

Análisis de los impactos ambientales ocasionados por la actividad alfarera en Colombia

Diana Lorena Parra Otálora

Asesor

Diana Carolina Caicedo Ortegón

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA.

Ingeniería Ambiental

2025

Dedicatoria

A mi madre,

Por ser el ejemplo de fortaleza y sabiduría que ha iluminado cada uno de mis pasos. Tu amor y apoyo incondicional han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hija,

Eres mi mayor inspiración y la razón por la que siempre lucho por ser mejor. Tu luz y alegría me motivan a continuar creciendo y aprendiendo, para dejarte un legado del que puedas sentirte orgullosa.

A mi esposo,

Mi compañero de vida, gracias por tu amor inagotable y por creer en mí en cada etapa de este viaje. Tu apoyo constante ha sido esencial para que hoy alcance este logro.

Con todo mi amor y gratitud,

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una forma u otra, hicieron posible la realización de este trabajo.

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para superar los desafíos que encontré en el camino. Su guía y apoyo han sido fundamentales en cada paso de este proceso.

A mi familia, por su apoyo incondicional y por ser mi mayor fortaleza en cada momento. A mi madre, mi hija y mi esposo, gracias por su paciencia, comprensión y por estar siempre a mi lado, brindándome ánimo en los momentos más difíciles. Este logro no habría sido posible sin su amor y confianza.

A mi directora de trabajo de grado, Diana Carolina Caicedo, quien, con su orientación, sabiduría y dedicación, me guio durante todo este proyecto. Su compromiso y sus valiosas sugerencias fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo. Agradezco profundamente su tiempo y esfuerzo para ayudarme a crecer profesionalmente.

A todos aquellos que, de alguna manera, contribuyeron a la realización de esta monografía, les extiendo también mi gratitud.

Resumen

La actividad alfarera es una de las artes más antiguas, y está orientada a la elaboración de toda clase de utensilios y objetos de barro o arcilla que han permitido que familias generen ingresos para su sustento; sin embargo, este tipo de actividad cuando se desarrolla sin ningún tipo de medida de control ambiental genera daños a la salud de quienes se dedican a esta actividad y a los habitantes ubicados en zonas cercanas, ocasionando afectación a los recursos como el suelo, el agua y el aire.

El proyecto tiene como finalidad estudiar la problemática ambiental y social presentada por las actividades de la industria alfarera en Colombia, mediante la verificación, descripción y análisis de las metodologías de estudio de impacto ambiental por el desarrollo de cada uno de los procesos desarrollados por esta industria; posteriormente, se realizará la identificación de los impactos ambientales significativos presentados en el área de influencia de los mismos que afectan el medio biótico, abiótico y social, identificando las medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección de los mismos, lo cual contribuirá conocimiento para dar respuesta de cómo entender el territorio, al observatorio intersistémico regional OIR UNAD.

Palabras clave: Alfarería, Impacto, Arcilla, Cerámica, Sostenibilidad

Abstract

Pottery making is one of the oldest arts and involves the creation of all kinds of clay utensils and objects, allowing families to generate income for their livelihoods. However, when carried out without any environmental control measures, this type of activity causes harm to the health of those engaged in this activity and to residents in nearby areas, impacting resources such as soil, water, and air.

The project aims to study the environmental and social problems posed by the pottery industry in Colombia by verifying, describing, and analyzing environmental impact assessment methodologies for each of the processes developed by this industry.

Subsequently, the significant environmental impacts presented in the area of influence, affecting the biotic, abiotic, and social environments, will be identified. Measures for prevention, mitigation, compensation, and correction will be identified. This will contribute knowledge to the regional intersystemic observatory (OIR UNAD) to address how to understand the territory.

Keywords: Pottery, Impact, Clay, Ceramics, Sustainability

Tabla de Contenido

Introducción	9
Objetivos	11
Antecedentes de la Actividad Alfarera en Colombia.....	12
Marco Legal	16
Diagnóstico del Sector	19
Principales Metodologías Utilizadas en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia y su Aplicabilidad a la Industria Alfarera.....	23
Procesos e Impactos Ambientales de la Actividad Alfarera en Colombia	45
Planes de Mejora para Controlar los Impactos Generados por la Actividad Alfarera en Colombia.....	57
Conclusiones	63
Referencias Bibliográficas	65

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Metodologías y términos de referencia en los estudios de impacto ambiental</i>	<i>31</i>
Tabla 2	<i>Ventajas y desventajas de los métodos de evaluación de impacto ambiental</i>	<i>43</i>
Tabla 3	<i>Impactos más significativos por proceso dentro de la actividad alfarera.....</i>	<i>56</i>

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Proceso productivo de la actividad alfarera</i>	45
Figura 2 <i>Esquema horno túnel</i>	60
Figura 3 <i>Esquema horno zigzag</i>	61

Introducción

La actividad alfarera en Colombia representa un legado cultural de enorme valor, cuyas raíces se remontan a las civilizaciones indígenas que habitaron el territorio mucho antes de la llegada de los colonizadores europeos. Estas comunidades desarrollaron técnicas de modelado y cocción de cerámica que han perdurado a lo largo de los siglos, adaptándose a las transformaciones culturales y económicas del país. Hoy en día, esta actividad no solo es una manifestación artística y cultural, sino también una fuente importante de sustento económico para miles de familias, especialmente en comunidades rurales como Ráquira (Boyacá) y La Chamba (Tolima).

En este contexto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia ha establecido lineamientos claros para la evaluación de impacto ambiental a través de diversas normativas. Entre ellas se encuentran la Resolución 1402 de 2018, que adopta la Metodología General para la Elaboración de Estudios Ambientales; la Resolución 00447 de 2020, dirigida a proyectos de pequeña minería; y la Resolución 00448 de 2020, enfocada en la formalización minera. Estas normativas proporcionan un marco regulatorio esencial para asegurar que las actividades alfareras, especialmente aquellas relacionadas con la extracción de arcilla, se desarrollen de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

A pesar de la existencia de estas metodologías, la industria alfarera enfrenta importantes desafíos en términos de sostenibilidad ambiental. Los procesos implicados, desde la extracción de arcilla hasta la cocción y el transporte de los productos, generan impactos significativos en el entorno natural y en la salud de las comunidades cercanas. Entre estos, se destacan la degradación del suelo, la contaminación del aire y del agua, la pérdida de biodiversidad y el consumo intensivo de recursos hídricos. Adicionalmente, la quema de combustibles en los hornos genera emisiones atmosféricas que contribuyen al cambio

climático y afectan la calidad del aire, lo que representa un riesgo para la salud pública. La deforestación causada por la extracción de arcilla también altera el equilibrio ecológico, aumentando la vulnerabilidad del suelo a la erosión y afectando los cuerpos de agua cercanos. Estas problemáticas, agravadas por la informalidad del sector y la falta de implementación de buenas prácticas, exigen una intervención estructurada y regulada.

Para abordar estos desafíos, es fundamental implementar estrategias de prevención, mitigación y compensación que fomenten el desarrollo sostenible de la industria alfarera. En este sentido, se analizarán diversas prácticas orientadas a minimizar el impacto ambiental, como la optimización del uso de materias primas, la reducción del desperdicio de arcilla, el uso responsable del agua, la implementación de métodos de cocción más eficientes y la adopción de procesos organizativos que promuevan la gestión sostenible de los recursos. Además, se destacará la importancia de la capacitación y la formalización del sector para garantizar la aplicación de buenas prácticas ambientales en todas las etapas de producción.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la incidencia de la actividad alfarera en Colombia, enfocándose en la revisión y análisis de las metodologías establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los impactos ambientales asociados y las estrategias de manejo para su mitigación. A través de la revisión de las normativas y la identificación de las problemáticas más relevantes, se busca generar propuestas que equilibren la tradición alfarera con la sostenibilidad ambiental.

Así, se espera aportar al entendimiento de la relación entre la alfarería y la sostenibilidad ambiental en el contexto colombiano, promoviendo una actividad que honre su legado cultural sin comprometer los recursos naturales y la calidad de vida de las comunidades.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la incidencia de la actividad alfarera en Colombia a través de su impacto ambiental.

Objetivos Específicos

Describir las principales metodologías de estudio de impacto ambiental en la actividad alfarera en Colombia.

Identificar los principales impactos ambientales relacionados con la actividad industrial alfarera en Colombia.

Determinar los planes de mejora propuestos para controlar los impactos generados por la actividad alfarera en Colombia

Antecedentes de la Actividad Alfarera en Colombia

Surgimiento y Primeras Culturas

La alfarería en Colombia se originó con las civilizaciones indígenas que habitaban el territorio mucho antes de la llegada de los colonizadores europeos. Culturas como los Muiscas, los Taironas y los Quimbayas desarrollaron técnicas avanzadas de modelado y cocción de cerámica. Esta tradición no solo tenía un fin utilitario, sino que también estaba impregnada de simbolismo y ritualidad, reflejando las creencias y prácticas culturales de estas sociedades (Artesanías de Colombia, 2023).

Transformación a lo Largo de la Historia

Con la llegada de los españoles en el siglo XVI, las técnicas de alfarería en Colombia comenzaron a fusionarse con influencias europeas. Los colonizadores introdujeron nuevas formas y métodos de cocción. Esto llevó a un periodo de transformación en la producción alfarera, que se caracterizó por la adaptación de las técnicas indígenas y la incorporación de nuevas tradiciones (Artesanías de Colombia, 2023). En el siglo XIX, la industrialización afectó la producción de cerámica, ya que las fábricas comenzaron a producir en masa. Sin embargo, muchas comunidades de alfareros, como los de la región de Boyacá y el Eje Cafetero, mantuvieron vivas las técnicas tradicionales, enfocándose en la calidad y la originalidad de sus productos (Artesanías de Colombia, 2023).

Lugares de Producción

Los principales centros de alfarería en Colombia incluyen a Ráquira (Boyacá), conocida como la "capital de la cerámica", famosa por su colorida alfarería y sus técnicas tradicionales y La Chamba (Tolima), reconocida por su cerámica negra, que mantiene prácticas ancestrales transmitidas de generación en generación (Artesanías de Colombia, 2023).

Estado Actual de la Alfarería en Colombia

En la actualidad, la industria alfarera en Colombia enfrenta retos y oportunidades. Aunque, ha habido una disminución en la demanda de productos tradicionales debido a la competencia de artículos industriales y plásticos, hay un creciente interés por parte de los consumidores por productos artesanales y sostenibles. Según Artesanías de Colombia (2023), se estima que aproximadamente 3.000 familias dependen de la producción de cerámica en el país. La preservación de estas tradiciones está siendo apoyada por diversas iniciativas gubernamentales y ONG que buscan promover el patrimonio cultural y mejorar las condiciones de vida de los artesanos (Artesanías de Colombia, 2023).

Cifras y Datos Relevantes

Producción: se estima que en Colombia hay alrededor de 20.000 artesanos dedicados a la alfarería, con una producción anual que supera los 5 millones de piezas (Artesanías de Colombia, 2023).

Economía: la venta de productos artesanales genera ingresos significativos para muchas comunidades rurales, contribuyendo al desarrollo económico local (Artesanías de Colombia, 2023).

Definición del Oficio de Alfarería y Cerámica Artesanal

La alfarería y cerámica artesanal constituyen un trabajo manual y creativo, que, ayudado de maquinaria simple, aplica técnicas de modelado y moldeado para transformar las arcillas en objetos útiles o decorativos. Regularmente este oficio se realiza, por tradición en talleres o microempresas familiares o ha sido promovido por la capacitación formal de la Academia (Artesanías de Colombia, 2001).

