de sistemas*. Cinta de moebio, (3). Chile: Universidad de Chile.
- Capra, F. (1998) *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona, España: Editorial Anagrama,.
- Castillo, L. (2019). *La cerámica de alta temperatura y su diseño a través del tiempo. Un análisis histórico*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- CECODES (2000). *Creando valor con menos impacto*. Traducción del documento eco-efficiency WorldBusiness Council for Sustainable Development, Reino Unido, pp 1-42.
- Comisión Europea (2007) *Industria de Fabricación cerámica*

- CONAMA (1993) *Resolution No. 5, National Environmental Council of Brazil*.
Brasilia: Brazil Government Printing Office,
- Cooper, E. (1987). *Historia de la cerámica*. Barcelona: CEAC
- De Micheli, M. et al., (1971) *Bauhaus*. Madrid
- Díaz de Cossío, A. y Álvarez, F (1982) *La cerámica colonial y contemporánea*.
México, D.F: Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías.
- Díaz, L. A. y Torrencillas, R. (2002) "Arcillas cerámicas: Una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones", *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. España
- Díaz, R. y Escárcega, S. (2009) *Desarrollo Sustentable, una oportunidad para la vida*. CDMX: McGraw Hill, pp. 105-111.
- Dirección de Minas de Guanajuato. (2002) *Panorama Minero del estado de Guanajuato*. México.
- Ellen MacArthur Foundation (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. Disponible en: www.ellenmacarthurfoundation.org. [Consultado el 20 de abril, 2023].
- Escobar, A. (2011). *Ecología política de la globalidad y la diferencia. La naturaleza colonizada*. *Ecología política y minería en América Latina*, 1, 61-92.
- Espejel, C. (1977). *Artesanía popular mexicana* (No. 745.50972 E8). México.
- García, B. (2008). *Ecodiseño. Nueva herramienta para la sustentabilidad*. México DF: Editorial Designio.
- García, E. (2004) *Inventario físico de los recursos minerales del municipio Agua Blanca, Hgo*. México: Consejo de recursos Minerales, Hidalgo.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos, conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Gedisa S.A.
- Gonzales, J. (2013). *Ecoeficiencia: Propuesta de diseño para el mejoramiento ambiental*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books>
- Galán, E. (2004). *Materias primas para la producción de cerámica*

- Gebhart, T. (2018). “ Glaze Unity Formula” en *The American ceramic Society*. Ohio
- Hamilton, David (1989) *Alfarería y cerámica*. Barcelona, España: Editorial Cea
- Hermosillo, A. (2019) *Alfarería sustentable: miradas culturales en México y Japón a partir del diseño. Tesis para optar por el grado de Maestría en Diseño Industrial*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Huffman, D. (2014). *Implicaciones Didácticas para la Formación Tecno-Científica Compleja de Investigadores en América Latina*. *Revista Comunicación*, 23(2-14), 72–88. <https://doi.org/10.18845/rc.v23i2-14.2126>
- Iglesias, J.C. (2006) *Evolución geológica y génesis del yacimiento de caolín La Espingarda, valle inferior del río Chubut. Características industriales versus tipo de roca madre*. Argentina: Universidad Nacional del Sur.
- INEGI (2010) Datos geográficos de Comonfort, Guanajuato. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/11/11009.pdf
- IPPC (2006) *Reference document on best available techniques in the ceramic manufacturing industry*. Sevilla, Spain: European Commission, Institute for Prospective Technological Studies
- Jacobi, P. R. (2005). *Educación Ambiental: El desafío de construcción de un pensamiento crítico, complejo y reflexivo*. Brasil: Educação e pesquisa, 31(02), 233-250.
- Jiménez, A., Armando M. (2013). *Desarrollo tecnológico y su impacto en el proceso de globalización económica: Retos y oportunidades para los países en desarrollo en el marco de la era del acceso*. *Visión Gerencial*, (1), 123-150.
- Jiménez Herrero, L. (1997). *Desarrollo sostenible y economía ecológica*.
- Jiménez, L., Pérez, E., Valero, A., Valero, A., Cerdá, E., Sanz, F. J., ... & De Benito, B. (2019). *Economía Circular-Espiral: Transición hacia un metabolismo económico cerrado*. Madrid: Ecobook Editorial del Economista, 344.
- Kuhn, T. (1968). *La estructura de las revoluciones científicas*. Ciudad de México.: Fondo de Cultura Económica.

