



DINÁMICAS SOCIOAMBIENTALES DE TRABAJADORES Y HABITANTES ALEDAÑOS A SISTEMAS ALFARERO/LADRILLO

Caso de análisis a través de los medios de vida sostenibles y los ODS



ECAPMA
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente



Observatorio
interdisciplinario regional

Ramiro Andres Colmenares Cruz
Yesica Paola García Parra
Mabel Lucero Prada Soto
Diana Carolina Caicedo Ortegón

DINÁMICAS SOCIOAMBIENTALES DE TRABAJADORES Y HABITANTES ALEDAÑOS A SISTEMAS ALFARERO/LADRILLO

CASO DE ANÁLISIS A TRAVÉS
DE LOS MEDIOS DE VIDA
SOSTENIBLES Y LOS ODS

RAMIRO ANDRES COLMENARES CRUZ
YESICA PAOLA GARCÍA PARRA
MABEL LUCERO PRADA SOTO
DIANA CAROLINA CAICEDO ORTEGÓN



ECAPMA
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente



Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
Observatorio Intersistémico Regional (OIR) UNAD
2024

Colmenares Cruz, Ramiro Andrés, autor

Dinámicas socioambientales de trabajadores y habitantes aledaños a sistemas alfarero/ladrillo : caso de análisis a través de los medios de vida sostenibles y los ODS / Ramiro Andres Colmenares Cruz [y otros tres]. -- Primera edición. -- Bogotá : UNAD : Campus Editorial, 2024. páginas.

Incluye referencias bibliográficas -- Texto en español con resumen en inglés.

ISBN 978-628-7677-22-7 -- 978-628-7677-23-4 (digital)

1. Ladrillos - Industrias - Aspectos ambientales - Investigaciones - Oicatá (Boy.) - Siglo XXI 2. Ladrillos - Industrias - Aspectos socioeconómicos - Investigaciones - Oicatá (Boy.) - Siglo XXI 3. Alfareros - Condiciones socioeconómicas - Investigaciones - Oicatá (Boy.) - Siglo XXI 4. Desarrollo sostenible - Investigaciones - Oicatá (Boy.) - Siglo XXI I. García Parra, Yesica Paola, autora

II. Prada Soto, Mabel Lucero, autora III. Caicedo Ortegón, Diana Carolina, autora

CDD: 338.47666737 ed. 23

CO-BoBN- 00372

Primera edición:

Bogotá, diciembre del 2024

ISBN: 978-628-7677-22-7

e-ISBN: 978-628-7677-23-4

© Ramiro Andres Colmenares Cruz

© Yesica Paola García Parra

© Mabel Lucero Prada Soto

© Diana Carolina Caicedo Ortegón

© UNAD- **Universidad Nacional
Abierta y a Distancia**

Calle 14 Sur # 14 – 23

Barrio Restrepo, Bogotá - Colombia

Teléfono: 601-375 9500

Edición:

▷ **Campus Editorial SAS**

edicion@campuseditorial.com

www.campuseditorial.com

Carrera 51 # 103b-93

Bogotá, Colombia



ECAPMA
Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente



Dirección editorial: Claudia Garay C.

Coordinadora editorial: Paula Bermúdez Bello

Corrección de estilo: Paula Bermúdez Bello

Cubierta: Wilson Marulanda Muñoz

Diseño y diagramación: Wilson Marulanda Muñoz

Este libro fue evaluado por pares académicos
vinculados y registrados en el sistema CvLAC.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Resultado de la investigación titulada *Dinámica de los medios de vida y del objetivo 12 de desarrollo sostenible asociado a pobladores dedicados a la actividad alfarera – ladrillo, del municipio de Oicatá - Boyacá, con código PSIIN601ECAPMA2023 de la convocatoria interna N°11 cohorte 1 para la conformación del banco de proyectos de investigación formulados por los semilleros de investigación, avalados por la UNAD 2022 “innovación y tejido social para el desarrollo del territorio”.*

CONTENIDO

Resumen	XV
Abstract	XVII
Introducción	1
Planteamiento del problema	3
Justificación	7
Objetivos	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9

Marco conceptual	11
La actividad alfarera en Colombia	11
Preparación del terreno y extracción de la arcilla.....	14
Oxidación o maduración de la arcilla	14
Molienda y tamizado	14
Mezcla.....	14
Moldeado y corte	14
Secado.....	14
Cocción o quema	15
Enfriamiento y descargue	15
Impactos ambientales de la extracción de arcilla	15
Alteración del paisaje y pérdida de biodiversidad	15
Erosión del suelo y sedimentación	15
Contaminación del agua	16
Consumo de recursos y energía	16
Emisiones de polvo y ruido	16
Rehabilitación del terreno.....	16
Los medios de vida sostenibles (MVS) en el sector productivo.....	16
Capital humano	18
Capital social.....	18
Capital natural	19
Capital físico	19
Capital financiero.....	19
Los ODS en el sector productivo.....	20

Marco geográfico	23
Localización	23
Metodología	27
Tipo de investigación	27
Diseño experimental	28
Identificación de la incidencia de la actividad alfarera-ladrillera sobre los factores de vulnerabilidad socioambiental en los habitantes aledaños y trabajadores en el municipio de Oicatá	39
Trabajadores de sistemas alfareros y ladrilleros	41
Habitantes aledaños	47
Impacto de la actividad alfarera-ladrillera en los componentes atmosféricos, edáficos e hídricos de la localidad en articulación con los ODS	52
Vínculo de la actividad alfarera-ladrillera con los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: Producción y consumo responsables	64
Conclusiones	75
Referencias	77
Bibliografía	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Elementos elaborados em barro o arcilla como parte de la cultura en Boyacá	12
Figura 2.	Diagrama del proceso industrial para la elaboración de ladrillos	13
Figura 3.	Municipio de Oicatá, ubicado en el departamento de Boyacá - Colombia	24
Figura 4.	Productos resultantes de la actividad alfarera-ladrillera de Oicatá - Boyacá	40
Figura 5.	Actividades de trabajadores de ladrillerías en Oicatá - Boyacá	41
Figura 6.	Índices de los medios de vida sostenibles de trabajadores de ladrilleras en el municipio de Oicatá - Boyacá	42
Figura 7.	Dendograma de los capitales de los medios de vida de trabajadores de la industria ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá	44

Figura 8. Análisis de componentes principales de índices de medios de vida en trabajadores alfareros en Oicatá - Boyacá.....	46
Figura 9. Índices de los medios de vida sostenibles de habitantes aledaños de ladrilleras en el municipio de Oicatá - Boyacá.....	48
Figura 10. Dendograma de los capitales de los medios de vida de habitantes aledaños de la industrial ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá.....	49
Figura 11. Análisis de componentes principales de índices de medios de vida en habitantes aledaños a sistemas alfareros en Oicatá - Boyacá.....	51
Figura 12. Matriz de correlación de Spearman entre los indicadores del ODS 12 en Colombia y los índices de los capitales de medios de vida en Oicatá - Boyacá	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Capitales de los medios de vida sostenibles según su indicador, modo de medición y rango de valoración	30
Tabla 2.	Matriz DOFA de los principales factores de impacto atmosférico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá.....	54
Tabla 3.	Matriz DOFA de los principales factores de impacto edáfico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá.....	58
Tabla 4.	Matriz DOFA de los principales factores de impacto hídrico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá.....	62
Tabla 5.	Relacionamiento del ODS 12 con los procesos de producción de la actividad ladrillera	69
Tabla 6.	Relación del ODS 12 con principios de producción y consumo sostenible y relación con otros ODS	72