La Alfarería: se da el nombre de alfarería al trabajo en barro o arcilla, cuya mezcla con otros materiales (desgrasantes: arena) se realiza sin estricta selección ni

cuantificación, por conocimiento empírico, dando forma consistente en una sola cocción y elaborando vasijas y figuras.

Regularmente el material de arcilla es preparado por el propio artesano con métodos y técnicas rudimentarias, macerando o moliendo la arcilla hasta pulverizarla y remojándola para darle plasticidad y mezclándola para darle consistencia. Para la elaboración de piezas se aplican diferentes técnicas como el moldeado, las placas, el modelado en rollo y el torneado. Los objetos producidos pueden tener diferentes tipos de decoración y acabados como incisiones, calados, engobes, bruñidos y pintura.

En la alfarería, las piezas son cocidas al aire libre o en hornos de bahareque o adobe, utilizando leña, carbón o ACPM como combustible y logrando un nivel de temperatura máxima de 800°C, con deficiente control de esta y realizando una sola quema.

Los objetos que se elaboran son básicamente utilitarios (loza de arena, materas, vajillas, cazuelas, etc.) y decorativos, pero de gran riqueza de acabados en su textura, engobes, formas y colores (Artesanías de Colombia, 2001).

La Cerámica: la cerámica es el trabajo artesanal de elaboración de objetos de alta calidad y excelente acabado en pasta cerámica. Esta se obtiene de determinadas arcillas, cuyos componentes fisicoquímicos son establecidos previamente mediante análisis y se mezclan con precisión con desgrasantes e insumos minerales y químicos. Regularmente esta pasta cerámica se puede obtener en el mercado como materia prima para la producción cerámica.

Las técnicas que particularizan este oficio son el moldeado, la placa, el modelado y el torneado. Sus productos, decorativos, utilitarios o artísticos, son decorados con diversos procedimientos como grabado, calado, incisión, aplicación, incrustación y esmaltes, entre otros.

Una especialidad técnica que caracteriza a la cerámica es el vidriado, consistente en la aplicación de sustancias de origen mineral tratadas químicamente que, al impregnar con ellas total o parcialmente los objetos previamente cocidos y sometiéndolos a segunda cocción, reaccionan dando brillo, colorido e impermeabilidad.

Las piezas elaboradas son luego cocidas a temperaturas controladas con pirómetros o conos paramétricos, entre 900 a 1210°C, en hornos eléctricos o a gas, en 1 o 2 cocciones, para hacerlas aptas para su uso (impermeabilización, resistencias térmicas y de choque) (Artesanías de Colombia, 2001).

Marco Legal

Dentro de las principales normas que se aplican al sector alfarero de acuerdo con sus procesos productivos e impactos ambientales se encuentran:

Ley 99 de 1993: por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

Ley 685 de 2001 (Código de Minas): fomenta la exploración y extracción mineral.

Decreto 1076 de 2015: decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, regula las disposiciones relacionadas con las licencias ambientales en Colombia. Este decreto establece competencias específicas para las diferentes autoridades ambientales en cuanto a la extracción de materiales como las arcillas. A continuación, se destacan los artículos aplicables a este tipo de actividad:

Artículo 2.2.2.3.2.2. Competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA): la ANLA otorgará o negará la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades relacionados con la explotación de arcillas:

Literal b): materiales de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos: cuando la producción proyectada sea mayor o igual a seiscientos mil (600.000) toneladas/año para las arcillas o mayor o igual a doscientos cincuenta mil (250.000) metros cúbicos/año para otros materiales de construcción o minerales industriales no metálicos.

Artículo 2.2.2.3.2.3. Competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales: las CAR, junto con otras autoridades ambientales, tendrán competencia para otorgar o negar la licencia ambiental para proyectos de menor escala, de acuerdo con las siguientes condiciones:

Literal b): materiales de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos; cuando la producción proyectada sea menor a seiscientos mil (600.000) toneladas/año para las arcillas o menor a doscientos cincuenta mil (250.000) metros cúbicos/año para otros materiales de construcción o minerales industriales no metálicos".

Decreto 1666 de 2016: por el cual se adiciona el decreto único reglamentario del sector administrativo de minas y energía, 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera.

Resoluciones 2001 de 2016 y 1499 de 2018 (Minambiente): se determinan zonas compatibles para extracción minera.

Resolución 18-0861 de 2002 del Ministerio de Minas y Energía: por medio de la cual se adoptan las guías minero-ambientales.

Resolución 909 de 2008 (Minambiente): se establecen los estándares de emisión máximos permisibles por fuentes fijas.

Resolución 1402 de 2018: por la cual se adopta la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales y se toman otras determinaciones.

Resolución 0447 de 2020: Por la cual se expiden los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería y se toman otras determinaciones.

Resolución 0448 de 2020: por el cual se establecen los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental temporal para la formalización minera y se toman otras determinaciones.

Documento CONPES 3943 de 2018. Política para el mejoramiento de la calidad del aire cuyo objetivo general es “Reducir la concentración de contaminantes en el aire que afectan la salud y el ambiente”.

Diagnóstico del Sector

En el año 2001, la Entidad Artesanías de Colombia realiza una caracterización al subsector de la cerámica y alfarería artesanal, en donde señala algunas zonas de Colombia en donde el oficio alfarero se conserva como trabajo tradicional de grupos y comunidades, heredados de antepasados indígenas y destaca algunos municipios como lo son Ráquira, Boyacá y La Chamba, Tolima.

Andi 2019 menciona que, el 25% de las toneladas de ladrillos en Colombia es producido por la gran industria en tan solo el 3% de los hornos, mientras que el 75% restante se produce en el 97% de hornos, lo que corrobora la alta informalidad.

En el año 2014 la economía colombiana creció 4.6% cifra menor a la registrada en años anteriores debido al decrecimiento en la producción de petróleo, crudo y gas, que cayeron en promedio 1,4%, mientras que con un -8.4% el sector de minas y canteras fue el único que presentó cifras en rojo para la vigencia 2014. Sin embargo, el sector que tuvo la mayor expansión fue el de la construcción con 9.9%. (Corporación Ambiental Empresarial, 2015)

En 2015, la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) realizó un inventario nacional del sector ladrillero, con el objetivo de conocer la distribución geográfica del sector, la producción regional y la variedad de tecnologías y prácticas; y contar con información sobre las emisiones contaminantes a la atmósfera, gases de efecto invernadero y material particulado. Este estudio reveló que la producción de ladrillo y cerámica en Colombia se encuentra dentro del subsector minero de los materiales de construcción, compuesto principalmente por la explotación de arcilla, arena, gravas, entre otros recursos mineros. Asimismo, se registró la existencia de 1.508 ladrilleras, con una mayor concentración en los

departamentos de Boyacá (30%), Cundinamarca y Valle del Cauca (16% cada uno) (Corporación Ambiental Empresarial, 2015, p. 36).

Estas concentraciones geográficas indican que los impactos ambientales pueden ser más pronunciados en estas regiones, debido a la alta densidad de operaciones alfareras. Por lo tanto, es crucial que las estrategias de sostenibilidad y mitigación de impactos ambientales se enfoquen en estas áreas, promoviendo prácticas responsables y tecnologías limpias que minimicen los efectos negativos en el medio ambiente y la salud de las comunidades locales.

El sector alfarero de producción de ladrillo en Colombia representa un componente significativo de la industria nacional, vinculado estrechamente al sector de la construcción, que es su principal consumidor. En 2018, la fabricación de otros productos no metálicos, que incluye productos de arcilla, aportó 11.8 billones de pesos al Producto Interno Bruto (PIB) del país, y empleó a más de 28.000 personas (DANE, 2018). La clasificación de las actividades económicas del sector comprende diversas categorías relacionadas con la extracción y fabricación de cerámica y productos de arcilla. No obstante, determinar cifras precisas sobre su contribución al PIB y al empleo sigue siendo un desafío debido a la falta de fuentes oficiales. Otros, estudios realizados por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) han proporcionado algunas estimaciones sobre el sector ladrillero, subrayando la necesidad de mejorar los sistemas productivos y adoptar tecnologías eficientes para aumentar la competitividad de los productos.

La legislación colombiana ha evolucionado con respecto a los requisitos de los Estudios de Impacto Ambiental - EIA. Desde la implementación de la Ley 99 de 1993, que establece los criterios para el licenciamiento ambiental, hasta el Decreto 1076 de 2015, que detalla las actividades que requieren una licencia. Sin embargo, algunas actividades con potenciales impactos ambientales significativos han sido excluidas del proceso, lo que ha

generado críticas sobre la efectividad de la regulación ambiental en Colombia (Toro Calderón, Martínez Prada & Arrieta Loyo, 2013).

El Decreto 1076 de 2015 regula las actividades que pueden generar impactos significativos en el medio ambiente y, por tanto, requiere la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para obtener la licencia ambiental. El decreto establece que proyectos de explotación de recursos naturales, como la extracción de materiales (en este caso, arcilla) para la producción alfarera, deben cumplir con ciertos procedimientos de evaluación ambiental.

En Colombia, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la herramienta más relevante para tomar decisiones sobre proyectos, obras o actividades que puedan generar efectos ambientales significativos. El método de evaluación del impacto ambiental más comúnmente empleado es el cualitativo, basado en la metodología propuesta por Conesa, aunque ha sido modificado en algunos casos, lo que ha afectado la eficacia de la EIA al aumentar la subjetividad y los sesgos de los evaluadores (Toro Calderón, Martínez Prada & Arrieta Loyo, 2013).

Los métodos utilizados para la evaluación de impactos ambientales incluyen diversas técnicas, tales como listas de chequeo, matrices y superposición de imágenes. En Colombia, se ha preferido el método de matrices cualitativas, como el propuesto por Conesa, debido a su facilidad de manejo y bajo costo. Este método permite al evaluador asignar una importancia a los impactos según criterios como intensidad, extensión, persistencia y reversibilidad (Toro Calderón et al., 2013, p. 49).

Sin embargo; a pesar de su popularidad, el método cualitativo presenta limitaciones significativas, principalmente relacionadas con la subjetividad y la manipulación potencial de los resultados por parte del evaluador. Las modificaciones realizadas a este método en

algunos estudios han generado inconsistencias en la calificación de los impactos, lo que podría llevar a subestimar los impactos severos o críticos (Toro Calderón, Martínez Prada & Arrieta Loyo, 2013).

Otro problema detectado es la falta de correlación entre la magnitud del impacto y las medidas de manejo propuestas en los Planes de Manejo Ambiental (PMA). En muchos casos, las medidas propuestas no se corresponden con la gravedad de los impactos, lo que compromete la efectividad del proceso de EIA y puede dar lugar a impactos residuales que siguen afectando al ambiente tras la implementación del proyecto (Toro Calderón, Martínez Prada & Arrieta Loyo, 2013).