- Lago, J. (2014). *Metodología para evaluación ambiental de explotaciones mineras de caolines y arcillas*. Argentina: Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Leff, E. (2006). *Aventuras de la Epistemología Ambiental: de la articulación de ciencias al diálogo de saberes*. México DF: Siglo XXI Editores.
- León, M., Lewinsohn, J. L., & Sánchez, J. (2020). *Balanza comercial física e intercambio, uso y eficiencia de materiales en América Latina y el Caribe*. Colombia: Universitaria Agustiniiana.
- Lovelock, J. (2007) *La venganza de la tierra*. México DF: Planeta Mexicana.
- Macías, F. V. (1999). *Industria y medio ambiente*. Informador Técnico, 59, 12-20.
- Maturana, H., & Varela., F. (2003). *El árbol del conocimiento*. México: Coedición Lumen / Editorial universitaria.
- Marini, R. (1973) *Dialéctica de la dependencia*. México: Era.
- Maresch, O. y Medenbach, W. (1990). *Rocas (Guías de Naturaleza Blume)*. Barcelona, España: Naturart, S.A.
- Martínez-Alier, J., & Roca, J. (2016). *Economía ecológica y política ambiental (Primera reimpresión. Tercera ed.)*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mechi, A., & Sanches, D. L. (2010). *The environmental impacts of mining in the state of São Paulo*. Brasil: Estudos Avançados, 24(68), 209-220.
- Mejía, O. (2019) *Industria cerámica nacional, minería sostenible*. Colombia.
- Mendoza, Leandro (2018) “Ecoeficiencia en el uso de la escoria de acero como sustituto de materia prima en la cerámica tradicional”, en Ecodal México. México: 3er Congreso Latinoamericano de Ecodiseño.
- Minc, L. D. y Sherman, R. J. (2010) *Assessing natural composition in the Valley of Oaxaca as a basis for ceramic provenance studies*. Estados Unidos: Universidad de Oxford, p. 286
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

- Murray, H., y Janssen, (1984). *Oxygen isotopes—indicators of kaolin genesis. In Proceedings of the 27th International Geological Congress* (Vol. 15, pp. 287-303). Estados Unidos: VNU Science Press
- No, H. et al. (2016) “Glaze Development with Application of Unity Molecular Formula,” *Journal of the Korean Ceramic Society*. Korea: Korean Ceramic Society, 53(5), pp. 535–540.
- Ortega, F. (1991). Provincias Geológicas de México, Cap. VI del Texto Explicativo de la Quinta Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana. México: UNAM.
- Laufer, M. (2012). *Nuevos paradigmas en la ciencia y la tecnología*. Interciencia, 37(11), 793-795.
- Londoño Palacio, O. L., Maldonado Granados, L. F., & Calderón Villafañez, L. C. (2014). *Guías para construir estados del arte*.
- López Ramírez, O. (1998). *El paradigma de la complejidad en Edgar Morin*. México: Departamento de Ciencias Humanas.
- Olvera, P. y Hernandez, L. (2014) “El Caolin y sus aplicaciones industriales.” en *PADI, Vol.1, No.2*. México: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Porter, M. E. (1985). *Technology and competitive advantage*. Estados Unidos: Journal of business strategy, 5(3), 60-78.
- Priego, Carlos. (2003)“ La institucionalidad ambiental nacional e internacional” en *Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable*. Buenos Aires: INET, GTZ, p. 332.
- Ramos, C. A. (2015). *Los paradigmas de la investigación científica*. 23(1), 9-17.
- Ramos et al. (2002) “Caracterización de arcillas del Estado de Guanajuato y su potencial aplicación en cerámica.” en *Acta Universitaria*, Vol. 12, num.1. México. pp.23-30.
- Ribeiro, A. (2020) “¿Qué es la lixiviación del suelo? *Brasil Escola*. Disponible en: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-lixiviacao-solo.htm>

- Rieradevall, J., & Vinyets, J. (1999). *Ecodiseño y ecoproductos*. Rubes.
- Saikia, N. et al., (2003). Characterization, beneficiation and utilization of a kaolinite clay from Assam, India. *Applied Clay Science*, 24, 93-103.
- Sampieri, R. (2006) *Metodología de la investigación*. México: Mc Grow Hill
- Schumpeter, Joseph. (1957) *Teoría del desarrollo económico*. México: Fondo de Cultura económica, pp. 76-77.
- Secretaría de Economía (2021) *Perfil de mercado del Caolín*. México.
- Secretaría de Economía (2023) *Trabajadores en la Elaboración de Cerámica, Vidrio, Azulejo y similares*. [en línea] disponible en:
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/occupation/artesanos-y-trabajadores-en-la-elaboracion-de-productos-de-ceramica-vidrio-azulejo-y-similares-761#empleo> [consulta: 23 mayo 2023]
- Secretaría de Economía (2023) *Trabajadores en la Extracción de Cantera, Arcilla, Arena, Piedra y Grava*. [en línea] disponible en:
<https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/occupation/trabajadores-en-la-extraccion-de-cantera-arcilla-arena-piedra-y-grava> [consulta: 23 mayo 2023]
- Sepúlveda, Sergio, Adriana Castro y Patricia Rojas (1998). *Metodología para estimar el nivel de Desarrollo sostenible en espacios territoriales*. Cuadernos Técnicos, No. 4, San José, Costa Rica: IICA, p. 18-19.
- Sousa, W. L. (2000). *Impacto ambiental de hidreléctricas: una análise comparativa de duas abordagens* Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Spielholtz, G., Kaplan, F. (1980). *The problem of lead in Mexican pottery*. Estados Unidos: *Talanta*, 27(11), 997-1000
- Subsecretaría de Minería (2017): *Perfil de mercado del Caolín*. México.
- Tenorio, C. et al., (2009) *Beneficio de caolín procedente del municipio de agua blanca por flotación inversa*. Pachuca: UAEH.
- Terrazas-Meraz, MA. et al., (2015): *Uso de cerámica vidriada como fuente de exposición a plomo en niños indígenas de zonas marginadas de Oaxaca, México*. México.