RESUMEN

Durante las últimas décadas, la industria alfarera constructora ha venido creciendo a pasos gigantescos en Colombia, trayendo como consecuencia una demanda constante de insumos tales como minerales, metales, combustibles y agua principalmente, lo que ha generado cambios significativos en el entorno de los pobladores aledaños a los sistemas de producción de mampostería (ladrillo). Así, este trabajo de grado tuvo como objetivo evaluar las dinámicas sociales y ambientales que genera el desarrollo de la industria ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá, a través del enfoque de los medios de vida y de las metas del objetivo de desarrollo sostenible (ODS) 12: “Producción y consumo responsable”. Para tal fin, se utilizó un enfoque cualitativo de estudio de caso, contemplando dos grupos poblacionales asociados a habitantes aledaños y trabajadores de la actividad alfarera del municipio, en el cual se abordó un análisis de los capitales ambiental, social, físico, financiero, humano y técnico, así como su relación con las acciones gubernamentales encaminadas al cumplimiento de las metas del ODS 12. A través de los resultados obtenidos, se logró identificar en los trabajadores del sector ladrillero un desarrollo pleno del capital financiero, mientras que para los habitantes aledaños se destaca el capital físico y natural. Con relación a los análisis de agrupamiento mediante dendograma en trabajadores, se evidencia una relación estrecha

entre el capital social y técnico, en tanto que en habitantes aledaños existe una relación significativa entre el capital humano y natural. Con relación a los impactos en la atmósfera, el suelo y el agua, estos se consideraron en un análisis DOFA en relación con los medios de vida, donde el avance de los indicadores del ODS 12 con respecto a los índices de los medios de vida se manifiesta como una relación débil, lo que indica que el favorecimiento de uno, no repercute significativamente en el otro.

Palabras clave: actividad ladrillera, dinámicas, medios de vida, ODS, trabajadores.

ABSTRACT

During recent decades, the brickmaking construction industry has experienced rapid growth in Colombia, leading to a constant high demand for inputs such as minerals, metals, fuels, and water, which has caused significant changes in the surrounding environment of the communities near masonry production systems. This thesis aimed to evaluate the social and environmental dynamics generated by the development of the brickmaking industry in the municipality of Oicatá - Boyacá through the lens of sustainable livelihoods and the targets of SDG 12: Responsible Production and Consumption. For this purpose, a qualitative case study approach was employed, considering two population groups: local residents and workers involved in the brickmaking activities in the municipality. The study analyzed environmental, social, physical, financial, human, and technical capitals, and their relationship with governmental actions directed towards achieving the SDG 12 targets. The results identified that workers in the brickmaking sector exhibited a substantial development of financial capital, while local residents showed a stronger presence of physical and natural capitals. Regarding the cluster analysis (dendrogram) for workers, a close relationship between social and technical capital was evident, whereas, for local residents, there was a significant relationship between human and natural capital. In terms of

impacts on the atmosphere, soil, and water, a SWOT analysis was carried out in relation to livelihoods, while the advancement of the SDG 12 indicators relative to livelihood indexes manifested as a weak relationship, indicating that progress in one does not significantly affect the other.

Key Words: Brickmaking activity, Dynamics, Livelihoods, SDGs, Workers.

INTRODUCCIÓN

En el contexto global, los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas se han convertido en un marco fundamental para guiar los esfuerzos hacia un desarrollo equitativo y respetuoso con el medio ambiente. Los ODS relacionados con la industria y la innovación, como el ODS 9, que promueve la construcción de infraestructuras resilientes y sostenibles, y el ODS 12, que se enfoca en garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, son especialmente relevantes en la evaluación de procesos industriales. Estos objetivos buscan transformar sectores clave, como la construcción, hacia prácticas que minimicen su impacto ambiental y maximicen su contribución al bienestar social (García-Parra *et al.*, 2022).

En Colombia, la industria constructora, y particularmente la alfarera, desempeña un papel decisivo en la economía nacional. Esta industria, que abarca desde grandes empresas hasta pequeñas unidades productivas, como la actividad ladrillera a pequeña escala, ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años. Según datos recientes, la producción de ladrillos en Colombia ha alcanzado niveles históricos, siendo Boyacá uno de los departamentos con mayor concentración de actividades alfareras. Aunque esta expansión es beneficiosa para la economía local, también

plantea desafíos significativos en términos de sostenibilidad y condiciones laborales (Corpoboyacá, 2009; Malagón, 2020).

Para abordar estos desafíos, es crucial adoptar enfoques de investigación que integren la sostenibilidad en el análisis de las actividades productivas. El enfoque de medios de vida sostenibles, que considera las diversas dimensiones que afectan el bienestar de los trabajadores y sus comunidades, ofrece una herramienta valiosa para evaluar el estado actual de los trabajadores en cualquier escenario de producción (Plazas-Leguizamón y Jurado-Álvarez, 2018). Este enfoque no solo permite comprender las condiciones laborales y su impacto en la calidad de vida, sino también identificar oportunidades para mejorar la resiliencia y sostenibilidad del sector.

No obstante, la industria ladrillera también genera impactos ambientales significativos, particularmente en el departamento de Boyacá, y, que de acuerdo con Rocha-Gil y Echeverri-Rubio (2021), la industria ladrillera aporta hasta en un 59 % del total de las emisiones de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, otras actividades asociadas a esta actividad industrial, tales como la extracción de materias primas y el uso de energía son temas de preocupación. En Oicatá, estos impactos se ven reflejados en la degradación del suelo, la contaminación del aire y el agotamiento de recursos naturales, lo que subraya la necesidad de implementar prácticas más sostenibles en la producción ladrillera.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la dinámica de la actividad alfarera de ladrillo en el municipio de Oicatá - Boyacá y sus implicaciones en los habitantes aledaños y trabajadores de la actividad industrial. A través del enfoque de medios de vida sostenibles y los indicadores del ODS 12, se busca proporcionar una visión integral que permita mejorar la sostenibilidad y el bienestar de las comunidades involucradas en esta actividad. De acuerdo con lo anterior, esta investigación se llevó a cabo en el marco del proyecto de investigación titulado *Dinámica de los medios de vida y del objetivo 12 de desarrollo sostenible asociado a pobladores dedicados a la actividad alfarera - ladrillo, del municipio de Oicatá - Boyacá, con código PSIN601ECAPMA2023 de la convocatoria interna N°11 cohorte 1 para la conformación del banco de proyectos de investigación formulados por los semilleros de investigación, avalados por la UNAD 2022 “innovación y tejido social para el desarrollo del territorio”*.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con las dinámicas económicas del mundo actual, la institucionalidad carece de estrategias que permitan atender de manera holística los conflictos ambientales que se generan a partir de la industria ladrillera en los diferentes departamentos del país, pues, para el contexto de la actividad alfarera, el departamento de Boyacá se destaca como una de las regiones con mayor actividad extractora de arcilla para la elaboración de productos para la industria (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente], 2021), entre los que se reconoce la elaboración de artesanías o productos para la construcción. Bajo este contexto, el municipio de Oicatá desarrolla con gran fortaleza labores para la obtención de productos para la construcción; sin embargo, del 100 % de los trabajadores que desempeñan esta labor, cerca del 70 % se encuentran bajo un esquema de trabajo que no les brinda oportunidades de seguridad social, lo que acarrea problemáticas en el sector asociadas al desarrollo económico, social, humano y, por ende, implicaciones ambientales (Concejo Municipal de Oicatá, 1999). En este contexto, esta actividad trae una serie de problemáticas que determinan en gran medida las dinámicas sociales, políticas, económicas y culturales de

los habitantes, generando un desconocimiento del impacto de esta actividad dentro del ecosistema ambiental de esta región.