Principales Metodologías Utilizadas en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia y su Aplicabilidad a la Industria Alfarera

En Colombia, los estudios de impacto ambiental – EIA para proyectos, obras o actividades específicas no se basan en métodos estándar, sino en metodologías adaptadas a las características particulares de cada proyecto. Estas metodologías están reguladas por términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales se definen a través de resoluciones y son aplicables a proyectos, obras o actividades que requieren el trámite de licencia ambiental. Para el caso de la actividad alfarera, la única fase que requiere una licencia ambiental es la extracción de arcilla, la cual se considera como actividad minera. La metodología que se utiliza para estos estudios dependerá del tamaño del proyecto, las cuales se describen a continuación:

Resolución 1402 de 2018: Metodología General para Estudios de Impacto Ambiental

Esta metodología proporciona un conjunto de instrucciones ordenadas y jerarquizadas para facilitar la elaboración y presentación de estudios ambientales requeridos en el proceso de licenciamiento ambiental en Colombia; su objetivo es asegurar que los estudios contengan la información necesaria para que las autoridades ambientales tomen decisiones con transparencia, eficiencia y objetividad

Ámbito de Aplicación

Aplica a todos los proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento ambiental en Colombia. Los requisitos incluyen la delimitación del área de influencia, descripción detallada del proyecto, análisis de compatibilidad con planes de ordenamiento territorial, identificación de recursos naturales a utilizar, caracterización del medio ambiente, evaluación de impactos ambientales y propuesta de un plan de manejo ambiental.

Relación con la Actividad Alfarera

La industria alfarera, que implica la extracción y procesamiento de arcilla, puede generar diversos impactos ambientales, como alteraciones en el suelo, consumo de agua y emisiones atmosféricas. Por ello, es fundamental que los proyectos alfareros elaboren un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) siguiendo la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales para obtener la licencia ambiental correspondiente.

Competencia del Otorgamiento

La competencia para otorgar licencias ambientales en Colombia está regulada por el Decreto 1076 de 2015. Según el Artículo 2.2.2.3.2.2, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es responsable de otorgar licencias para proyectos de gran envergadura o que abarcan múltiples jurisdicciones; por otro lado, el Artículo 2.2.2.3.2.3 establece que las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son competentes para proyectos de menor escala y ámbito local. Por lo tanto, en el caso de actividades alfareras, que generalmente son de menor escala, la competencia para otorgar la licencia ambiental recae en la CAR correspondiente a la región donde se desarrollará el proyecto.

Términos de Referencia

Dentro de los aspectos a tener en cuenta dentro de los términos de referencia se encuentra:

Descripción del Proyecto. Incluye información detallada de las actividades, fases (exploración, explotación, cierre y abandono) y el área de influencia.

Línea Base Ambiental. Se requiere información sobre el estado actual de los recursos naturales (agua, aire, suelo, flora, fauna) y las comunidades en el área de influencia directa e indirecta.

Identificación y Valoración de Impactos Ambientales Potenciales. Al realizar un análisis ambiental de un proyecto, es fundamental identificar los impactos significativos que

podrían surgir en el área de estudio. Estos impactos pueden ser tanto positivos como negativos e incluyen efectos indirectos, acumulativos y sinérgicos. Es importante determinar cuáles de estos impactos no pueden ser evitados ni mitigados.

Para llevar a cabo esta identificación, se deben considerar todas las etapas y actividades involucradas en cada alternativa del proyecto, evaluando cómo interactúan con los diferentes componentes del medio ambiente. Una forma efectiva de presentar esta información es mediante una tabla que detalle el medio o componente afectado, la naturaleza del impacto (positivo o negativo) y su presencia en escenarios con y sin el proyecto.

Además, es necesario analizar cómo los impactos existentes en el escenario sin proyecto podrían cambiar con la implementación de las alternativas propuestas, ya sea aumentando, disminuyendo o transformándose en nuevos impactos sinérgicos a corto, mediano o largo plazo. En casos de incertidumbre sobre la magnitud o alcance de algún impacto, se deben realizar predicciones considerando el escenario más crítico. Finalmente, es esencial proponer medidas de manejo para los impactos significativos identificados en cada alternativa, asegurando una gestión ambiental responsable y sostenible.

Plan de Manejo Ambiental (PMA). Define las acciones para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos identificados.

Plan de Seguimiento y Monitoreo. Se deben identificar oportunidades de mejora en el desarrollo del proyecto y de sus planes y programas mediante el cálculo y análisis periódico de los indicadores que se formulen para los planes y programas del PMA estableciendo que sección o dependencia será la encargada de en el cálculo de los indicadores.

Resolución 00447 de 2020: Metodología para Estudios de Impacto Ambiental en Pequeña Minería

La Resolución 0447 de 2020 establece los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) requerido para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña minería en Colombia. (MADS, 2020).

Ámbito de Aplicación y Requisitos

Aplica a proyectos clasificados como pequeña minería, según el Decreto 1666 de 2016, donde se realiza explotación de recursos minerales para actividades industriales como la alfarería.

El EIA deberá incorporar la descripción del proyecto de explotación minera, el diagnóstico general desarrollado de la zona en donde se lleva a cabo dicha actividad, la evaluación ambiental cualitativa de impactos ambientales, las medidas de manejo ambiental proyectadas, las condiciones de la explotación, el área donde se desarrolla, el alcance del EIA, que comprende la determinación y la afectación de los impactos ambientales que resulten de las actividades mineras (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020, p. 5).

Relación con la Actividad Alfarera

Estos Términos de Referencia para la elaboración del EIA para el trámite de la Licencia Ambiental Global o definitiva, son aplicables a todos los tipos de minerales y rocas (arcillas, caliza, carbón, piedras preciosas, materiales de construcción, oro y demás) y a cualquiera de los tipos de minería (cielo abierto o subterráneo) y métodos de explotación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020, p. 6); es decir aplican para la actividad de extracción de arcilla en la alfarería.

Términos de Referencia

El anexo de los términos de referencia contenido en esta resolución regula los requisitos específicos para proyectos de pequeña minería que requieren una licencia ambiental global o definitiva y tiene en cuenta los siguientes aspectos:

Descripción General del Proyecto. Incluye las características técnicas y operativas del proyecto minero, como el método de extracción, maquinaria utilizada y el cronograma de actividades describiendo las actividades actuales y futuras.

Caracterización Ambiental. Se requiere recopilar y analizar información sobre el clima, hidrogeología, calidad del aire y biodiversidad en el área de influencia a partir de información cualitativa y cuantitativa.

Valoración de Impactos Ambientales. La evaluación ambiental analiza de manera integral los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos del proyecto, considerando su interacción con otras actividades en el área de influencia. Se deben definir metodologías, criterios (como carácter, magnitud, duración y reversibilidad) y escalas espaciales y temporales para ponderar cualitativa y cuantitativamente dichos impactos, permitiendo un análisis integrado y multidisciplinario. El estudio se desarrolla en tres escenarios: sin proyecto, con minería previa y con nuevo proyecto, identificando las actividades que han modificado el entorno, evaluando el estado actual de los medios abióticos, bióticos y socioeconómicos, y analizando las tendencias para diseñar medidas de manejo ambiental que mitiguen efectos sobre recursos hídricos, suelos, geología, atmósfera, flora, fauna, infraestructura y paisaje.

Planes de Manejo Ambiental (PMA). El Plan de Manejo Ambiental (PMA) integra cinco elementos esenciales: programas de manejo ambiental, plan de seguimiento y monitoreo, plan de gestión del riesgo, plan de cierre y abandono, y plan de compensación por pérdida de biodiversidad. Los programas detallan acciones y medidas para prevenir, mitigar,

corregir o compensar los impactos ambientales, estableciendo objetivos, metas, actividades, ubicaciones, diseños de medidas, responsables, indicadores, cronograma y costos, siguiendo una jerarquía que prioriza la prevención y mitigación. Además, el plan de seguimiento y monitoreo define métodos para evaluar periódicamente la efectividad de estas acciones y ajustar las medidas en caso de baja eficacia, garantizando así un manejo integral de los impactos del proyecto.

Este anexo es crucial para proyectos alfareros que trabajan con extracción de arcilla a pequeña escala, ya que se enfoca en impactos locales y medidas de mitigación ajustadas a este nivel.

Resolución 00448 de 2020: Metodología para Estudios de Impacto Ambiental en Proyectos de Formalización Minera

La Resolución 0448 de 2020 establece los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) requerido para el trámite de la Licencia Ambiental Temporal para la formalización minera en Colombia. Esta resolución es aplicable a las autoridades ambientales y a los particulares que realicen actividades de explotación minera y que pretendan obtener su título minero bajo el marco normativo de la formalización de minería tradicional, o en virtud de la formalización que ocurra con posterioridad a las declaratorias y delimitaciones de áreas de reserva especial, o que pretendan ser cobijadas a través de alguno de los mecanismos para la formalización minera bajo el amparo de un título minero en la pequeña minería (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020, art. 1 y 2).

En el marco de la Resolución 0448 de 2020, la licencia ambiental temporal para la formalización minera es otorgada por la autoridad ambiental competente correspondiente a la jurisdicción donde se desarrollará el proyecto minero. Esta autoridad puede ser una

Corporación Autónoma Regional (CAR) o una Autoridad Ambiental Urbana, dependiendo de la ubicación específica del proyecto.

Una vez que el solicitante presenta el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), la autoridad ambiental tiene un plazo de treinta (30) días para evaluar la viabilidad de otorgar la licencia ambiental temporal. Esta licencia tendrá vigencia durante el tiempo que dure el proceso de formalización minera y dos meses adicionales después de otorgado el contrato de concesión minera o la anotación correspondiente.

Ámbito de Aplicación

Esta metodología está dirigida específicamente a proyectos en proceso de formalización minera que realizan la extracción de minerales a pequeña escala, incluyendo la arcilla, como parte de su actividad principal. Los términos de referencia establecidos en la Resolución 0448 de 2020 requieren la presentación de un diagnóstico ambiental preliminar que identifique las condiciones iniciales del área de influencia del proyecto, abarcando factores como el estado de los recursos hídricos, la calidad del suelo, y la biodiversidad presente.

Relación con la Actividad Alfarera

Es crucial para pequeños productores de arcilla que buscan regularizar su operación y cumplir con estándares ambientales.

Términos de Referencia

Los requisitos mínimos que deben cumplir los estudios de impacto ambiental incluyen:

Descripción de la Actividad Minera. La actividad minera se describe mediante su localización geográfica y político-administrativa, presentada en mapas detallados (a escala 1:5.000 para la ubicación general y 1:2.000 para la distribución de áreas intervenidas), lo que

permite identificar claramente el área de operaciones actuales. Se detallan las características de la explotación, incluyendo el acto administrativo de la Agencia Nacional Minera - ANM, la superposición con otras actividades mineras, la duración estimada de la actividad con su cronograma y costos, y la identificación de minerales o componentes (como metales pesados, sulfuros y arsénico) susceptibles de liberarse. Además, se informa sobre la infraestructura social y productiva asociada, la estimación de insumos, la producción en toneladas y onzas por año, la relación de mineral por volumen removido, y se establece un cronograma de las distintas fases y actividades del proyecto.

Caracterización del Área de Influencia de la Actividad Minera. El área de influencia se delimita con mapas detallados que permiten identificar cómo la actividad minera impacta los medios abiótico, biótico y socioeconómico. Se evalúan aspectos abióticos como la geología, geomorfología, suelos, hidrología (incluyendo calidad y usos del agua) y emisiones atmosféricas, y aspectos bióticos relacionados con la flora, fauna y la ubicación de ecosistemas protegidos o sensibles. Esta delimitación facilita a la Autoridad Ambiental una evaluación integral y precisa del impacto del proyecto.