- Vázquez, Emma (2001) *La cerámica en el diseño industrial, algunas propuestas metodológicas para el desarrollo de pastas y vidriados*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Viniegra, G., & Escobar_M, R. (1966). *El riesgo del saturnismo por la cerámica folklórica mexicana (Estudio preliminar)*. México: Salud Pública de México, 8(1), 69_77-69_77.
- Villanueva, R. (2007). *Los Minerales Industriales. Junta de Castilla y León. Consejería de Economía y Empleo*. España: Dirección de Energía y Minas, p. 21.
- UNWCED: United Nations World Commission on Environment and Development. 1987. *Our Common Future*. Nueva York: Oxford University Press, p. 43.
- Wernerfelt, A. (1995). *The resource-based view of the firm: ten years after*. *Strategic Management Journal*, Vol. 16, 171-174.
- Zimbrón, D. (2009). *El laboratorio de materiales cerámicos*, México: Peradulce Diseño, Editores.

Anexos

Anexo 1. Visita de campo en las minas de Comonfort, Guanajuato.

La investigación se realiza con los caolines de Neutla en el municipio de Comonfort, Guanajuato, aproximadamente a cuatro horas de la ciudad de México. La comunidad se llama Delgado de abajo, y hace más de 100 años se han dedicado a la minería de caolín, pero en los últimos 30 años ha tenido una baja considerable esta actividad, obligando a los jóvenes a emigrar, principalmente a EE.UU.

El jueves 8 de diciembre de 2022 me dirigí, junto con mi primo, a las minas de Comonfort para hacer una visita de campo con entrevistas, documentación fotográfica y recolección de muestras de caolín. Para llegar a la comunidad de Neutla es necesario pasar por el pueblo de Comonfort, que se encuentra catalogado como Pueblo Mágico, 40 minutos más tarde después de haber pasado por el lago

de Neutla se encuentran las primeras casas de Delgado de abajo, las calles dentro del poblado son de tierra y piedra con baches abundantes y nada definidas. Es notorio que su población no está acostumbrada a los visitantes, porque, incluso sin bajar del carro la gente nos miraba con extrañeza. Al contar con poca información sobre la ubicación de las minas nuestro plan era buscar algún lugar para desayunar, algo que muy pronto fue evidente que no iba a ser posible, ya que, los únicos negocios que se veían en el camino principal eran pequeñas tiendas en dónde vendían todo desde granos y legumbres hasta botanas y productos de limpieza. Continuamos hasta que el camino se volvió demasiado complicado por empinado y entonces nos detuvimos en unas de estas tiendas para comprar algo y obtener información. Al entrar a la tienda recibimos las mismas miradas de extrañeza que al entrar al pueblo, seguidas del comentario “aquí no vendemos Sabritas, pero posiblemente en la tienda de más adelante si” recalando nuestra condición de extraños en ese lugar. Elegí algo algunas botanas del mostrador y al momento de pagar pregunté si ellos sabían con quién podría hablar de las minas de caolín, a lo que amablemente respondieron dándonos indicaciones del camino hacia las minas, a punto de subirnos al carro nos volvieron a llamar y parece que después de una breve charla entre la pareja que atendía la tienda, decidieron darnos el nombre del Sr. Miguel Tierra Blanca, quien es encargado de la mina.