En consecuencia, las diferentes entidades competentes de orden nacional y departamental han identificado la notoria afectación que genera la actividad alfarera en la sociedad, trayendo consigo modificaciones en las actividades propias de las zonas donde se desarrolla dicha actividad industrial (Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá], 2009). Estas afectaciones no solo impactan la calidad de vida de los habitantes, sino que también alteran los ecosistemas locales y la sostenibilidad de las prácticas económicas tradicionales. Esta situación ha sido el resultado de la falta de identificación, diseño y puesta en marcha de medidas de regulación y mitigación de los efectos que genera la actividad industrial para promover una actividad alfarera más responsable y sostenible. Sin embargo, esta investigación logra identificar la falta de documentación existente en relación a la articulación entre el gobierno, la comunidad y los productores alfareros para desarrollar e implementar soluciones efectivas que beneficien a todas las partes involucradas.

Sin embargo, se han desarrollado diferentes investigaciones en las que se reconoce el aumento exponencial de la emisión de gases, la generación de residuos sólidos, escombros, ruido e incluso daños considerables en los ecosistemas edáficos, cuando no se cuenta con o no se lleva a cabo un plan de manejo ambiental responsable, generando amenazas a la sociedad aledaña a corto, mediano y largo plazo (Corpoboyacá, 2009).

Por lo tanto, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) ha procedido a solicitar el monitoreo y posible cierre de varios establecimientos, como en el caso del municipio de Sogamoso en el momento de poner en vigencia la Resolución 581 de Corpoboyacá, así como las Resoluciones 2579, 2589 y 2590 de 2023 que regulan la operación de los hornos de producción de ladrillo, pues a dicha actividad se le atribuyen impactos negativos en la calidad del aire, y el padecimiento de enfermedades pulmonares crónicas en habitantes aledaños. Esta medida busca garantizar que las prácticas alfareras se realicen de manera responsable, minimizando el impacto ambiental y asegurando el cumplimiento de las regulaciones en materia de salud, seguridad y medio ambiente, fomentando una transición hacia tecnologías y métodos de producción más sostenibles, promoviendo el desarrollo sostenible. Sin embargo, esta estrategia debería contemplar una mirada más

amplia, en la cual la solución no se base en la terminación de la actividad industrial, sino que se articule con estrategias de inversión que permitan la modificación de la actividad en el marco del ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura.

Esta investigación se proyecta dentro de dos líneas de investigación de la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA) como son: Desarrollo Rural y Gestión y Manejo Ambiental. Además, favorece la proyección del conocimiento que realiza el Observatorio Intersistémico Regional (OIR) UNAD, como estrategia para el abordaje del territorio y, puntualmente, para el análisis de la dinámica de la producción alfarera en el municipio de Oicatá - Boyacá.

Bajo este contexto, esta investigación pretende dar respuesta a la pregunta “¿Cuál es el impacto ambiental generado por la actividad alfarera - ladrillo en los habitantes y trabajadores de la industria en el municipio de Oicatá en el departamento de Boyacá?”

JUSTIFICACIÓN

Bajo el contexto colombiano, es relevante reconocer que la era industrial aún marca un importante hito en la economía del país. Por la cual, los diferentes sectores económicos se basan en el uso de materias primas para la elaboración de productos que surten los mercados nacionales e internacionales. Así, las asociaciones de productores alfareros de Boyacá se basan en unidades productivas que están conformadas por núcleos familiares completos, tales como padres, hijos, abuelos, nietos y tíos, lo que genera una estabilidad económica inmediata y de corto plazo (Rocha y Echeverri, 2020).

Por consiguiente, es necesario atender a los conflictos ambientales producto de la actividad ladrillera en Boyacá, ya que se ha evidenciado que esta actividad trae como consecuencia una serie de problemáticas que determinan en gran medida las dinámicas sociales, políticas, económicas y culturales de los habitantes. De este modo, el estudio de los alfareros productores de ladrillo del municipio de Oicatá permitiría consolidar un diagnóstico actual, que evidencie la magnitud e importancia de la actividad alfarera, tanto en los pobladores aledaños como en los trabajadores de la industria, ofreciendo una base sólida para el desarrollo de estrategias de mitigación y políticas públicas orientadas a promover economías más sostenibles.

Por otro lado, este estudio se consolida como un aporte para el diseño e implementación de los planes de desarrollo y ambientales, a fin de proponer alternativas de solución que mitiguen el impacto de la actividad y dinamicen la economía de la industria, favoreciendo las actividades productivas, socioeconómicas y culturales (Corpoboyacá, 2009); aspectos que podrán ser determinados a través del enfoque de los medios de vida sostenible (MVS), donde se tiene en cuenta el capital social, humano, físico, financiero y natural (Scoones, 2009). En este sentido, se analizará con respecto a indicadores de los ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras, y 12: Producción y consumo responsable, a fin de identificar casos de éxito que permitan proponer estrategias para el fortalecimiento de la actividad en el marco del desarrollo sostenible.

Así bien, de acuerdo con Plan Nacional de Desarrollo 2022 - 2026 *Colombia potencia mundial de la vida, la transformación productiva, internacionalización y acción por el clima*, se convierte en un eje fundamental para el logro de la paz territorial, dentro del cual la transformación económica para alcanzar la neutralidad del carbono y consolidar territorios resilientes al clima es una de las prioridades que deben tener las organizaciones públicas, privadas o mixtas. Además, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible propone lineamientos para la actividad alfarera y ladrillera en Colombia a través del portafolio de mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales para el sector alfarero y de producción de ladrillo en Colombia, a partir de lo cual se busca fortalecer este sector económico mediante estrategias que permitan minimizar sus impactos y dinamizar la economía de las personas involucradas, dado que para el 2023 esta actividad aportó dieciocho billones de pesos a las finanzas públicas del país (Asociación Colombiana de Minería [ACM], 2023).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la dinámica de la actividad alfarera-ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá y sus implicaciones en los habitantes aledaños y trabajadores de la actividad industrial a través del enfoque de los medios de vida y los indicadores del ODS 12.

Objetivos específicos

- Identificar la incidencia de la actividad alfarera-ladrillera sobre los factores de vulnerabilidad socioambiental en los habitantes aledaños y trabajadores en el municipio de Oicatá.
- Describir el impacto de la actividad alfarera-ladrillera en los componentes atmosféricos, edáficos e hídricos de la localidad en articulación con los ODS.
- Establecer el vínculo de la actividad alfarera - ladrillera con los indicadores del ODS 12: Producción y consumo responsable.

MARCO CONCEPTUAL

La actividad alfarera en Colombia

La producción de elementos para la industria constructora, en el marco de la actividad alfarera, ha jugado un papel fundamental en la economía rural de Colombia; para el 2015, favoreció al producto interior bruto (PIB) con cerca de 11,5 billones de pesos. A pesar de eso, su aporte a la economía durante los últimos años se ha dificultado, dado a que, en general, el sector manufacturero representa aproximadamente el 10-12 % del PIB de Colombia. Dentro de este sector, la alfarería, al ser una actividad artesanal y de pequeña escala en comparación con otras industrias manufactureras más grandes como la producción de alimentos, textiles y productos químicos, contribuye con una fracción muy pequeña al total del PIB manufacturero.