Evaluación Ambiental. La evaluación ambiental identifica y califica los impactos de la actividad minera en el entorno, considerando la interacción entre las actividades y las características ambientales. Se analizan cambios en recursos hídricos, suelos, geología, geomorfología, relieve, calidad del aire, flora, fauna, infraestructura, paisaje y aspectos socioeconómicos, utilizando metodologías y matrices de calificación. Este análisis permite diseñar medidas de manejo ambiental para prevenir, mitigar o corregir los efectos negativos del proyecto.

Propuesta de Medidas de Manejo Ambiental. El Plan de Manejo Ambiental (PMA) se organiza en una jerarquía de medidas para prevenir, mitigar, corregir y compensar los

impactos ambientales de la actividad minera. Cada programa del PMA debe definir objetivos, metas, impactos a gestionar, tipo de medida, fases de implementación, ubicación y acciones específicas. Además, se establece un plan de seguimiento y monitoreo para evaluar la efectividad de estas acciones durante la vigencia de la Licencia Ambiental Temporal y ajustar el proceso de licenciamiento.

Este anexo permite formalizar actividades alfareras a pequeña escala, asegurando que las operaciones tengan un impacto controlado y un plan para mejorar su desempeño ambiental.

La siguiente tabla presenta un análisis comparativo de las tres metodologías establecidas mediante la Resolución 1402 de 2018, la Resolución 00447 de 2020 y la Resolución 00448 de 2020, las cuales regulan los términos de referencia para los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) en diferentes contextos. Estas normativas ofrecen lineamientos específicos que buscan garantizar la sostenibilidad ambiental en proyectos que requieren licenciamiento ambiental, con un enfoque particular para cada tipo de actividad minera, incluyendo la extracción de arcilla.

Tabla 1

Metodologías y términos de referencia en los estudios de impacto ambiental

Aspecto	Resolución 1402 de 2018: metodología general licencia ambiental	Resolución 00447 de 2020: pequeña minería licencia ambiental global o definitiva TdR-027	Resolución 00448 de 2020: formalización minera licencia ambiental temporal TdR-028
Ámbito de aplicación	Aplica a proyectos sujetos a licenciamiento ambiental en Colombia.	Dirigida a proyectos de pequeña minería, incluyendo la extracción de arcilla.	Diseñada para proyectos en proceso de formalización minera.
Objetivo del EIA	Asegurar información suficiente y confiable	Presentar un diagnóstico preliminar y medidas	Apoyar la formalización minera asegurando

	para la toma de decisiones ambientales.	mínimas de mitigación ambiental.	medidas de manejo ambiental adecuadas.
Evaluación de impactos	Evaluación en escenarios sin y con el proyecto. Requiere identificación, valoración y predicción de impactos ambientales considerando todo tipo de impactos ambientales, incluyendo los directos, los indirectos, los sinérgicos y los acumulativos asignando valores cuantitativos o cualitativos, positivos o negativos.	Debe considerar los impactos residuales, acumulativos y sinérgicos generados por la ejecución del proyecto; debe incluir una discusión sobre las relaciones causales.	Identificación de los elementos afectados por la actividad minera que se ha estado desarrollando y en segunda instancia, evaluar los cambios en ellos, determinando las mayores y menores alteraciones frente a cada una de las actividades mineras realizadas
Criterios a considerar	Evaluación cuantitativa y cualitativa multicriterio para la comparación de alternativas	Evaluación cuantitativa y cualitativa pueden ser entre otros: carácter, cobertura, magnitud, duración, reversibilidad, recuperabilidad, periodicidad, tendencia, tipo y posibilidad de ocurrencia.	Se deben clasificar y calificar cada uno de los impactos con base en metodologías (previamente descritas y justificadas), presentado una matriz de calificación de impactos.
Métodos de evaluación	Battelle-Columbus, cualitativa de Conesa, EPM	Se deben clasificar y calificar cada uno de los impactos con base en metodologías (previamente descritas y justificadas), presentando una matriz de calificación de impactos.	Se deben clasificar y calificar cada uno de los impactos con base en metodologías (previamente descritas y justificadas), presentado una matriz de calificación de impactos.
Medidas de manejo ambiental	Prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos identificados.	Enfocadas en la sostenibilidad y restauración ambiental en pequeña minería.	Adaptadas a proyectos en formalización, asegurando el

			cumplimiento de requisitos mínimos.
Términos de referencia	Incluye delimitación del área de influencia, descripción del proyecto, evaluación de impactos y plan de manejo ambiental.	Requiere caracterización ambiental, valoración de impactos y medidas de mitigación.	Diagnóstico ambiental preliminar, caracterización del área de influencia y propuesta de medidas ambientales.
Competencias de otorgamiento	Licencias otorgadas por la ANLA o CAR, dependiendo de la magnitud del proyecto.	Licencias otorgadas por la CAR o autoridad ambiental local competente.	Licencias temporales otorgadas por la CAR o autoridad ambiental local competente.
Relación con la alfarería	Aplica para la extracción de arcilla y transformación de materiales como actividad minera regulada.	Enfocada en pequeños proyectos de extracción de arcilla usados en la alfarería.	Permite la formalización de actividades alfareras con extracción de arcilla a pequeña escala.

Nota: La información presentada corresponde a las metodologías y términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la elaboración de estudios de impacto ambiental. *Fuente.* Autor

Métodos de Evaluación en las Metodologías de Impacto Ambiental

Las metodologías establecidas en las resoluciones 1402 de 2018, 00447 de 2020 y 00448 de 2020 para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EIA) incorporan diversos métodos de evaluación que permiten un análisis integral y estructurado de los impactos ambientales.; entre ellos, el Método de Conesa, ampliamente utilizado en la evaluación ambiental, ofrece una valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos mediante la asignación de valores ponderados a diferentes factores, como magnitud, extensión, duración y reversibilidad del impacto (Conesa Fernández-Vítora, 1997). Este método es útil para priorizar los impactos más significativos y orientar la toma de decisiones.

Adicionalmente, otros métodos, como el de matrices, listas de chequeo, análisis multicriterio y cartografía, facilitan la identificación, valoración y priorización de los impactos generados por actividades como la extracción de arcilla en la alfarería. Por ejemplo, mientras el método de matrices permite relacionar actividades específicas del proyecto con los componentes ambientales afectados, el análisis multicriterio apoya la selección de alternativas de manejo ambiental al considerar múltiples variables. Además, el método cartográfico complementa la evaluación al representar espacialmente las áreas de mayor sensibilidad, lo que resulta fundamental para diseñar estrategias de mitigación adecuadas. De esta manera, las metodologías no solo ofrecen un marco normativo, sino que integran métodos prácticos, como el de Conesa, para garantizar un análisis preciso y la implementación de medidas efectivas para la sostenibilidad de las actividades mineras.

Método Conesa

El método Conesa, desarrollado en 1997, se fundamenta en la metodología de matrices causa-efecto y combina elementos del método de Leopold y el Instituto Batelle-Columbus. Este enfoque se emplea para la evaluación de impactos ambientales, permitiendo la obtención de valores de impacto a través de una valoración tanto cuantitativa como cualitativa de los impactos ambientales identificados (Méndez, 2019).

La metodología de matrices causa-efecto se emplea ampliamente en la evaluación de impactos ambientales, organizando las actividades del proyecto y los factores ambientales afectados en una estructura matricial. Cada celda de la matriz evalúa los impactos potenciales de las actividades sobre los factores ambientales, asignando una escala para medir la magnitud y la probabilidad de que ocurra dicho impacto (Leopold et al., 1971; Geosigma Consultores, s.f.).

Un ejemplo destacado de este enfoque es la matriz de Leopold, que utiliza una estructura de doble entrada para asignar valores a cada celda y evaluar la magnitud del impacto ambiental de las actividades propuestas. Además, el método Batelle-Columbus también utiliza un sistema cuantitativo basado en indicadores ambientales, lo que permite una valoración más precisa de los impactos.

Estas metodologías son útiles para identificar y priorizar impactos significativos, pero tienen limitaciones al analizar interacciones complejas o efectos a largo plazo.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una herramienta fundamental para la toma de decisiones en proyectos de desarrollo. Vicente Fernández Conesa, en su obra publicada en 2011, presenta una metodología exhaustiva que busca integrar aspectos ambientales en la planificación y ejecución de proyectos. A continuación, se describen las etapas y componentes clave de su propuesta.

Etapas y Componentes.

Introducción a la Evaluación de Impactos Ambientales. Fernández Conesa (2011) define la EIA como un proceso que evalúa las posibles consecuencias ambientales de un proyecto antes de su aprobación. Su metodología se enfoca en asegurar que las decisiones de desarrollo sean sostenibles y responsables, considerando no solo los aspectos técnicos, sino también los impactos sociales y económicos.

Etapas del Método. El método propuesto por Fernández Conesa se divide en varias etapas clave:

Definición del Proyecto: esta etapa inicial consiste en describir el proyecto propuesto de manera detallada. Se deben identificar los objetivos, las actividades que se llevarán a cabo y los recursos que se utilizarán. Fernández Conesa (2011) enfatiza la importancia de una

buena definición del proyecto, ya que una descripción clara permite identificar mejor los posibles impactos ambientales.

Diagnóstico Ambiental: el diagnóstico ambiental implica el análisis del estado actual del entorno donde se desarrollará el proyecto. Esta etapa incluye la recopilación de información sobre aspectos físicos, biológicos, sociales y económicos. Según Fernández Conesa (2011), un diagnóstico preciso es esencial para identificar los elementos que podrían verse afectados por el proyecto.

Identificación y Evaluación de Impactos: en esta etapa, se identifican los impactos potenciales que el proyecto podría causar. Fernández Conesa (2011) propone una serie de herramientas y técnicas para evaluar estos impactos, que van desde métodos cualitativos hasta cuantitativos. La evaluación debe considerar tanto los impactos negativos como los positivos, y se debe clasificar según su magnitud, duración y reversibilidad.

Medidas de Mitigación: una vez identificados los impactos, se deben proponer medidas de mitigación. Fernández Conesa (2011) destaca que estas medidas deben ser viables y efectivas para minimizar los impactos negativos. La participación de las partes interesadas es crucial en esta etapa para asegurar que las medidas sean aceptadas y efectivas.

Elaboración del Informe de Impacto Ambiental: el informe resultante debe presentar de manera clara y concisa los hallazgos del estudio. Fernández Conesa (2011) subraya la importancia de que este documento sea accesible para todos los interesados, incluyendo la comunidad local. El informe debe incluir el diagnóstico ambiental, la identificación y evaluación de impactos, y las medidas de mitigación propuestas.

Participación Pública. Una de las contribuciones significativas de la metodología de Fernández Conesa (2011) es su énfasis en la participación pública. Se reconoce que la inclusión de la comunidad y otros grupos interesados en el proceso de evaluación es

fundamental para lograr una EIA efectiva. Esto no solo mejora la calidad de la información recopilada, sino que también fomenta la transparencia y la aceptación del proyecto.

Monitoreo y Seguimiento. La evaluación de impactos no termina con la aprobación del proyecto, Fernández Conesa (2011) resalta la importancia de establecer un programa de monitoreo y seguimiento que permita evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas. Este seguimiento debe ser continuo y adaptarse a los cambios que puedan surgir durante la ejecución del proyecto para lo que propone métodos como la matriz Conesa.