Las indicaciones eran llegar hasta un camino de tierra con una subida muy empinada y de ahí continuar hasta lo que ellos describieron como una “carretera” la cuál era otro camino de tierra que cruzaba el camino principal, en donde teníamos que preguntar por el Sr. Miguel, confundidos por esta instrucción continuamos subiendo hasta encontrar yacimientos de caolín abandonados y un camino de subida con letreros del gobierno de Guanajuato que anunciaban medidas preventivas del cuidado de la zona por la extracción del caolín, de este camino bajaba un tráiler cargado con material, por lo que decidimos subir a investigar la zona. Seguimos el camino hasta llegar a la mina, esta se encontraba solitaria con tres máquinas de excavación estacionadas y no contaba con algún tipo de reja o protección, por lo que decidimos meternos y estacionar el carro para bajar a

inspeccionar y buscar a alguien que pudiera darnos información. Unos minutos después, detrás de unos arbustos salió una persona con machete en mano preguntándonos qué hacíamos ahí, después de explicarle que se trataba de una investigación universitaria, se relajó un poco y nos dijo que teníamos que buscar al Sr. Miguel, él era el único que podría darnos acceso a la zona y la información que necesitábamos, después nos dio información de hacia dónde quedaba su casa, subimos de nuevo al carro y nos dirigimos en búsqueda del Sr. Miguel.

Después de preguntar en varias casas llegamos al terreno de la familia del Sr. Miguel, ahí se encontraban su esposa e hija, las cuáles, nos comentaron que acababa de salir hace unos 10 minutos y que no volvería hasta dentro de dos horas, no sabían a donde había ido, pero se reducía a dos lugares, con unos amigos al monte fuera del pueblo o a la mina que hace ya una media hora acabábamos de visitar, por lo que decidimos volver a probar suerte en la mina para no esperar dos horas más.

De vuelta en la mina había más movimiento que unos minutos antes, se encontraban unos cuatro jóvenes que acompañaban al Sr. Miguel, que ya había sido informado de nuestra presencia en el lugar buscando por él y se notaba evidentemente a la defensiva.

Me presenté con el Sr. Miguel y le conté lo que hacía en el lugar, poco impresionado me contestó que ellos no extraían ya caolín, señaló hacía un rincón de la mina y dijo que allá había un poco, me podía llevar lo que quisiera, pero que no sabía si nos iba a servir porque ellos ya se no se dedicaban a eso. Dijo que ya solo sacaban una piedra caliza solida que era diferente al caolín y se agacho a recoger un poco del suelo para mostrarme las diferencias. Le pregunte que porque ya no sacaban caolín y contestó que el gobierno se los prohibía, porque lo sacaban en unas cuevitas y había muchos accidentes en donde trabajadores morían. Al preguntarle sobre si sabía para qué utilizaban la piedra que sacaban de la mina me dijo tajantemente que no, que a él unas personas le pagaban por poder sacarla del lugar, pero no

sabía que hacían con ella y su semblante cambio otra vez de manera negativa al preguntarle si al menos me dejaba tomarle fotografías al lugar, contesto tajantemente que no, eso no. Al confirmar que no éramos bienvenidos ahí, resignado le pregunté si conocía otra mina en donde sí estuvieran sacando caolín y contestó que hacía abajo del lado opuesto por el que subimos había un señor llamado Ignacio Meléndez y le parecía que él continuaba sacando caolín, así es que otra vez con direcciones vagas nos dirigimos a buscar al Sr. Ignacio.

Después de preguntar a varias personas por la mina de caolín, que parecían tener poca o nada de conocimiento de la actividad minera del lugar, llegamos a un yacimiento mucho más grande del que encontramos antes, en donde se encontraban unas tres personas trabajando y otro más que se encontraba cubierto del sol en su camioneta bajo una pequeña lona, para llegar con ellos bajamos un camino empinado y en forma de “U” que pasaba por debajo de un túnel. Al entrar al yacimiento había un montón de caolín en forma de rocas blancas amontonado en un espacio, y lo que hacían los trabajadores era llevar carretas llenas de las rocas hacía una báscula y después las arrojaban a ese montón.

La primera persona que se nos acercó fue el joven de la camioneta, me presenté y le explique lo que estaba buscando del lugar, a lo que respondió con mucha facilidad pero seco y sin mucha expresión que claro, podía llevarme muestras del montón sin ningún problema, aprovechando su disposición le pregunté si podía también tomar algunas fotografías del lugar y contesto que sí, y presionando un poco más, esperando no romper su amabilidad, pregunté si sería también posible elevar un dron para tomar fotografías aéreas y contesto que sí, la racha de afirmativas se cortó cuando le pregunté si podía también hacerle unas preguntas sobre como trabajaban ellos en la mina, contestó que eso solo lo podía hablar con su padre, el Sr. Ignacio Meléndez, que más tarde me daría instrucciones para llegar a su casa y poder hablar con él.

Con los nervios de nuestro encuentro anterior con el Sr. Miguel y la buena pero seca disponibilidad del hijo del Sr. Ignacio, Joel Meléndez, le pedí a mi primo, quien fue mi acompañante en el viaje, que tomara rápidamente la mayor cantidad posible de fotografías mientras yo elevaba el dron antes de que Joel se comunicara con su padre y cambiara de opinión sobre nosotros y lo que hacíamos en el lugar, algo que afortunadamente no sucedió, por el contrario, Joel se nos acercó y comentó que su padre venía en camino para hablar con nosotros y darnos información, así es que con más tranquilidad terminamos de tomar las fotografías y videos del lugar.