Así, la alfarería es una actividad que no solo contribuye al desarrollo económico de las comunidades, sino que también conserva tradiciones ancestrales y promueve la identidad cultural, a través de las cuales se han consolidado unidades empresariales que hacen parte de la economía de cientos de familias a nivel nacional y que se centran en el aprovechamiento de recursos naturales tales como la arcilla, el agua y la madera para la elaboración de productos como las artesanías e insumos para la industria

constructora, como, ladrillo, bloques, tubos y tejas principalmente (Lamprea-Delgado, 2007).

Históricamente, la alfarería en Colombia tiene raíces que se remontan a las civilizaciones precolombinas y que yacen en el departamento de Boyacá, gracias a la presencia de los muisca, quienes encontraban en la arcilla, un elemento fundamental para el desarrollo de su cultura, elaborando productos de cerámica y objetos de barro (Figura 1) (Beltrán-Beltrán, 2008). Así bien, el barro fue parte fundamental de las estructuras residenciales y de alabanza a los dioses, como se ha podido constatar en construcciones históricas presentes en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Santander principalmente (Rivera *et al.*, 2021).

Figura 1. Elementos elaborados en barro o arcilla como parte de la cultura en Boyacá

A. Vaso cultura muisca



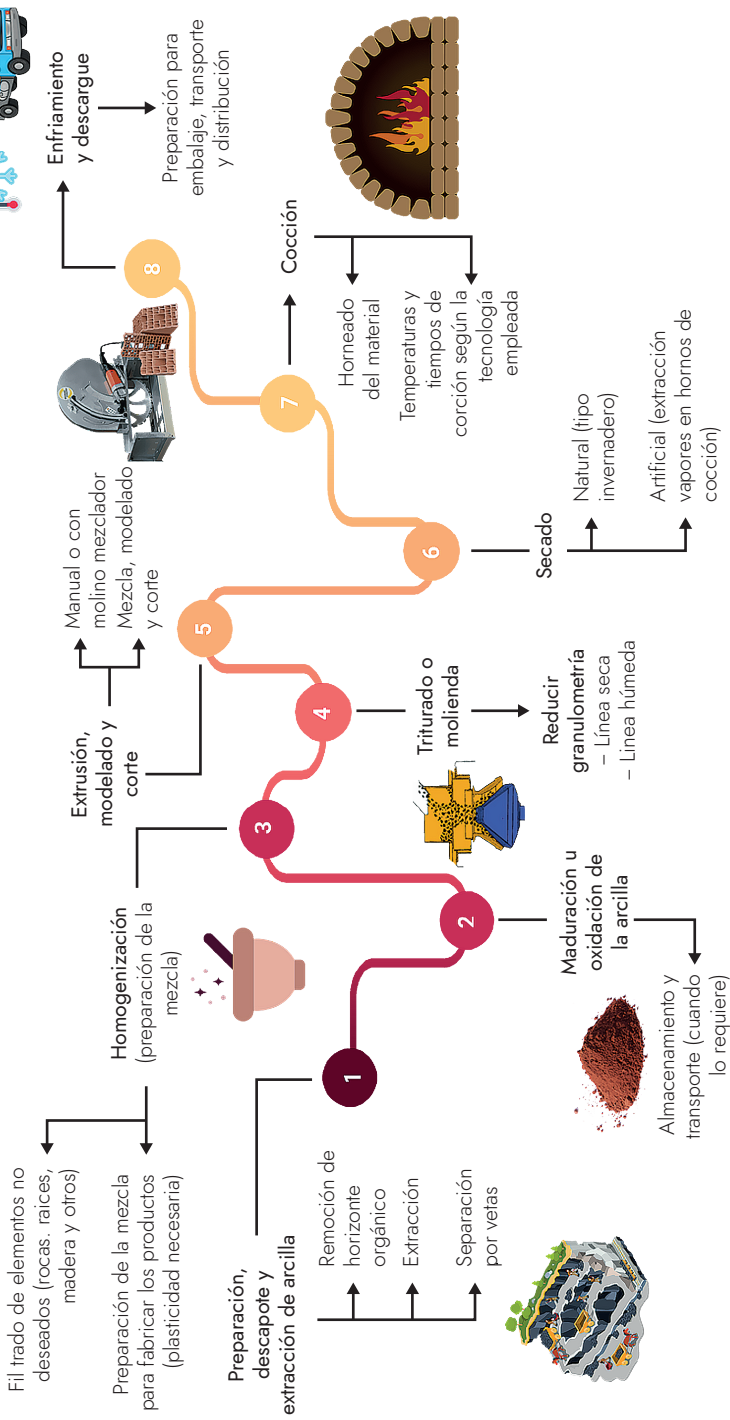
B. Bloques de adobe



Fuente: Contreras-Guerrero y Borja (2021); Delgadillo (2022).

Bajo el contexto productivo, la elaboración de ladrillos en Boyacá es una actividad clave en el sector de la construcción. En muchas regiones rurales, pequeñas y medianas empresas familiares se dedican a la fabricación de ladrillos, tejas y tubos, integrando el uso de métodos tradicionales y materiales locales. Esta actividad no solo proporciona empleo, sino que también impulsa el desarrollo de infraestructuras locales y, por ende, dinamiza la economía básica de los hogares al comprender que, alrededor del uso de la arcilla, participan los diferentes miembros del núcleo familiar. En la Figura 2, se muestra la ruta de elaboración de elementos para uso en la construcción.

Figura 2. Diagrama del proceso industrial para la elaboración de ladrillos



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

En esta sección, se detallan las características del proceso de producción, resaltando las particularidades observadas según la categoría tecnológica aplicada. De manera general, el proceso de producción se compone de las siguientes fases:

Preparación del terreno y extracción de la arcilla

Esta fase inicial implica el acondicionamiento y descapote del terreno para extraer las arcillas, así como la mezcla de los diferentes estratos del suelo, normalmente mediante métodos mecanizados.

Oxidación o maduración de la arcilla

Durante esta fase, la arcilla se almacena en pilas donde sufre un proceso de oxidación natural al estar en contacto con el oxígeno atmosférico. Habitualmente, la fabricación de ladrillos se lleva a cabo cerca de las canteras de extracción, minimizando la necesidad de transporte.

Molienda y tamizado

En esta etapa, se inicia la preparación de la mezcla para fabricar los productos. El objetivo es reducir y homogeneizar el tamaño de las partículas.

Mezcla

Se prepara la mezcla o pasta cerámica con la plasticidad adecuada para moldear los productos posteriormente. Esta preparación puede ser en seco o con un poco de humedad, conocida como preparación semihúmeda.

Moldeado y corte

El moldeado se realiza principalmente mediante prensado o extrusión. El corte de los ladrillos suele hacerse con un cortador de alambre dulce.

Secado

Esta fase consiste en eliminar el exceso de humedad de los productos crudos antes de la cocción. El secado puede ser natural, tipo invernadero o artificial, utilizando un espacio cerrado donde el material se ubica y al cual ingresa aire caliente excedente de los hornos de cocción mediante extractores.

Cocción o quema

Los productos son cocidos en atmósferas oxidantes, con tiempos y temperaturas que varían según la tecnología utilizada.

Enfriamiento y descargue

Tras la cocción, los productos se enfrían antes de ser recuperados, preparándolos para el embalaje, transporte y distribución.