Matriz Conesa. La matriz de Conesa se define como la diferencia entre la situación futura del medio ambiente, afectada por la acción humana, y el escenario futuro sin dicha intervención. Este impacto puede ser medido utilizando diversos métodos, como matrices y análisis del área de estudio (Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.).

Estructura de la Matriz Conesa. La Matriz Conesa utiliza criterios organizados en categorías para evaluar impactos ambientales mediante valoraciones cualitativas y cuantitativas. Incluye indicadores que miden el nivel de impacto en cada categoría, proporcionando así una perspectiva integral sobre la sostenibilidad del proyecto (Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.).

La matriz de impactos ambientales del método Conesa es una herramienta sistemática que permite evaluar y jerarquizar los efectos ambientales de un proyecto. Combina criterios cualitativos y cuantitativos que facilitan la identificación, análisis y priorización de los impactos según su importancia. Los criterios de evaluación incluyen:

Intensidad: evalúa el grado de incidencia en el factor ambiental afectado, desde un daño mínimo (1) hasta una destrucción total (12).

Extensión: define el área de influencia del impacto en relación con el entorno, considerando si afecta un porcentaje pequeño o extenso.

Persistencia: mide cuánto tiempo perdura el efecto, clasificándolo como fugaz, temporal o permanente.

Reversibilidad: indica si el impacto puede ser revertido, ya sea de manera natural o mediante medidas correctivas.

Sinergia: considera el refuerzo o amplificación de los efectos cuando varias acciones interactúan.

Acumulación: analiza si el impacto aumenta progresivamente cuando la acción es continua o repetitiva.

Signo (+/-): identifica si el efecto es positivo (beneficioso) o negativo (perjudicial) (Conesa, 2010; EvaluaciondeImpactoAmbiental.com, s.f.).

En la matriz Conesa, la valoración cualitativa asigna una importancia al impacto según los criterios mencionados. Los niveles de importancia se clasifican en:

Impacto irrelevante: efecto mínimo, sin consecuencias significativas para el medio ambiente.

Impacto bajo: alteraciones perceptibles, pero con efectos limitados y fácilmente reversibles.

Impacto moderado: cambios significativos que requieren medidas correctivas para minimizar su duración o intensidad.

Impacto alto: alteraciones graves con efectos de larga duración o permanentes que pueden ser difíciles de mitigar.

Impacto Crítico: daños irreversibles o de gran magnitud que afectan profundamente los componentes ambientales clave (Conesa, 2010; EvaluaciondeImpactoAmbiental.com, s.f.; Fundación MAPFRE, s.f.).

Esta categorización permite priorizar acciones para prevenir, mitigar o compensar los impactos negativos, optimizando la sostenibilidad del proyecto. Además, destaca los impactos positivos, como la regeneración de ecosistemas o beneficios sociales, que pueden maximizarse.

Aplicación de la Matriz Conesa. La Matriz Conesa se aplica a lo largo de las etapas de un proyecto, desde la planificación hasta el seguimiento, permitiendo evaluar e identificar impactos ambientales. Esta herramienta facilita la propuesta de medidas preventivas y correctivas para reducir impactos y comparar alternativas, ayudando a seleccionar opciones más sostenibles y menos perjudiciales para el entorno (Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.).

Características de la Matriz Conesa para la Evaluación de Impacto Ambiental. La Matriz Conesa es una herramienta ampliamente utilizada en la evaluación ambiental debido a su estructura organizada, que facilita su uso en diversos tipos de proyectos (como construcción o energía). Se basa en categorías de impacto ambiental que permiten evaluar criterios específicos mediante indicadores cualitativos y cuantitativos, logrando una valoración integral. Además, esta matriz es útil para tomar decisiones informadas al comparar alternativas más sostenibles y presenta los resultados de manera clara para promover la comunicación y transparencia en el proceso (Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.).

Beneficios de la Matriz Conesa. La Matriz Conesa facilita una evaluación ambiental exhaustiva y organizada de los impactos de un proyecto, usando criterios claros que permiten un análisis integral. Su estructura simplifica el uso y comprensión para evaluadores, mientras que su precisión ayuda en la toma de decisiones informadas y sostenibles. Además, permite comparar alternativas para elegir las menos impactantes, y ayuda a identificar medidas

preventivas para mitigar efectos negativos. La claridad visual de sus resultados facilita la comunicación a todas las partes involucradas (Evaluación de Impacto Ambiental, s.f.).

Caso Real: Estudio de Impacto Ambiental para la Explotación de un Yacimiento de Arcillas en Arcabuco, Boyacá. En el expediente OOLA-00005-21 de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá, se describe un Estudio de Impacto Ambiental realizado para la explotación de un yacimiento de arcillas, amparado por el contrato de concesión minero y registro minero nacional "LJ7-09361". El proyecto se desarrolla en un área de 2,46 hectáreas, ubicada en las veredas Cabeceras y Alcaparros, en el municipio de Arcabuco (Boyacá). Este estudio emplea la metodología simplificada de Vicente Conesa Fernández para la identificación y evaluación de los impactos ambientales.

El proyecto para la explotación del yacimiento de arcillas está clasificado como minería de pequeña escala y se encuentra en la etapa de explotación.

Teniendo en cuenta lo estipulado en el contrato de concesión minera y en el Acuerdo Municipal No. 001 de 2001, se concluye que las labores mineras superficiales tienen un uso condicionado en el área, ya que su desarrollo es compatible con la zonificación establecida. Además, la sociedad ELECTROPORCELANA GAMA S.A.S. presentó un certificado expedido por la Secretaría de Planeación e Infraestructura del municipio de Arcabuco, fechado el 25 de agosto de 2021, que respalda esta clasificación.

Métodos Cartográficos

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una herramienta fundamental para identificar, valorar y mitigar los efectos ambientales de las actividades humanas. En el contexto colombiano, se emplean métodos específicos basadas en cartografía temática para facilitar el análisis de impactos en sectores como la alfarería, una actividad que puede generar

contaminación atmosférica, degradación del suelo y afectación a los recursos hídricos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2005).

Principales Componentes de la Metodología.

Delimitación del Área de Influencia: este paso implica determinar las zonas de impacto directo e indirecto mediante el uso de mapas geoespaciales. En el caso de la alfarería, es esencial considerar áreas de extracción de arcilla y sitios de disposición de residuos (Minambiente, 2018).

Matriz de Leopold

La Matriz de Leopold se utiliza en estudios de impacto ambiental para identificar y clasificar los impactos de las actividades de un proyecto sobre el entorno. Cada actividad del proyecto se cruza con los componentes ambientales afectados (aire, agua, fauna, etc.) para evaluar su impacto cualitativo. A cada combinación se le asigna un valor que indica la magnitud del impacto (alta, moderada o baja). Este enfoque es particularmente útil para proyectos con múltiples fases, donde se necesita visualizar los impactos a lo largo del tiempo. El proceso de creación de la matriz implica tres pasos: la identificación de los impactos, su clasificación según magnitud e importancia, y la evaluación de las posibles medidas de mitigación. Esta metodología es cualitativa, ya que se enfoca en la descripción y análisis de los impactos sin recurrir a mediciones precisas (FAO, 1996).

Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Es una metodología que permite evaluar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto o servicio, considerando todas las etapas de su ciclo de vida, desde la adquisición de materias primas hasta su disposición final.

Definiciones clave del ACV

Norma ISO 14040: define el ACV como una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto, compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

Norma española UNE 150-040-96: lo describe como una recopilación y evaluación de las entradas y salidas de materia y energía, y de los impactos ambientales potenciales directamente atribuibles a la función del sistema del producto a lo largo de su ciclo de vida.

Etapas del ACV

Definición de objetivos y alcance: establecimiento de los objetivos del estudio, el alcance del sistema y las unidades funcionales.

Inventario del ciclo de vida: compilación de datos sobre entradas y salidas de materiales y energía en cada etapa del ciclo de vida.

Evaluación del impacto del ciclo de vida: análisis de los potenciales impactos ambientales asociados con los flujos de materiales y energía identificados.

Interpretación: análisis de los resultados para tomar decisiones informadas y mejorar el desempeño ambiental del producto o servicio.

El ACV permite obtener un modelo simplificado de un sistema de producción y de los impactos ambientales asociados; sin embargo, no pretende entregar una representación total y absoluta de cada interacción ambiental. A pesar de postular una cobertura sobre todo el ciclo de vida de un producto, en muchos casos resulta difícil abarcar todas las actividades desde la "cuna a la tumba", por lo que se debe definir claramente el sistema requerido para que el producto cumpla con una determinada función (Romero Rodríguez, B. I, 2003).

Aunque existen diversas metodologías para los estudios de impacto ambiental, como la Matriz de Leopold, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el método Conesa, entre muchos otros, la elección de la más adecuada dependerá de factores como el tipo y complejidad del proyecto, los objetivos específicos del estudio, la etapa de desarrollo del proyecto, la disponibilidad de datos y recursos, y las regulaciones normativas vigentes.

Tabla 2

Ventajas y desventajas de los métodos de evaluación de impacto ambiental

Método	Ventajas	Desventajas	Criterio
Método de Conesa	Permite una evaluación integral y sistemática de los impactos ambientales. Combina criterios cualitativos y cuantitativos. Útil para priorizar impactos y proponer medidas de mitigación.	Puede ser subjetivo en la asignación de valores. No siempre considera interacciones complejas entre impactos.	Mixto
Matriz de Leopold	Organiza los impactos en una estructura clara. Ayuda a identificar y priorizar los impactos significativos.	No asigna valores numéricos exactos. No considera efectos acumulativos ni sinérgicos.	Cualitativo (AcademiaLab, s.f.)
Método Batelle-Columbus	Utiliza un sistema cuantitativo basado en indicadores ambientales. Permite una valoración objetiva de los impactos.	Requiere una cantidad significativa de datos precisos. Puede ser complejo de aplicar en proyectos con información limitada.	Cuantitativo
Listas de Chequeo	Fácil de aplicar y rápida de utilizar. Útil para proyectos pequeños o en etapas preliminares.	No permite un análisis detallado de la magnitud ni de la interacción de los impactos.	Cualitativo
Análisis Multicriterio	Considera múltiples variables y permite evaluar distintas alternativas	Puede ser complejo y requerir modelos avanzados. Depende de la	Mixto

Método	Ventajas	Desventajas	Criterio
	de gestión ambiental. Ayuda a tomar decisiones fundamentadas.	calidad de los datos y del juicio de expertos.	
Método Cartográfico	Representa espacialmente las áreas de mayor sensibilidad ambiental. Útil para la planificación territorial y estrategias de mitigación.	Puede requerir datos geoespaciales detallados. No siempre permite una valoración cuantitativa de los impactos.	Cualitativo

Nota. Cuadro comparativo elaborado a partir de diferentes métodos de evaluación de impacto ambiental, recopilados de diversas fuentes teóricas. *Fuente.* Autor

Procesos e Impactos Ambientales de la Actividad Alfarera en Colombia

Las metodologías de Estudio de Impacto Ambiental y los métodos de identificación y valoración de impactos analizados, junto con el caso aplicado y la bibliografía consultada, constituyen herramientas esenciales para identificar los principales impactos ambientales asociados a la actividad industrial alfarera en Colombia. Estas metodologías proporcionan una base sólida que permite detectar, medir y analizar sistemáticamente dichos impactos. Por ejemplo, el método Conesa y las herramientas cartográficas no solo describen el entorno, sino que también identifican las zonas de mayor vulnerabilidad y los factores más críticos, como la contaminación del aire, la degradación del suelo o el consumo de recursos hídricos. A medida que aplicamos estos métodos a la actividad alfarera, podemos identificar cómo las acciones humanas dentro de este sector impactan de manera directa en los ecosistemas circundantes, desde la extracción de arcilla hasta la emisión de gases durante los procesos de cocción. Es decir, los impactos que se detallarán a continuación están profundamente ligados a las herramientas de evaluación mencionadas previamente.