Mientras estábamos tomando fotografías vimos a un señor entrando a la mina en una bicicleta vieja, el señor tenía un semblante amable y se acercó a Joel. Entonces entendí que se trataba del Sr. Ignacio, rápidamente le pedí a mi primo que se encargara del dron y me acerque para charlar con él.

La primera parte de la charla no la pude grabar, ya que, mi celular se encontraba como pantalla para dirigir el dron, así es que narraré lo que sucedió, pero más adelante se encuentra una transcripción textual de la información que me brindó el Sr. Ignacio Meléndez encargado de la mina “El caracol”

Joel me presentó a su padre, yo procedí a presentarme y explicarle los motivos de mi visita, a lo que el señor Ignacio se volvió a mostrar con disposición y con más entusiasmo que su hijo, me dijo que antes ya habían ido personas a investigar el caolín que ellos extraían, unos venían del Tecnológico de Celaya y le habían dado información del caolín, la cual apreciaba bastante. Procedió por preguntarme de dónde venía, cuando conteste que de la Universidad Autónoma Metropolitana en la Ciudad de México se entusiasmó más, cómo si se sintiera alagado porque la información de su caolín llegara cada vez más lejos, me dijo que a él eso le gustaba, que se generara información sobre su mina para que más gente la conociera, es por eso que estaba abierto a visitas como la mía a su mina, a lo que le comenté que efectivamente, yo conocía el lugar por la investigación de la Dra. Esthela Ramos de la Universidad de Guanajuato que realizó una investigación en ese lugar en el 2003.

Le pregunté que a quien le vendía el material y me contó que mucha gente está interesada en su caolín y me habló sobre el caso específico de una Ing. Química de Dolores Hidalgo.

Aquí inicia la transcripción textual de lo dicho por el Sr. Ignacio Melendez.

Hace 4 meses que está trabajando – refiriéndose a la Ing. Química de Dolores Hidalgo– va empezando conmigo, es la que se lleva el material este, ella hace la pintura. El papel, hace algunos años ahí teníamos una planta allá en la salida pa' Neutla, ya la amolaron, aquí pues los ejidos a veces, es difícil controlar a un mundo de gente.

Ahí teníamos una planta procesadora, pero entonces, los mismos ejidatarios trabajaban en ella y pues se hicieron cábulas, yo pá que trabajo ahí, solo los motores andaban trabajando, se quemaban todo y bueno etcétera ahí un despapaye el molino. Entonces dijeron, no pues vamos a dejar de trabajar no saca nada, estamos jalando de acá para meterle allá, entonces yo le decía a los señores que andaban en ese: es que mira, no es que la planta no te dé, sino hace falta el cuidado que tú le des, es que mira, tu ahí dejas la planta con todos los peones y que no te falte uno, y tu agarras y te vas, no, es que los peones esta igual que un ganado de chiva, el ganado de chiva si no lo cuidamos se va, y ahí anda uno, no quieren trabajar, no hayán qué hacer en el este, la tolva de mantenimiento, pues tenía la salida en donde salía todo el material para ir manteniendo los molinos, había un señor que sacaba una piedrota para que no saliera el mineral, pues para estar descansando, jugando la baraja, etcétera, pero pasando el tiempo; y eso es lo que te hace falta le dije, es que no es que la planta no te dé, te imaginas, le digo, si las plantas no dieran dinero no hubiera plantas, lo que te hace falta es cuidar de tu planta; no, dijo, yo siento que no. Ah órale. Se busco la gente y se votó para venderla y por eso nos deshicimos de eso. Para mí es bueno tener una planta, para procesar estos materiales.

Afirmando lo que decía le comenté, que en eso es en donde estamos faltos, tenemos buenos materiales, pero no los estamos procesando.

Si, no recuerdo como se llama una cerámica también aquí en México, hace mucho llevo y no se que fin haya tenido, vinieron hace tiempo. Se llevaron unos paquetitos nomás así nada más quebradas.

Le pregunté si había diferencia entre las rocas grandes y las chicas.

No, es lo que le digo a algunas empresas que aquí vienen, miren, lleven de lo que la mina está dando, porque si ustedes escogen las mejores piedras porque por ahí hay unas piedras que son sólidas y si ustedes se llevan de esas, al rato va a salir muy bien el material, y me van a decir: sabes que, yo quiero de esta, y pues no; yo no puedo ni encarecerles, porque sería mentir que voy a tener un buen material, los peones pues igual, si yo les dijera: sáquenme de este, les voy a pagar más; no se comprometen, porque hay puros cachitos chiquitos y en vez de avanzar mejor se retrasan, porque así como van, sacan varias toneladas, y si van a escoger nada más las de buen material, van a sacar nada mas media tonelada y no se van a mantener, entonces esa es la forma en la que van a trabajar. Si no vamos a querer sacar, dice una empresa: “el puro yogurt”, pues quien no va a querer el puro yogurt ingeniero, le digo, y no, hay que llevar de todo.