Impactos ambientales de la extracción de arcilla

La extracción de arcilla para la producción de materiales de construcción, como ladrillos y tejas, es una actividad de importancia económica en muchas regiones del mundo. No obstante, esta actividad puede tener diversos impactos ambientales que deben ser gestionados cuidadosamente para minimizar su efecto en el entorno natural. A continuación, se presentan algunos de los principales impactos ambientales asociados con la extracción de arcilla.

Alteración del paisaje y pérdida de biodiversidad

La extracción de arcilla implica la remoción de la capa superficial del suelo, lo que puede conducir a una alteración significativa del paisaje. La eliminación de la vegetación natural y la perturbación del suelo afectan a los hábitats de flora y fauna, provocando una pérdida de biodiversidad. En muchos casos, las áreas de extracción son abandonadas sin una adecuada rehabilitación, dejando paisajes degradados (Tschardt *et al.*, 2012).

Erosión del suelo y sedimentación

La remoción de la capa vegetal y el suelo para acceder a los depósitos de arcilla puede aumentar la susceptibilidad a la erosión. La erosión del suelo puede llevar a la sedimentación en cuerpos de agua cercanos, afectando la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. Esto puede resultar en la degradación del hábitat para especies acuáticas y en problemas para el suministro de agua potable (Dutta, 2016).

Contaminación del agua

Las operaciones mineras pueden afectar la calidad del agua subterránea y superficial a través del arrastre de sedimentos y contaminantes. Los procesos de lavado y procesamiento de arcilla pueden liberar partículas finas y productos químicos al agua, alterando su composición química y física (Vilela *et al.*, 2018).

Consumo de recursos y energía

La extracción y procesamiento de arcilla requieren del uso de recursos naturales, como agua y energía. Las operaciones mecanizadas para la extracción y transporte de arcilla, así como el secado y cocción de productos cerámicos, consumen grandes cantidades de energía, lo que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (Mohapatra *et al.*, 2022).

Emisiones de polvo y ruido

Las actividades de extracción y procesamiento generan emisiones de polvo que pueden afectar la calidad del aire local, lo que tiene implicaciones para la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas. Además, el ruido generado por la maquinaria y el transporte puede perturbar la vida silvestre y afectar la calidad de vida de las personas que viven cerca de las operaciones mineras (Tao *et al.*, 2022).

Rehabilitación del terreno

La falta de medidas adecuadas para la rehabilitación de las áreas de extracción de arcilla puede llevar a problemas ambientales a largo plazo. La restauración del paisaje y la recuperación de la biodiversidad son esenciales para mitigar los impactos negativos de la minería de arcilla (Meuser, 2012).

Los medios de vida sostenibles (MVS) en el sector productivo

Los enfoques de medios de vida sostenibles (MVS) se distinguen por su carácter interdisciplinario, abordando y evaluando las realidades locales de manera integral, con el objetivo de promover un desarrollo sostenible que beneficie tanto a las comunidades como a su entorno (Arredondo, 2016). Este enfoque es aplicable en cualquier contexto, grupo social o región geográfica, ya que busca evaluar tanto factores internos como externos que influyen en la

vida cotidiana de la población, logrando así identificar relaciones dinámicas entre los elementos de los MVS en un tiempo determinado (Velázquez y Aguilar, 2012).

Dentro del marco de los MVS, es posible desarrollar procesos alrededor de los diferentes capitales, influenciados por políticas institucionales, con el objetivo de generar estrategias que ayuden a mitigar problemáticas y factores de vulnerabilidad, o bien fortalecer las capacidades para la reducción del riesgo social (Holzmann y Jorgensen, 2000). Para este propósito, se utiliza el “pentágono de capitales” como una herramienta clave que facilita la evaluación y comprensión de estos componentes (Chaparro y Mora, 2017). Esta herramienta permite visualizar y correlacionar aspectos como los capitales social, financiero, físico, humano y natural, con análisis en áreas como el desarrollo comunitario, la agricultura, la salud, los derechos, la energía, el turismo, la migración y el deporte (Robles-Zavala, 2010).

Los MVS dependen de procesos participativos que sirven como herramientas estratégicas para que las comunidades “compartan, amplíen y analicen su propio conocimiento sobre sus vidas y condiciones, con el fin de planificar y actuar” (Gómez-Demetrio *et al.*, 2013, p. 77). Al mismo tiempo, estos procesos integran enfoques transdisciplinarios que permiten la interacción entre la investigación académica y la experiencia práctica de las comunidades locales. Según Asravor (2017), los MVS contribuyen al uso eficiente de los recursos tangibles e intangibles, generando alternativas para la mitigación y empoderando a los agricultores con conocimientos, técnicas y prácticas que impulsan el desarrollo de sus granjas.

El enfoque de los MVS busca analizar de forma cualitativa y participativa la resiliencia, las capacidades, el empoderamiento y la sostenibilidad de los individuos y sus familias, integrando los capitales sociales, económicos, físicos, naturales y socioculturales. Este enfoque es fundamental para el diseño, implementación y evaluación de proyectos o programas sociales sostenibles, permitiendo que actores locales y externos contribuyan a la adaptación de las dinámicas organizativas y políticas. En los MVS, el término “capital” no se refiere solo al ámbito económico, sino que engloba activos como “bloques de construcción” (Department International Development [DFID], 1999), que pueden ser tanto tangibles como sociales.

Capital humano

Las investigaciones sobre el desarrollo y comportamiento humano se han apoyado en ciencias como la antropología, sociología y psicología, enfocándose en el individuo y su capacidad para socializar a nivel interpersonal e intercomunitario, mediante el fortalecimiento de habilidades cognitivas que son esenciales para la supervivencia y el ocio (Horst y Miller, 2012). En términos de inteligencia, habilidades cotidianas, aptitudes, conocimientos, capacidades físicas y laborales, niveles de educación y estado de salud, estas características se fortalecen en función de las condiciones biológicas y la capacidad que cada individuo tiene para expresarlas socialmente, permitiendo evidenciar el capital humano (López *et al.*, 2015), a partir de su experiencia, educación y capacitación. Este capital se evalúa considerando su distribución geográfica, ya que está determinado por factores como las raíces ancestrales, costumbres, culturas, climas y ambientes que influyen en las actividades diarias de las comunidades.

Capital social

De acuerdo con Arboleda *et al.* (2008), el capital social se refiere a la construcción de “valores, costumbres, confianza, ideas y otros elementos compartidos que forman parte de las identidades y pertenencias” (p. 87). Estos factores influyen directamente en la cohesión social a nivel local, brindando identidad y promoviendo la confianza y reciprocidad para desarrollar capacidades frente a la desigualdad. Este capital está vinculado a las redes de trabajo, tanto formales como informales, que tienen la capacidad de tomar decisiones, gestionar oportunidades y acceder a beneficios para alcanzar sus objetivos dentro del marco de los MVS. El ámbito social requiere un intercambio constante de conocimientos (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2018) con el fin de gestionar de manera eficiente los recursos naturales, humanos, sociales, físicos y financieros disponibles (Gottret, 2011). De esta manera, se evidencia el grado de organización y empoderamiento de las poblaciones rurales, principalmente en relación con asociaciones de productores y organizaciones comunitarias (FAO, 2018).

Capital natural

El enfoque de los MVS promueve el cuidado de áreas agrícolas y mineras, protegiendo bosques naturales debido a su rol inherente en el ciclo del agua, la conservación del suelo, la fijación de carbono y la biodiversidad, que incluye hábitats de polinizadores y la captación de radiación solar. Estos aspectos son fundamentales para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria, impulsando una agricultura más intensiva y protección social sin expandirse a expensas de áreas naturales protegidas. Estas directrices están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, que buscan crear conciencia sobre la importancia de los recursos naturales y las políticas públicas orientadas a la mitigación del cambio climático (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2015).