Dentro del proceso alfarero que se desarrolla en Colombia, se identifican diferentes actividades, las cuales generan unos impactos negativos en el medio ambiente, que a continuación, se describen:

Figura 1

Proceso productivo de la actividad alfarera



Fuente. Autoría Propia

Extracción de Arcilla

El proceso de extracción de arcilla se lleva a cabo a través de una serie de etapas controladas para garantizar su calidad y minimizar los impactos ambientales. En primer lugar,

se selecciona un yacimiento adecuado, tras lo cual se realiza una excavación a cielo abierto. Este proceso puede involucrar el uso de maquinaria pesada para remover las capas superiores del terreno y acceder a las zonas con mayor concentración de arcilla (Minería Sostenible, 2022)

En algunos casos, se utiliza excavación manual o técnicas especializadas dependiendo de la ubicación y la accesibilidad del material.

Una vez extraída, la arcilla se acumula en espacios controlados como naves frías para permitir su fermentación y mejorar la cohesión de las partículas (Minería Sostenible, 2022). Tras la extracción, el siguiente paso es la clasificación y el tamizado de la arcilla para asegurar que cumple con las especificaciones necesarias para su uso en la fabricación de productos cerámicos, como ladrillos y tejas.

Impactos Ambientales

Degradación del Suelo. La remoción de la capa superficial del suelo provoca pérdida de nutrientes, alterando su estructura y reduciendo su capacidad para soportar vegetación. Esto puede llevar a la erosión y a la desertificación en áreas afectadas (Rodríguez, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Alteración del Paisaje. Las canteras alteran significativamente el paisaje natural, afectando la estética del entorno y el hábitat de la fauna local. La pérdida de hábitats puede causar una disminución en la biodiversidad (Rodríguez, 2021).

Contaminación de Cuerpos de Agua. Las sedimentaciones y desechos generados durante la extracción pueden contaminar ríos y arroyos cercanos, afectando la calidad del agua y la vida acuática (Rodríguez, 2021).

Contaminación del Aire por Material Particulado. Uno de los impactos ambientales más comunes derivados de la extracción de arcilla es la contaminación del aire

debido al material particulado. Durante el proceso de excavación y transporte de la arcilla, se genera polvo que puede dispersarse en la atmósfera, afectando la calidad del aire en las zonas cercanas. Este polvo está compuesto principalmente de partículas finas de arcilla y otros materiales, que pueden ser inhaladas por las personas y animales cercanos, afectando la salud respiratoria. Además, la dispersión de este material particulado contribuye a la contaminación del aire en áreas residenciales y rurales, alterando el equilibrio del ecosistema y afectando las condiciones de vida de las poblaciones cercanas (García Tovar, 2013; Minería Sostenible, 2022).

Afectación a la Flora por Tala de Vegetación. Otro impacto significativo es la afectación de la flora debido a la tala de vegetación. Para acceder a los depósitos de arcilla, es necesario remover grandes cantidades de vegetación, lo que lleva a la pérdida de hábitats naturales para diversas especies. Esta actividad puede resultar en la destrucción de bosques o áreas de vegetación importantes para la biodiversidad local, alterando los ecosistemas y reduciendo la capacidad de absorción de CO₂ en la zona. La deforestación no solo destruye las plantas locales, sino que también modifica el ciclo hidrológico, pues las raíces de los árboles que normalmente ayudan a retener el agua del suelo son eliminadas, lo que puede generar problemas de erosión y degradación del suelo (García Tovar, 2013; Minería Sostenible, 2022).

El expediente OOLA-00005-21 de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá corresponde a un caso de estudio relacionado con el proyecto de extracción de arcilla llevado a cabo por la empresa ELECTROPORCELANA GAMA S.A.S., ubicado en un área de 2,46 hectáreas en las veredas Cabeceras y Alcaparros, en el municipio de Arcabuco (Boyacá). Este proyecto se evalúa como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) necesario para el trámite de la licencia ambiental global o definitiva para proyectos de explotación de pequeña

minería, conforme a los Términos de Referencia adoptados mediante Resolución No. 447 de 2020.

El estudio se lleva a cabo utilizando la metodología simplificada de Vicente Conesa Fernández, que permite identificar y evaluar los impactos ambientales derivados de la actividad de extracción de arcilla, tanto en el escenario sin proyecto como en el escenario con proyecto.

Escenario sin Proyecto. En el escenario sin proyecto, la evaluación identifica los impactos derivados de actividades preexistentes, como la agricultura, la ganadería y la extracción no regulada de arcilla. Estos impactos afectan principalmente el medio abiótico, con alteraciones al suelo, la atmósfera, la hidrología y el paisaje debido a la remoción de tierras y la expansión de las actividades humanas. En el medio biótico, se evidencian la pérdida de hábitats naturales y la alteración de los ecosistemas. En el medio socioeconómico, el impacto incluye la generación de empleo informal y conflictos por el uso de los recursos naturales.

Escenario con Proyecto. En el escenario con proyecto, se evalúa el impacto de la extracción de arcilla bajo condiciones formales y reguladas. Los impactos en el medio abiótico se consideran compatibles y moderados, afectando principalmente el suelo, la atmósfera y el paisaje, pero con medidas de manejo que buscan mitigar estos efectos. En cuanto a la hidrología, el proyecto podría alterar la calidad y cantidad de los cuerpos de agua cercanos. Los impactos sobre la flora y fauna en el área de influencia del proyecto se mitigan mediante estrategias de protección de corredores ecológicos y restauración de zonas degradadas. En el aspecto socioeconómico, se prevé la generación de empleo formal, aunque también existen riesgos de conflictos socioambientales derivados de la competencia por los recursos naturales y la modificación del entorno.

Impactos en la Salud

Enfermedades Respiratorias. La actividad minera de extracción de arcilla puede generar impactos en la salud de los trabajadores y de las comunidades cercanas. La exposición a polvo y partículas finas que en ocasiones contienen sílice y otros compuestos tóxicos se ha vinculado con enfermedades respiratorias crónicas, como la silicosis y la bronquitis, y también se ha asociado con un incremento en el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Cotes et al., 2017).

Moldeo

El proceso de moldeo de la arcilla es crucial en la actividad alfarera y puede realizarse mediante diversas técnicas, ya sea de forma manual o con maquinaria. En la alfarería tradicional, el modelado se realiza a mano, utilizando las manos y herramientas simples, como moldes de madera o cerámica, para dar forma a las piezas. El proceso comienza con la preparación de la arcilla, que se amasa y manipula para eliminar burbujas de aire, asegurando así la integridad de las piezas durante el secado y la cocción.

Además de estas técnicas, existen métodos como el moldeo a presión y el colado en barbotina, que se emplean para producir piezas idénticas o de formas complicadas. En el moldeo a presión, se emplean moldes prefabricados en los que se presiona la arcilla, mientras que en el colado en barbotina, se vierte arcilla líquida en moldes de yeso, lo que permite que se forme una capa sólida en las paredes del molde.

Cada una de estas técnicas tiene ventajas específicas según el tipo de pieza y la escala de la producción. Después del moldeo, las piezas deben secarse adecuadamente para evitar deformaciones o daños durante la cocción (Villarejo Aguilar, 2017; Domestika, 2024; Lurome, 2024).

Impactos Ambientales

Consumo de Recursos Hídricos. El proceso de moldeo requiere agua en grandes cantidades, lo que puede llevar a la sobreexplotación de fuentes hídricas, afectando la disponibilidad de agua para las comunidades y ecosistemas cercanos (Rodríguez, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Generación de Desechos. Se generan residuos de arcilla y otros materiales, que si no se manejan adecuadamente, pueden contaminar el suelo y las fuentes de agua, contribuyendo a la degradación ambiental (Rodríguez, 2021).

Impactos en la salud

Enfermedades Gastrointestinales. La contaminación del agua puede causar brotes de enfermedades gastrointestinales en la población local (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Secado

El secado es un paso fundamental en la fabricación de ladrillos, ya que elimina la humedad presente en la masa antes de la cocción. Este proceso se realiza mediante métodos al aire libre o con secadores artificiales, dependiendo de las condiciones climáticas y los recursos disponibles.

En el secado al aire libre, los ladrillos recién moldeados se exponen en áreas abiertas donde el sol y la ventilación natural permiten la evaporación gradual del agua. Este método es económico y ampliamente utilizado, pero su eficacia puede verse limitada por factores como la variabilidad climática y el tiempo prolongado necesario para el secado completo (Universidad Tecnológica de Bolívar, 2020).

Por otro lado, los secadores artificiales, como los túneles de secado, permiten un control más preciso de la temperatura y la humedad. Estos equipos dividen el proceso en zonas: en la zona inicial, con un ambiente húmedo y fresco, los ladrillos se preparan para el

secado; en la zona intermedia, la temperatura se incrementa moderadamente; y en la zona final, se reduce la humedad de las piezas al mínimo, dejando un contenido residual del 4% que se eliminará en la etapa de cocción (UTB, 2020; SlideShare, 2020). Aunque el secado artificial implica costos iniciales más altos, es más eficiente y garantiza una calidad uniforme en los ladrillos.

Impactos Ambientales

Consumo Energético. El uso de secadores artificiales aumenta la demanda de energía que, si proviene de fuentes no renovables, contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. Este impacto es considerable en el contexto del cambio climático (Rodríguez, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Contaminación del Aire. Durante el secado al aire libre, se pueden liberar partículas finas y compuestos volátiles que afectan la calidad del aire. Esto es especialmente problemático en áreas urbanas donde la calidad del aire ya puede ser deficiente (Rodríguez, 2021).

Impactos en la Salud

Problemas Respiratorios. La exposición a partículas finas puede provocar enfermedades respiratorias, asma y otros problemas pulmonares en trabajadores y residentes cercanos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Cocción

La cocción es una etapa fundamental en la actividad alfarera, ya que determina las propiedades mecánicas y la resistencia del producto final. Este proceso se realiza en hornos específicos que alcanzan temperaturas entre 800 y 1.200 °C, permitiendo transformaciones químicas y físicas en la arcilla, como la sinterización y la eliminación del agua químicamente combinada. Los combustibles más usados incluyen el carbón y el gas natural, aunque también

se han desarrollado hornos más eficientes, como los de llama rasante o los de cámara múltiple, que optimizan el uso del calor y reducen las emisiones ambientales.

Según el diseño del horno y el tipo de combustible, la eficiencia energética del proceso puede variar significativamente. Por ejemplo, los hornos de zigzag y los de cámara múltiple están diseñados para reutilizar el calor y disminuir las pérdidas energéticas, contribuyendo a un menor impacto ambiental (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2011).