No pues aquí estamos a sus órdenes, ustedes lleven su muestreo, vean que les puede servir, saquen estudios.

Para continuar la plática, le pregunté cuántos trabajadores tenía en la Mina.

Mire la mina, aquí estamos muy poquitos, ya nada más aquí los que estamos trabajando

–cuatro peones, su hijo y él– aquí le estamos buscando la forma como trabajar, pues ahí por ejemplo, de la mina esta se está sacando lo que ya habían dejado anteriormente, porque las cuevas se trabajó hace unos años; ya nosotros no estamos trabajando ya así, estamos limpiando arriba y estamos trabajando ya ahí, también para que dejaran de morir los trabajadores, que no anden peligrosamente debajo de los cerros, no, esta peligroso. Mire, años atrás pues si había mucha gente trabajando, unos quinientos, unos seiscientos trabajadores, pero pues ya, la gente se empezó a salir por que la minería ya tiene muchos años, ya no es de ahorita, a lo mejor unos cien años o atracito de cien años; así trabajaban anteriormente, en las cuevas, pero se quedó mucho material.

Yo cuando comencé a trabajar esta mina, decía el ejido: nombre, ya esa mina que le andas buscando, ya no tiene material, ya se acabó. En eso me vine, yo aquí, a recorrer el cerro y había muchísimo material y dije: no me lo acabo yo, ni esta generación, no se lo acaba; porque estuve viendo y vi de esos cortes y dije: nombre aquí meto dos tres gentes a los túneles y no, mejor voy a derrumbar a cielo abierto, y así ya no tienen peligro. Y aquí, pues ya trabajan, ya nomás yo les echo su vuelta, porque yo también tengo que recorrer otros lados y si ahorita ustedes quieren llevar arcillas también. No sé si hayan ido para allá, en donde tengo el otro material, este se llama yacimiento “El caracol” aquí ya se llevan lo que su carrito aguante, porque no cabe mucho, se hubieran traído una camioneta para cargar.

Como le digo, ya habían venido de otros lados y ya me querían pagar, y no le digo, yo no quiero dinero, yo lo que necesito es esto – refiriéndose a los estudios– y para mí fue mejor que el dinero, porque si me mando el estudio, entonces se tardaron un tiempecillo y empezó a llegar un cliente de los nuevos y agarraba de aquí agarraba de allá y luego me decía: oiga don nacho, ¿hubiera algún estudio de estos materiales? Sería mucho mejor, ah si le dije, no estoy seguro porque se me entre papelan, pero déjeme ver si los tengo, y

si lo encontré, y se lo mande, y le sirvió mucho, y ya se enfocó; de este quiero, me dijo, porque aquí está el estudio; y ya hasta la fecha el señor ese me está comprando y no quiere de otro lado, y ya no va a ciegas, entonces yo quise ir al tecnológico, si me dio su nombre y su teléfono, pero se me perdió.

Háganlo ustedes, ahí se llevan sus pruebitas, los estudian y si ustedes mismos lo están trabajando que mejor, a lo mejor después ustedes se llevan unos puñitos para allá.

Hace falta también el reconocimiento, más que nada, como ustedes se dedican a esto pues ustedes solos llegan. Aquí andamos a sus órdenes para cuando quieran visitarnos. Luego ya ustedes trabajan por su cuenta, aquí en Comonfort había un maestro de universidad, ahí estudiaba uno de mis hijos, y este muchacho por ahí hizo comentarios con el profesor de los caolines y dice: ¿Cómo ves que el profesor quiere que le lleve unas bolsitas? pues llévaselas le digo, que tiene, ahí le llevo unos paquetitos y le tomo mucha importancia el maestro. Como también es Ing. Industrial, entonces al poco tiempo, a lo mejor en unos 6 meses 7 meses, me dice el muchacho: me comenta el profesor que si le vendes material para que el pida un permiso en la Secretaría, para él hacer unas pruebas de los caolines, no si le digo, dile que si, si le vendemos; si el sus estudios que haga, y le salen bien, y el quiere meterse a esta rama de los caolines, si le vendemos, pues para eso lo tenemos. Entonces, este maestro pidió un permiso de medio año y compro un molinito pequeño, ahí andaba con un muchacho, pero en friega, con un fierro haciendo las bolitas de caolín, y con una pala le echaba ahí para que cayera a su molinito, una paciencia que tenía, que hasta yo lo admiraba también. Y ahí andaba el profesor, dice que venció el medio año, pero ya empezaba a vender y pues según él, por ahí tenía un dinerito guardado y pues quien sabe, pero la cosa es que hizo su molinito así, a la intemperie, lo tapaba con una lona, ahí se fue. Me compraba una tolva o dos tolvas por mes, estamos hablando por ahí de unas 16 – 17 toneladas al mes, y no pues le fue hayando, le fue hayando, y