Capital físico

Este tipo de capital hace referencia a la infraestructura, tanto pública como privada, que incluye servicios básicos, caminos, carreteras y edificaciones. En el ámbito productivo, se refiere a equipos y maquinaria utilizados por individuos, familias y comunidades para satisfacer sus necesidades y realizar actividades productivas que mejoren su bienestar (Colmenares-Cruz *et al.*, 2024). Entre los activos físicos se encuentran sistemas de transporte, agua potable, saneamiento, energía, y medios de comunicación e información (Elliot, 2008). Estas infraestructuras, debido a sus altos costos de operación y mantenimiento, requieren financiación y planeación a corto y largo plazo, y la participación de la comunidad es esencial para establecer prioridades en la provisión de servicios de calidad.

Capital financiero

El capital financiero está estrechamente relacionado con los capitales humano y social, ya que mide la eficiencia de las actividades cotidianas para generar beneficios económicos. No obstante, en las zonas rurales, el desarrollo económico se ha visto obstaculizado por crisis en el sector agrícola (Plazas-Leguizamón y García-Parra, 2017). A pesar de estos desafíos, las áreas urbanas y rurales ejercen una influencia significativa en el mercado nacional, lo que ha impulsado el desarrollo de estrategias tecnológicas por parte de entidades públicas y privadas para financiar proyectos agroforestales, agrarios, ambientales y biológicos como parte de estrategias laborales (Olloqui y Fernández, 2017).

Los ODS en el sector productivo

La implementación y evaluación de 169 metas enmarcadas en los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ha servido para determinar su efectividad a nivel mundial (Pradhan *s.f.*, 2017) a través de la base de datos de acceso libre de la División de Estadística de las Naciones Unidas, en donde se consolidan los indicadores de los ODS desde el 2010 para todos los países. Con esta información, se ha despertado el interés de analizar su dinámica y su impacto en los diferentes renglones económicos a nivel de industria (Sangwan y Bhatia, 2020), educación (Cebrián *s.f.*, 2020), salud (Bennett *s.f.*, 2020), mercado (van der Waal y Thijssens, 2020), diseño (Horne *s.f.*, 2020) y tecnología (Vinuesa *s.f.*, 2020); así como hacer frente a los efectos del cambio climático (Kaltenborn *s.f.*, 2019).

Al respecto, el análisis de avance de los ODS se ha desarrollado teniendo en cuenta diferentes enfoques de la metodología cuantitativa (Nilsson *et al.*, 2018), considerando que la valorización es propia de cada nación y de sus contextos, por lo que la valoración de los avances en las metas, sus logros y su impacto depende de cada territorio. Por esta razón, los diferentes países han trazado metas enfocadas en los contextos, para así lograr los objetivos en pro de la vida de las nuevas generaciones, donde la construcción y puesta en marcha de políticas que facilitarían la implementación de los ODS sea el pilar fundamental para lograr el cambio de estilo de vida y gobernanza descentralizada (Moyer y Bohl, 2018). Así, cada país ha consolidado en sus planes de desarrollo rutas para generar sinergias dentro y entre los objetivos, donde se aborden los principales desafíos para el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta las sinergias y antagonismos (Schmidt-Traub *et al.*, 2017). En la mayoría de las naciones, el tema de erradicar la pobreza se consideró como una de las primeras tareas, ya desde los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y sigue siendo uno de los principales desafíos que enfrenta la humanidad (ODS 1), por su alta sinergia con los demás. De igual manera, respecto al consumo y producción responsable (ODS 12), se ha asociado con el progreso económico (Lusseau y Mancini, 2019).

La diversidad de Colombia, parte integral de la riqueza latinoamericana, se manifiesta en los variados niveles de desarrollo en sus diferentes dimensiones. Esto se debe a la influencia de las grandes ciudades, a la fuerte vocación agropecuaria de muchas regiones y a la existencia de vastas reservas naturales. Según Ramírez-Jaramillo y de Aguas (2017), la competitividad

regional en los distintos departamentos del país se evalúa considerando la fortaleza económica, la infraestructura y logística, el bienestar social y el capital humano, así como la ciencia, la tecnología y la innovación, además de la institucionalidad y la gestión pública.

Los estudios han proporcionado una visión instantánea y panorámica de las interacciones y desafíos que enfrenta la humanidad, subrayando la necesidad de una máxima capacidad para analizar, ejecutar y retroalimentar a lo largo del tiempo. Esto es esencial para proyectar los aportes a la Agenda 2030. En este contexto, el enfoque de medios de vida sostenibles ha abarcado diversas áreas del desarrollo regional, desde la mujer rural y la pobreza (Jaka y Shava, 2018), la conservación forestal (Sunderlin *et al.*, 2005), la agricultura (Acharya, 2006), hasta la minería (Segerstedt y Abrahamsson, 2019). En esta última, las áreas de mayor interés incluyen trabajo, género, organización, dinámicas sociales, sostenibilidad, comunidad, cohesión e inclusión.

Además, diversas investigaciones destacan las dinámicas de las localidades rurales que han transitado entre la producción agropecuaria y la minería, y viceversa. Estas transiciones están vinculadas a dinámicas intergeneracionales, la participación gubernamental, la disponibilidad de recursos y la influencia de estas actividades en aspectos económicos y ambientales (Hinojosa, 2013). Es fundamental analizar los contextos de la minería en relación con los medios de vida sostenibles, ya que la extracción de minerales y metales ha sido la más estudiada debido a su considerable valor económico, generando impactos sociales y ambientales. Lenninger (2015), por ejemplo, analizó la extracción de cobre en Chile y su relación con la biodiversidad utilizando el enfoque de medios de vida sostenibles. Este estudio identificó las debilidades y fortalezas de las comunidades cercanas a la actividad minera, revelando una desorganización social y una aceptación de la minería extractiva como la única actividad productiva.

En el amplio campo de la economía minera, la actividad alfarera representa un renglón económico importante, pero con grandes impactos en la sociedad. En este contexto, las producciones mineras en el departamento de Boyacá han aumentado considerablemente debido al potencial de uso de la materia prima, compuesta principalmente de suelo, fuentes de agua y fuentes de energía. Este crecimiento ha afectado de manera significativa a las comunidades cercanas al sistema de producción industrial. Tal escenario ha transformado no solo a las personas que desarrollan la actividad industrial,

sino que también ha tenido impactos negativos en la población local. En muchos casos, intervienen corporaciones gubernamentales, lo que afecta aspectos clave de su economía (MinAmbiente, 2020).

Finalmente, el contexto actual de la producción alfarera en Colombia se ha encaminado hacia la reglamentación de la actividad minera de manera artesanal, con el fin de mitigar los impactos en los sistemas industriales. Desafortunadamente, la inversión gubernamental es mínima y, por tal razón, los procesos de “modernización” se desaceleran al comprender que la actividad alfarera se encuentra dentro de los renglones productivos de la economía para la supervivencia (Díaz y Rueda-Quiñonez, 2017).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas proporcionan un marco integral para abordar los desafíos globales relacionados con la pobreza, la desigualdad, el cambio climático y la degradación ambiental. La actividad alfarera en Colombia, particularmente en el departamento de Boyacá, se conecta directamente con varios ODS, como el ODS 8, Trabajo decente y crecimiento económico; el ODS 12, Producción y consumo responsables, y el ODS 15, Vida de ecosistemas terrestres. La alfarería, si bien es una actividad económica importante, también plantea desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental y social. Por lo tanto, es fundamental analizar y alinear las prácticas alfareras con los ODS para asegurar un desarrollo sostenible y equilibrado (García-Parra *et al.*, 2022).