Requisitos. El Decreto 1076 de 2015 establece que las instalaciones fijas que realicen procesos de combustión y generen emisiones contaminantes deben obtener permiso de emisión atmosférica. Este permiso es necesario para asegurar que las emisiones se mantengan dentro de los límites permisibles y que se implementen las medidas de control necesarias para proteger la calidad del aire; sin embargo, aquellas instalaciones que utilizan combustibles como gas natural o gas licuado, en condiciones que permitan una combustión más limpia, pueden quedar exentas del requisito de obtención del permiso. De esta manera, la normativa busca asegurar que las emisiones se mantengan dentro de los límites permisibles y se implementen medidas de control ambiental adecuadas, por lo que la actividad alfarera en el proceso de cocción podría estar sujeta a este permiso para el desarrollo de sus operaciones.

Impactos Ambientales

Emisiones de Gases Contaminantes. La ignición de combustibles genera importantes cantidades de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), y otros contaminantes atmosféricos que contribuyen al cambio climático y deterioran la calidad del aire (Rodríguez, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Contaminación Térmica. La operación de hornos puede incrementar la temperatura local, alterando el microclima y afectando los ecosistemas (Rodríguez, 2021).

Impactos en la Salud

Enfermedades Cardiovasculares y Respiratorias. La exposición a emisiones contaminantes de los hornos puede aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias en la población local (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Enfriamiento y Almacenamiento

Después de la cocción, los productos se enfrían y se almacenan para su distribución.

El almacenamiento es un proceso delicado, ya que el manejo inadecuado puede provocar mermas, como la absorción de agua lluvia si se almacenan a la intemperie. Además, el espacio de almacenamiento debe ser adecuado para evitar daños en el producto, y debe contar con condiciones que mantengan los ladrillos secos y protegidos de factores ambientales que puedan deteriorarlos (Mossos, 2009). Es importante que los ladrillos se almacenen en lugares con ventilación adecuada y que se evite la acumulación de humedad, lo cual podría afectar su calidad y durabilidad.

Impactos Ambientales

Uso de Espacio y Recursos. El almacenamiento de ladrillos puede requerir grandes áreas de terreno, afectando la planificación urbana y contribuyendo a la pérdida de áreas verdes y hábitats naturales (Rodríguez, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Contaminación Visual y Acústica. Las instalaciones de almacenamiento pueden generar contaminación visual y ruido, afectando la calidad de vida de las comunidades cercanas (Rodríguez, 2021).

Impactos en la Salud

La contaminación visual y acústica puede contribuir al estrés y otros problemas de salud mental en las poblaciones vecinas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Transporte

El transporte en la actividad alfarera es un paso crucial para llevar el producto terminado, desde el lugar de fabricación hasta el sitio de comercio o donde el cliente lo requiera. Este proceso emplea diversos vehículos, tales como volquetas y carretillas, lo que implica una logística significativa debido al peso y volumen de los productos alfareros (Nossa, Barrera & Rincón, 2018).

Impactos Ambientales

Emisiones Atmosféricas. La actividad de transporte en el sector alfarero genera emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), debido al uso de combustibles fósiles en la maquinaria pesada y vehículos de carga. Estas emisiones contribuyen tanto al cambio climático global como a la degradación de la calidad del aire a nivel local, afectando directamente a los ecosistemas y a la salud de las comunidades aledañas (Nossa, Barrera & Rincón, 2018).

Degradación del Suelo. El uso intensivo de vehículos pesados en el transporte de productos alfareros impacta el suelo, provocando compactación y desgaste en las áreas y en los caminos de operación.

Esta compactación afecta la permeabilidad del suelo, dificultando el drenaje natural promoviendo la erosión. A largo plazo, estos cambios físicos del suelo pueden reducir la productividad de la tierra y modificar la estructura de los ecosistemas circundantes (Nossa, Barrera & Rincón, 2018).

Contaminación Acústica. Las operaciones de transporte en la alfarería generan altos niveles de ruido, lo cual es un factor de estrés para la fauna local y puede interrumpir sus patrones naturales de comportamiento y comunicación. En entornos urbanos o rurales habitados, esta contaminación acústica también afecta a las comunidades cercanas, provocando malestar y posibles afecciones de salud relacionadas con el ruido prolongado, como pérdida de audición y estrés.

La ISO 14001:2015, que establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental, enfatiza en la importancia de la identificación y mitigación de impactos ambientales, incluyendo la contaminación acústica, para mejorar el bienestar tanto de las personas como del medio ambiente.

Contaminación del Agua. El transporte pesado también incrementa el riesgo de derrames accidentales de aceites y combustibles, que pueden infiltrarse en el suelo y llegar a cuerpos de agua subterránea o superficial. Estos contaminantes pueden degradar la calidad del agua, afectar la flora y fauna acuática y alterar el suministro de agua para consumo humano y agrícola (Nossa, Barrera & Rincón, 2018).

Impactos a la salud

Desde una perspectiva de salud pública, la exposición prolongada a los contaminantes atmosféricos derivados del transporte en la industria alfarera representa un riesgo para las personas involucradas y las comunidades cercanas. Los trabajadores de este sector, expuestos constantemente a emisiones de partículas y gases tóxicos, pueden desarrollar problemas respiratorios, entre otras afecciones de salud (Nossa, Barrera & Rincón, 2018). La implementación de sistemas de gestión ambiental, tales como los promovidos por la ISO 14001, son fundamentales para mitigar estos efectos y proteger la salud de los trabajadores y de la comunidad (ISO 14001:2015, 2015).

Las metodologías de evaluación ambiental, como el método Conesa, han permitido identificar y priorizar estos impactos, proponiendo medidas de manejo ambiental que buscan minimizar los daños. La importancia de este análisis radica en promover prácticas sostenibles que equilibren la tradición alfarera con la conservación del medio ambiente y la protección de la salud pública; A continuación, se realiza una breve descripción de los impactos por proceso más significativos en el desarrollo de la actividad alfarera:

Tabla 3

Impactos más significativos por proceso dentro de la actividad alfarera

Proceso	Impactos ambientales significativos	Impactos a la salud
Extracción de Arcilla	Degradación del suelo, contaminación de agua, emisión de material particulado, pérdida de biodiversidad.	Enfermedades respiratorias por exposición a polvo.
Moldeo	Consumo excesivo de agua, generación de residuos.	Enfermedades gastrointestinales por contaminación de agua.
Secado	Consumo de energía, emisión de partículas al aire.	Problemas respiratorios por inhalación de partículas.
Cocción	Emisión de gases contaminantes (CO ₂ , CO), contaminación térmica.	Enfermedades cardiovasculares y respiratorias por exposición a emisiones.
Enfriamiento y Almacenamiento	Uso intensivo de espacio, contaminación visual.	Estrés y malestar psicológico.
Transporte	Emisión de gases de efecto invernadero, compactación del suelo.	Problemas respiratorios por contaminación del aire.

Nota. Relación de los impactos ambientales y en la salud asociados a cada proceso dentro de la actividad alfarera, elaborada a partir de la identificación de efectos significativos en la operación. *Fuente:* Autor

Planes de Mejora para Controlar los Impactos Generados por la Actividad Alfarera en Colombia

Tras haber identificado los principales impactos ambientales relacionados con la actividad alfarera en Colombia, se vuelve imprescindible abordar cómo se pueden mitigar o controlar estos impactos. Con base en los resultados obtenidos a través de los estudios previos, como los identificados mediante metodologías de evaluación de impacto ambiental (EIA), es posible desarrollar planes de mejora que busquen minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente y promover prácticas más sostenibles en el sector.

Extracción de Arcilla

López-Juvinao, Socarrás-Bertiz y Moya-Camacho (2023) mencionan que, para mitigar los impactos ambientales generados por la extracción de arcilla, se recomienda la implementación de varias medidas prácticas. En primer lugar, el uso de maquinaria que minimice la compactación del suelo evitando la degradación del terreno y manteniendo su estructura intacta. Además, se debe realizar el riego de las vías de acceso para reducir la emisión de partículas al aire, lo que contribuirá a disminuir la contaminación atmosférica.

Otro aspecto clave es la reforestación con especies autóctonas, que no solo ayudará a restaurar la cobertura vegetal, sino que también actuará como una barrera natural contra la desertificación. Estas prácticas, además de mitigar el impacto ambiental, fomentan un desarrollo más sostenible, alineándose con las normativas ambientales vigentes y contribuyendo a la preservación de los ecosistemas locales (López Juvinao, Socarrás Bertiz, & Moya Camacho, 2023).

Para garantizar que la extracción se realice de manera eficiente y adecuada, se debe llevar a cabo una caracterización detallada de la arcilla mediante análisis de laboratorio, lo que permitirá conocer su composición y asegurar que se utilicen los tipos de arcilla

adecuados para la fabricación de ladrillos. Esta medida se ajusta a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Asimismo, es fundamental realizar la extracción de arcilla de manera segura y sostenible, implementando obras de drenaje que controlen las aguas pluviales y asegurar que la arcilla extraída se almacene en sitios adecuados para evitar la contaminación de cuerpos hídricos cercanos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Maduración de la Arcilla

Para optimizar las propiedades de la arcilla y mejorar la eficiencia energética en etapas posteriores, se recomienda almacenar la arcilla por un mínimo de tres meses durante el proceso de maduración, etapa que se aplica después de la extracción y antes del moldeo. Este período permite que la arcilla adquiera las características necesarias para facilitar su uso en la fabricación, lo que también contribuye a la reducción del consumo energético en etapas posteriores (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Es fundamental mantener la arcilla en áreas seguras, alejadas de fuentes hídricas, para prevenir la contaminación del agua y otros impactos ambientales. Además, se debe asegurar una rotación adecuada para evitar daños al suelo y garantizar que el material se mantenga en condiciones óptimas para su posterior procesamiento (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Moldeo

En el proceso de moldeo, es recomendable tamizar la arcilla para remover impurezas, lo que mejorará la calidad de la mezcla y facilitará el proceso de cocción. Asimismo, se sugiere añadir biomasa o chamote, lo que optimiza la cocción y reduce el consumo de energía, contribuyendo a una mayor eficiencia en el proceso de producción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Es esencial controlar y registrar las proporciones de cada ingrediente utilizado en la mezcla para garantizar una combinación equilibrada, evitando el uso excesivo de agua, lo cual reducirá el tiempo de secado y, por lo tanto, disminuirá el consumo de energía (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Secado

En el proceso de secado, se recomienda emplear sistemas de ventilación adecuados y control de temperatura para reducir el riesgo de agrietamiento en los productos, lo que mejorará la calidad final de las piezas y reducirá el desperdicio de material, evitando la generación de residuos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Asimismo, se sugiere aprovechar el calor residual de los hornos para el secado en espacios cerrados. Esta práctica no solo contribuye a la eficiencia energética, sino que también ayuda a reducir las emisiones contaminantes al optimizar el uso de la energía térmica disponible, lo que mejora la sostenibilidad del proceso productivo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Cocción

En el proceso de cocción, es crucial utilizar hornos eficientes, como los de tipo zigzag o túnel, que permiten reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones contaminantes. Estos hornos son altamente eficientes y contribuyen a una mejora en la sostenibilidad del proceso de cocción (Corporación Autónoma Regional - CAR, s. f.). Además, se recomienda la sustitución del carbón por una mezcla de carbón y coque como combustible para la cocción, o, en el caso de hornos de Colmena y Hoffman, sustituir el carbón por gas, lo que también contribuye a la reducción de emisiones contaminantes (Corporación Autónoma Regional – CAR s. f.).