ahorita él me está comprando arriba de 100 toneladas, y ahorita el dice que ya tiene entregas que ya mejor ni las agarra dice, y es que aquí tenemos muy buenos materiales; una vez me decía un señor, en México dice, nuestro país es el más amolado y el más pobre de los países, y no le digo, tenemos lugares bien bonitos y pues así estamos con los materiales igual; allá en el otro cerro en una ocasión iba a trabajar una empresa con nosotros, teníamos convenio y todo, e hicieron un sondeo como de unos 35 metros a lo mejor, no muy hondo, y estaba ahí yo en un arbolito con los ingenieros viendo lo que estaban sacando, unos chorizos, no sé cómo le llaman que viene de abajo, y en eso uno de los ingenieros le dijo a otro: ves ésta, pues esta arcilla la estamos trayendo quien sabe de dónde, de que país, y pues aquí está mira, estaba a 36 metros, no estaba muy honda y ahí está ese material, porque hasta ahorita no hemos llegado hasta allá, entonces le digo, pues aquí tenemos los minerales, de todo, ya vé, vamos a Dolores y una hermosura que se ve ahí, en Dolores, de muchas diferentes cosas que hay, entre ollas y tazas.

Este material lo estamos dando en \$320 la tonelada, bien barato, es lo que me decían el otro día de Dolores, que aquí estaba bien barato, muy buenos precios, no si le digo, no le hace lo que cueste en otro lado, mis precios son mis precios. No y lo que le digo del maestro, el ya dejó su trabajo y se dedicó al propio y ya le compra a más, a los de allá, y yo digo que el ahorita ya anda trabajando unas 50 toneladas. Nada más aquí, como somos socios de mucha gente aquí, no se puede hacer nada, ahí en Irapuato en donde hay una fábrica de molinos investigue los precios y sentí que si alcanzaba yo a comprar un molino en pausas porque pues no me aceptaban platicar de créditos, sin embargo, cuando yo presente mis cosas de donde trabajo, que yo soy una empresa; no pues ahora si me ofrecieron créditos porque vieron que yo era una empresa, y pues en eso andaba, pero me mataron el espíritu de ánimo mis compañeros, porque dijeron, a mí dame mi dinero, y pues ya inviertes lo tuyo, y pues ni modo que yo ande pagando por el ejido. Aquí estamos constituidos en dos, somos ejido y somos empresa. El ejido es uno, y lleva su

nombramiento la empresa, pero a la vez somos los mismos; y pues me matan el espíritu, pero si se trabaja como el maestro, que hizo su propio negocio ya con materiales molidos nos ayudamos a vivir varias gentes a quien el camión viene y carga, y trae sus propias gentes, les llamamos macheteros; entonces todos están ganando, cargan y se van a las fábricas, mucha gente vive de los minerales, es lo que yo les digo, trabajen bien los minerales aunque yo no este, porque nosotros somos la base principal para que avance bien el trenecito, nosotros somos la maquina y los demás son los vagones, si salió mal el material se detiene todo.

Después de esto, el Ser. Ignacio se acerca su hijo y le pregunta que, si ya mero acaban para ir a enseñarlos el otro material, su hijo se hace el desentendido pero después acepta a llevarnos, él y los peones no quieren perder tiempo de trabajo en llevarnos pero don nacho los convence.

Seguimos a su camioneta en coche, batallando con los caminos montañosos de piedra cruzando el pueblo para llegar al otro yacimiento de arcilla que se encuentra en la cima de un monte, hay algunos árboles pequeños en donde ellos estacionan su camioneta y nosotros estacionamos el coche detrás.

Nos bajamos del carro y me enseña el yacimiento de arcilla que está un poco más arriba, tenemos que caminar unos 50 metros a pie y se encuentra en las entrañas del cerrito. Me comenta que existen varias arcillas dentro de ese espacio y que hay agua debajo de ellas.

El clima ha variado mucho como en las cosechas y los tiempos de sequía, lo hemos cambiado nosotros. Estas arcillas las vemos así medias blancas y al quemar queman naranja. Estas las llevan a Dolores, entonces yo también cuando empezamos a trabajar estas minas allá por el 2000, yo pensé que quemaban blanco pero ya después vi y pues estaba equivocado porque estas ahorita a donde están llegando es al puro proceso y ahí hacen la pasta con los

molinos rodantes, está la bola de piedra y entonces ahí les van formulando sus materiales, y ahí está dándole la vuelta y pues ellos ya saben el tiempo que está listo, y pues ahí sacan por botazos la arcilla para preparar la pasta y se la llevan ya en agua, hasta como un esmalte se me hace, porque ya llevan los platos preparados, las llevan a media sancochar, las vuelven a meter a los hornos y quedan ya las cosas como si fueran vidrio.