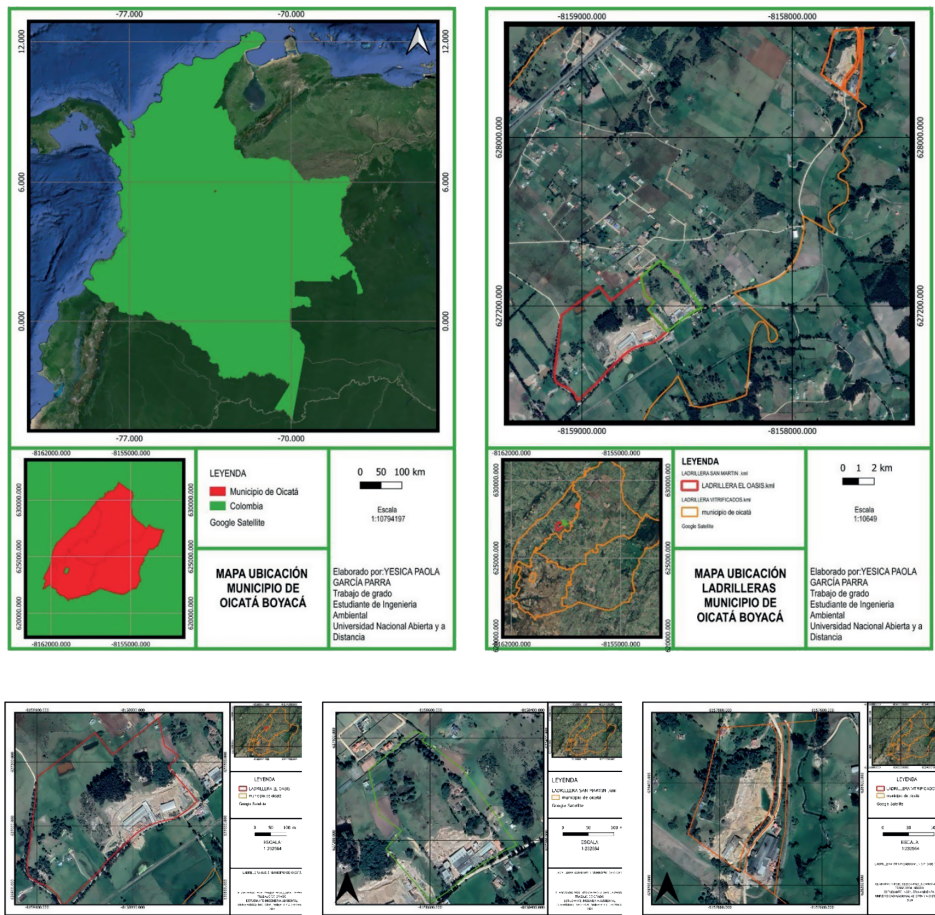
El departamento de Boyacá es conocido por su rica tradición alfarera, que ha sido una fuente importante de ingresos para muchas comunidades locales. Sin embargo, la creciente demanda y expansión de esta actividad han llevado a un uso intensivo de recursos naturales como el suelo, el agua y la energía. Este crecimiento ha tenido impactos significativos en el medio ambiente y en las comunidades locales, incluyendo la degradación del suelo, la contaminación del agua y la alteración de los ecosistemas. Además, las comunidades alfareras a menudo enfrentan desafíos socioeconómicos debido a la fluctuación de precios y la competencia en el mercado. Por lo tanto, es vital realizar un análisis profundo de los medios de vida sostenibles para identificar estrategias que mitiguen estos impactos y promuevan prácticas alfareras responsables (Univio, 2017).

MARCO GEOGRÁFICO

Localización

La investigación se desarrolló en el departamento de Boyacá, en el municipio de Oicatá (ver Figura 3) durante el primer semestre de 2024, abordando sistemas de producción alfarera - ladrillera, como escenario de estudio.

Figura 3. Municipio de Oicatá, ubicado en el departamento de Boyacá - Colombia



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las características generales del municipio de Oicatá, se destaca una economía diversificada que incluye la agricultura, la ganadería, las artesanías y la minería. La agricultura es predominante, con cultivos de papa, cereales, legumbres y hortalizas que constituyen la principal fuente de ingresos para los agricultores locales. La ganadería también es significativa, con la cría de ganado bovino para la producción de leche y carne, así como la cría de ovejas y cerdos. Las artesanías, como tejidos, cestería y cerámica, son notables en la región, así como la extracción de arcilla para la fabricación de ladrillos y tejas destaca en el sector minero. Las actividades sociales en Oicatá están profundamente arraigadas en su herencia cultural y tradiciones comunitarias. Las fiestas patronales en honor a San Isidro Labrador y otras

celebraciones como carnavales y ferias son eventos importantes que reúnen a la comunidad para disfrutar de música, danza y actividades culturales. La educación juega un papel vital con varias escuelas rurales que ofrecen educación primaria y secundaria, así como programas de alfabetización para adultos. La promoción de la cultura y las tradiciones se evidencia en los grupos folclóricos y museos locales que exhiben la historia y las artesanías del municipio (Alcaldía Municipal de Oicatá Boyacá, 2020).

Es de resaltar que en Oicatá, específicamente en la vereda Poravita se encuentran funcionando hornos artesanales para la elaboración de productos para la industria constructora, principalmente ladrillos, tejas, tubos y bloques, y que tienen como principal fuente de combustible el coque. Dichos establecimientos industriales se encuentran en constante monitoreo por parte de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá y la inspección de policía a pesar de no contar con un censo del número de hornos presentes en el municipio, ni datos que den cuenta de su producción o empleabilidad. Con todo, parte de la contaminación atmosférica se atribuye a esta actividad (Alcaldía Municipal de Oicatá Boyacá, 2024).

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

En la presente investigación, se optó por un enfoque mixto debido a la necesidad de abordar tanto aspectos cualitativos como cuantitativos de la actividad alfarera en Oicatá - Boyacá. El enfoque cualitativo permitió realizar un análisis de las características de los actores involucrados, como los trabajadores y pobladores aledaños, en relación con su incidencia socioambiental y laboral. A través las entrevistas semiestructuradas, fue posible identificar elementos clave sobre las condiciones laborales, las prácticas de sostenibilidad y las dinámicas económicas de las familias que dependen de esta industria, así como su articulación con indicadores de los ODS 9 y 12.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo complementó este análisis mediante la recolección y procesamiento de datos numéricos asociados a los índices de los capitales del enfoque de medios de vida. De acuerdo con Hurtado de Barrera (2010), dicho enfoque conjugado con un análisis exploratorio permite comprender las características de la población a analizar, a fin de facilitar una comprensión integral del impacto generado por el fenómeno en

estudio. Este enfoque mixto asegura un análisis robusto y contextualizado que respalda la evaluación de las implicaciones de la actividad alfarera en la comunidad.