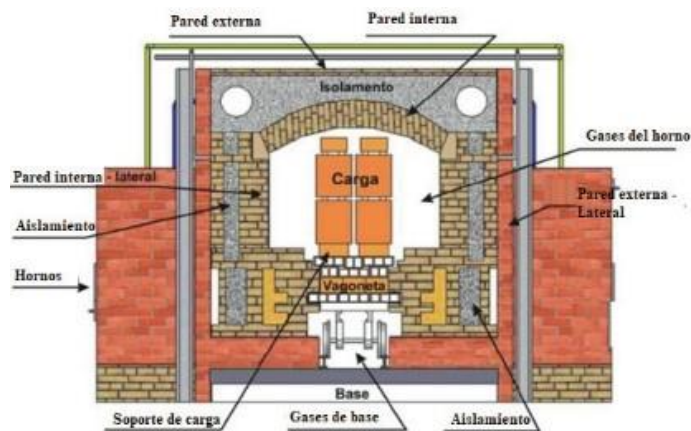
En la industria alfarera se emplean distintos tipos de hornos, cada uno con características particulares que ofrecen ventajas y presentan desventajas específicas, dentro de estos se destacan:

Horno Túnel

Es un horno continuo que utiliza vagones para mover el material a través de la galería. Entre sus ventajas se destacan el bajo nivel de contaminación, el ahorro de calorías durante el enfriamiento y precalentamiento, y la reducción de la necesidad de mano de obra. No obstante, su uso está más orientado a industrias altamente tecnificadas y con altos niveles de producción (EELA & CCAC, 2015).

Figura 2

Esquema horno túnel



Fuente. Tomado de *Portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, 2021).

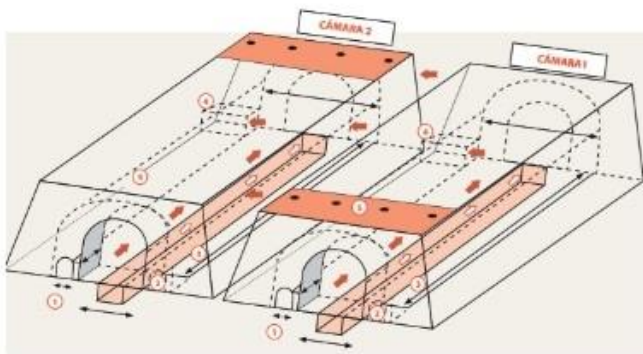
Horno Zigzag

Este horno, que puede ser semicontinuo o continuo, destaca por su mayor producción en comparación con los hornos intermitentes, debido a que cuenta con 10 a 30 cámaras y

permite un movimiento horizontal del fuego. Sus ventajas incluyen menores pérdidas en la envolvente, versatilidad en los tipos de producto, cumplimiento normativo de emisiones, un ciclo de quema corto de tres días y la posibilidad de adicionar cámaras según la disponibilidad de recursos (CAEM & Swisscontact, 2011).

Figura 3

Esquema horno zigzag



Fuente. Tomado de Portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana, 2021).

Es importante utilizar combustibles con bajo contenido de azufre, lo que reduce las emisiones contaminantes y mejora la calidad del aire en las áreas circundantes a las instalaciones de producción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Enfriamiento y Almacenamiento

En el proceso de enfriamiento, es fundamental disminuir de los productos de manera gradual, lo que no solo facilita su manipulación, sino que también reduce el riesgo de roturas, mejorando la calidad y la durabilidad de estos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Además, se recomienda incorporar residuos de cenizas en nuevas mezclas de arcilla, promoviendo la economía circular al aprovechar los materiales sobrantes, lo que contribuye a la reducción de residuos y al uso más eficiente de los recursos disponibles en la industria alfarera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

Conclusiones

El diagnóstico del sector alfarero en Colombia revela una tradición productiva sólida, pero también coloca de manifiesto importantes desafíos ambientales. La extracción de arcilla, la cocción de productos y el manejo inadecuado de los recursos han generado impactos significativos sobre el medio ambiente. Además, la falta de información detallada y casos reales dificulta ahondar sobre prácticas y/o tecnologías que permitan minimizar los impactos ambientales generados por esta actividad.

En cuanto a las metodologías adoptadas por el Ministerio de Ambiente, se observa que el marco normativo actual incorpora herramientas como el método Conesa, la matriz de Leopold y otros enfoques analíticos que combinan elementos cualitativos y cuantitativos. Estos métodos permiten identificar y cuantificar los impactos ambientales, pero presentan limitaciones en la validación práctica debido a la escasez de datos de campo. Esta situación genera vacíos en el análisis, lo que subraya la necesidad de fortalecer la recolección de información y la capacitación técnica de los evaluadores.

El análisis de la actividad alfarera en Colombia permite identificar impactos ambientales críticos, entre los que destacan la contaminación atmosférica, generada principalmente por las emisiones de hornos de cocción; la degradación del suelo, resultante de la compactación y manejo inadecuado de la arcilla; y la contaminación de fuentes hídricas, debido a la proximidad de las áreas de extracción y almacenamiento a cuerpos de agua.

La identificación de estos impactos subraya la importancia de una evaluación precisa que permita la implementación oportuna de medidas de manejo ambiental.

Entre las estrategias propuestas para mitigar los impactos ambientales se encuentran el uso de maquinaria adecuada, que minimice la compactación del suelo y preserve su estructura; el riego de vías de acceso, para reducir la dispersión de partículas y disminuir la

contaminación atmosférica; y la implementación de tecnologías de hornos eficientes, como los de cámara múltiple o de llama rasante, que optimizan el aprovechamiento del calor y reducen emisiones.

Estas medidas, combinadas con un monitoreo y seguimiento continuo, son esenciales para lograr una operación más sostenible en el sector alfarero.

Esta monografía evidencia que, a pesar de la existencia de diversas metodologías de evaluación de impacto ambiental, se enfrentan desafíos significativos relacionados con la obtención de datos confiables y la validación de casos reales en la industria alfarera. A mi criterio, el método Conesa destaca, aunque su efectividad depende de la calidad de la información disponible.

El estudio pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando y perfeccionando estas metodologías, lo cual permitiría no solo mejorar la precisión en la evaluación de impactos, sino también orientar la formulación de políticas y estrategias de manejo ambiental más robustas. La aplicación de las medidas de manejo propuestas tiene el potencial de reducir significativamente la huella ambiental del sector, contribuyendo a un desarrollo industrial más equilibrado y sostenible.

Referencias Bibliográficas

- Matriz de Leopold.* (s.f.). AcademiaLab. <https://academia-lab.com/enciclopedia/matriz-de-leopold/>
- Artesanías de Colombia. (2023). *La alfarería en Colombia: historia, tradición y contemporaneidad.* <https://www.artesaniasdecolombia.com>
- CAR. (s.f.). *Oportunidades de producción más limpia en la industria ladrillera.* Bogotá, D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CAEM & Swisscontact. (2011). *Caracterización de los hornos usados en la industria ladrillera.* Bogotá D.C. Proyecto EELA.
- Cotes, D., Alvarado, L., Hoyos, E., Molina, M., & Mosquera, D. (2017). Impactos ambientales generados por la mina de arcilla Wajira S.A.S., en Manaure, La Guajira. *Revista Agunkuyâa*, 2, 42–59.
<https://revia.areandina.edu.co/index.php/Cc/article/download/1220/1096/>
- Corporación Ambiental Empresarial. (2015). *Validated inventory of the brick sector in Colombia* (p. 36).
<https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/Inventory%20and%20Assesment%20Tool%20in%20Colombia%20black%20carbon%20and%20other%20pollutant%20emissions%20from%20the%20brick%20sector.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (2021). *Expediente OOLA-00005-21: Estudio de impacto ambiental para la explotación de un yacimiento de arcillas por Electro porcelanas Gama S.A.S.*
- EELA & CCAC. (2015). *Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera.* EELA.
http://www.redladrilleras.net/apps/manual_ccac/pdf/es/Manual-de-hornos-eficientes.pdf

Matriz Conesa. (s.f.). Evaluación de Impacto Ambiental.

<https://evaluaciondeimpactoambiental.com/matriz-conesa>

FAO. (1996). *Environmental impact assessment and environmental auditing in the pulp and paper industry*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

<https://www.iisd.org/learning/eia/wp-content/uploads/2016/05/Leopold-Matrix.pdf>

Fernández Conesa, V. (2011). *Metodología de evaluación de impacto ambiental*. Ediciones Mundi Prensa.

Fundación MAPFRE. (s.f.). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*.

<https://documentacion.fundacionmapfre.org>

García, M. (2022). *Sostenibilidad en la industria de la construcción: Un enfoque práctico*. Editorial Eco.

García Tovar, L. N. (2013). *Impactos socioambientales de la minería de arcilla en los municipios de Puerto Tejada, Guachené y Villa Rica - Cauca* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12467/GarzonTovarLigiaNathalya2013.pdf>

Gómez, J., & Ramírez, P. (2021). Eficiencia energética en la cocción de ladrillos: Un estudio sobre hornos de lecho fluidizado. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Ambiental*, 11(2), 78–89.

González, R. (2020). Mejores prácticas en la producción de ladrillo. *Revista de Tecnología y Medio Ambiente*, 15(2), 45–60.

Hernández, A. (2022). Impacto de la transición a hornos de doble cámara en la producción de ladrillos en Cundinamarca. *Journal of Environmental Engineering*, 35(4), 201–213.

- ISO. (2015). *ISO 14001:2015 - Environmental management systems – Requirements with guidance for use*. International Organization for Standardization.
- López, M., Martínez, C., & Ortega, F. (2020). Análisis comparativo de la eficiencia energética en hornos de túnel y hornos tradicionales en la industria de ladrillos. *Revista de Energía y Sostenibilidad*, 12(1), 32–45.
- López-Juvinao, D. D., Socarrás-Bertiz, C. A., & Moya-Camacho, F. O. (2023). Medidas de manejo ambiental en la minería de arcilla. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 11(1), 125–144. <https://doi.org/10.17081/invinno.11.1.6424>
- Lurome, A. (2024). *Modelado con arcilla*. Artesanías Lurome. <https://artesaniaslurome.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/02/modeladoconarcilla.pdf>
- Martínez, L. (2019). Innovaciones en el secado de ladrillos: Tecnologías sostenibles. *Journal of Environmental Management*, 78(3), 123–135.
- Méndez, M. (2019). *Método Conesa - Metodología de identificación de aspectos e impactos ambientales*. 1Library. <https://1library.co/qv1w9j60>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2005). *Manual de evaluación de estudios ambientales: Lineamientos y criterios para otorgar o negar licencias ambientales. Resolución 1552*. <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015: Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. Resolución 1402*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y->

urbana/metodologia-general-para-la-elaboracion-y-presentacion-de-estudios-ambientales-mgepea/#

Romero Rodríguez, B. I. (2003). *El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental*.

https://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-07/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-3/lecturas/ACV_GA.pdf

Toro Calderón, J., Martínez Prada, R., & Arrieta Loyo, G. (2013). Métodos de evaluación de impacto ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 43–52.

https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/RIAA/RIAA_Vol4_N2/Metodos%20de%20Evaluacion%20de%20Impacto.pdf

Villarejo Aguilar, J. L. (2017). Materiales, herramientas y procedimientos de la alfarería.

Locvber, 2017, 129–139.

https://www.museobatalladebailen.es/images/documentos/revistalocvber/vol1/Locvber_01_materiales.pdf