También e ido ahí a Pachuca a otro taller se llama ánfora. Ya jubilaron al personal que estaba anteriormente que nos compraba a nosotros, ya agarran la administración de la empresa otras personas y esas personas como que ya no nos entendimos muy bien con ellos, ya fue otro sistema, ya me querían pagar de tiro el material ya muy barato, y le digo no, si ustedes ven sus archivos de documentación de sus materias primas ahí van a encontrar el nombramiento de esta mina, entonces le digo, sus precios ya llevamos un rato con los mismos, para empezar, yo les dejo el mismo pero con el tiempo les vamos a dar una alzada; pero como que no estuvieron de acuerdo, se llevaron unos tres o cuatro tráileres, se llevaron unas 100 o 120 toneladas, y pues ahí yo les navegue para que me pagaran, ahí yo le dije a un ingeniero, sabe que no hay problema le dije, usted avíseme cuando tenga dinero porque yo andar por acá no, ya después yo voy a poner de lo que usted me anda debiendo. Los señores que estaban anteriormente estaban muy metidos, por ahí me debieron un dinerito, se llevaban material y no me pagaban, y pues ya fui para allá y hable con el de compras y me dijo: ya no venga porque pues ahorita dinero no hay, escasamente le vamos a dar nada más para sus viáticos; no que paso ingeniero, es que no soy nada más yo solo, le digo, ahí en el ejido ya me están exigiendo los pagos porque también ya quieren ver su dinero, pues ya me dice ahí que después. Y una señora ahí, que quien sabe que puesto ocupaba, pero ya cuando salí ahí me dice: oiga suba por esta escalera, ahí está el jefe y dígame que le dé un plazo de cuando le van a pagar; y ya fui y era un alemán, estuvimos ahí platicando, y ya me dice, le deben dinero, si le dije, como cuanto será, y mando a llamar al de compras, le dio una regañada de que se estaba

robando los cheques, y ya me hizo un cheque de todo el dinero, y pues ya ve, hay unos señores que son medios canijos que desatienden su trabajo y de ahí para adelante ya no me debieron dinero. Pues ahí estaban en México, ya después se pasaron a Pachuca con una empresa que se llamaba prima cerámica y de repente desapareció, dos años después de comunicaron conmigo y pues ya de aquí se llevaron material, y pues, se acabaron la bolsa de material que encontraron y ya no me pude entender con ellos, yo trabajo despacito.

Ahí está el cerro miré, ahí le quitamos de acá arriba y ahí hay millones de toneladas, últimamente lo estoy haciendo con maquinaria porque ya mis peones no me dan abasto, los trabajo mucho y se cansan. Pasen a ver la mina, en donde está el tesoro. Ya vamos descapotando el cerro para que los muchachos ya no tengan que meterse, todo eso lo estamos mandando a dolores, solo le sacamos la capa de arriba, la tierra vegetal que luego se cae y hay que sacarla de vuelta, todo eso tiene salida a los mercados, nomás que ahorita me piden más de esa arcilla que esta abajo, ese verdiosa, todo se llevan eso sí, nada más que separada, son las mismas arcillas nada más que con diferentes características, ahí andamos mezclando y no ha habido problema.

Esto sigue hasta abajo, esto no se acaba, ahí están los túneles, nomas que ahorita ya no los trabajamos así, y mire aquí hay agua, abajo, si le damos vuelta por los túneles ahí hay agua abajo. Me decía un trabajador que andaba con una vara, y decía aquí hay agua porque la vara se chicoteba, pero pues yo pensaba, que profundidad podría tener le digo, hay agua hasta el arroyo allá abajo del cerrito, no le hice caso y nos fuimos minando, un día de repente empezó a salir con su tierra bien mojada, ya era lodo, y me dice no, el agua ya me echo pa fuera y era temporada de sequía, la tierra producía ya el agua, y ahí está el agua, no se ha acabado.

Después de esto salimos de la mina y nos acercamos hacia los carros. Intercambié contactos con el Sr. Ignacio y se despidió amablemente, nos dijo que podíamos llevarnos lo que quisiéramos del lugar, ellos ya se tenían que retirar para seguir trabajando. Ellos se fueron y nosotros continuamos sacando fotos y llevando muestras de la arcilla de ese lugar, con las miradas extrañas de personas que estaban moviendo su ganado, algunos se acercaron a nosotros como para ver que hacíamos, pero con una actitud amable. Terminando de recoger las muestras bajamos del cerro y emprendimos el camino de regreso.