Diseño experimental

Para la metodología de campo, el estudio se basó en el análisis de un caso de estudio. Lo anterior, con el fin de detallar el objetivo del proyecto en una situación local particular. Para tal fin, se tuvo como universo dos grupos poblacionales asociados a trabajadores y personas aledañas al sistema industrial, siguiendo una definición de la muestra mediante población finita, teniendo en cuenta lo propuesto por López-Roldan y Fachelli (2015).

$$N = \frac{(N \times Z^2 \times p \times q)}{(e^2 \times (N-1) + N^2 \times p \times q)}$$

Donde

n: tamaño de la muestra

N: población

Z: parámetro estadístico del nivel de confianza (95 %)

e: error estimado máximo (5 %)

p: probabilidad de ocurrencia del éxito (0,5)

q: probabilidad de que no ocurra el éxito (0,5)

Considerando la fórmula de muestreo finito y según las visitas exploratorias de campo, se logró evidenciar que existen 28 familias que dependen económicamente de la actividad alfarera, mientras que 34 familias se consideran aledañas al sistema de producción en el municipio de Oicatá, vereda Poravita. En este sentido, 27 familias alfareras y 32 familias aledañas fueron la muestra para la investigación, de acuerdo con el cálculo realizado utilizando la fórmula anterior.

Para el desarrollo de la primera fase de la investigación, se utilizó el enfoque de los medios de vida (*livelihoods*). Así, este enfoque contempla cinco (5) capitales: social, humano, físico, financiero y natural, que comprenden la capacidad que tienen los individuos para poseer activos e integrarlos a su cotidianidad (Plazas-Leguizamón y Jurado-Álvarez, 2018; Colmenares-Cruz *et al.*, 2024).

En este contexto, los capitales asociados al enfoque de medios de vida se tomaron como categorías de análisis, comprendiendo que las herramientas de recolección de la información (encuestas semiestructuradas) lograrían respuestas y valores asociados a las subcategorías. Para tal fin, se estableció una escala transitoria que va de cero (0) como el índice de valor menor con respecto al acceso de activos, y tres (3) como el índice de mayor capacidad a disponer, siguiendo la metodología propuesta por Plazas-Leguizamón (2021). A este respecto, los índices asociados a cada uno de las capitales del enfoque se obtuvieron de la siguiente manera:

$$A = \frac{\sum \omega_1 + \omega_2 + \omega_i}{\omega}$$

Donde

A: índice valor del capital

ω_i : índice del rango elegido

ω : cantidad de indicadores en el capital

Además, se empleó la metodología de pentágono de medios de vida (MV) y multivariada con el fin de establecer una relación con respecto a los capitales humano (H), social (S), financiero (FN), físico (F) y natural (N). Para tal fin, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) con la finalidad de lograr relaciones entre las variables evaluadas (Tabla 1). La matriz del enfoque de los medios de vida contempla indicadores y rangos preseleccionados de acuerdo con los propuesto por Jezeer *et al.* (2019).

Tabla 1. Capitales de los medios de vida sostenibles según su indicador, modo de medición y rango de valoración

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital humano	Nivel de escolaridad	Nivel de escolaridad	Ninguno
			Hasta educación media
			Educación posmedia
	Conocimiento	Conocimiento sobre técnicas tradicionales de alfarería y ladrillería	No conoce
			Medianamente conoce
			Sí conoce
Capital humano	Capacitación	Acceso a programas de capacitación en técnicas de alfarería y manejo o impacto ambiental	Ninguna vez
			Pocas veces
			Muchas veces
		Acceso a capacitación técnica y financiera	Ninguna vez
			Pocas veces
			Muchas veces
	Salud	Acceso a servicios de salud	Nunca
			Subsidiado
			Contributivo
	Condiciones de trabajo	Estabilidad laboral	Informalidad permanente
			Contratación formal intermitente
			Contratación permanente

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital humano	Seguridad y Salud en el Trabajo	Efectos de la seguridad y salud en el trabajo	Presenta enfermedad por causa laboral
			Presume enfermedad a causa de las actividades laborales
			No presenta ninguna enfermedad a causa laboral
Capital social	Sociodemográfico	Tamaño de la familia	De 11 a más
			De 6 a 10 integrantes
			De 1 a 5 integrantes
		Satisfacción necesidades básicas	Muy poca
			Regular
			Buena
	Participación	Participación de las mujeres en la toma de decisiones del hogar	No cuenta con participación
			Se proyectan en participar
			Sí cuenta con participación
		Participación en la toma de decisiones locales	No se involucra
			Rara vez se involucra
			Sí se involucra
Participación de hombres en la toma de decisiones del hogar	No cuenta con participación		
	Se proyectan en participar		
	Sí cuenta con participación		

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital social	Conflictos	Presentación de conflictos interpersonales en actividades de alfarería y ladrillería	Desconoce
			No se ha presentado
			Se ha presentado
Capital social	Agremiación	Asociaciones	No pertenece a ninguna agremiación de trabajadores
			Perteneció a una agremiación de trabajadores
			Pertenece en la actualidad a una agremiación de trabajadores
Capital físico	Infraestructura productiva	Calidad y disponibilidad de instalaciones, equipos y materias primas para la producción de alfarería y ladrillo	No hay disponibilidad permanentemente de materiales, equipos e instalaciones para el desarrollo de labores
			La disponibilidad de materiales, equipos e instalaciones para el desarrollo de labores es intermitente
			Siempre hay disponibilidad de materiales, equipos e instalaciones para el desarrollo de labores

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital físico	Infraestructura comunitaria	Servicios básicos: luz, agua potable, alcantarillado, gas e internet y saneamiento.	No hay disponibilidad de servicios básicos
			La disponibilidad de servicios básicos es intermitente
			La disponibilidad de servicios básicos es permanente
	Acceso a tierra	Tenencia de la tierra	Arriendo
			Embargo, sociedad
			Propia
	Infraestructura privada	Calidad de la vivienda familiar	Sin mejoras
			Obra negra, gris
			Con terminados
	Infraestructura pública	Condiciones de las vías intermunicipales	Las vías se encuentran en mal estado
			Algunas vías se tienen una calidad intermedia
			Todas las vías se encuentran en buenas condiciones
		Condiciones de las vías interveredales	Las vías se encuentran en mal estado
			Algunas vías se tienen una calidad intermedia
			Todas las vías se encuentran en buenas condiciones

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital Natural	Erosión y degradación del suelo	Implementación de prácticas para prevenir la degradación del suelo	No se implementan estrategias para la recuperación de suelo
			Se implementan de manera intermitente
			Se cuenta con un plan de manejo para la recuperación de suelo
	Manejo del recurso hídrico	Proximidad y acceso a fuentes de agua para la producción alfarería y ladrillería	Ríos
			Pozos
			Reservorios
		Estrategias de uso eficiente del recurso hídrico superficial o subterráneo para la producción alfarera y ladrillo	No se realizan
			Desconoce
			Sí se realizan
	Tratamiento de aguas residuales	Existencia y uso de sistemas de tratamiento de aguas residuales en la producción alfarera y ladrillera	Ninguno
			Existió
			Existe y es funcional
	Generación de material particulado	Instalación de sistemas de tratamiento para el material particulado generado de la producción alfarera y ladrillera	Bajo
Medio			
Alto			

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital Natural	Consumo energético	Uso de fuentes de energías alternativas y sostenibles en la producción	Fuentes de energía no renovables (hidrocarburos)
			Fuentes de energías renovables y sostenibles
			Fuentes de energías alternativas
	Impacto en la biodiversidad	Considera que la actividad alfarera y ladrillera genera impacto en la biodiversidad (fauna, flora, ecosistemas)	Alto
			Medio
			Bajo
	Adaptación al cambio climático	Vulnerabilidad de la comunidad a la actividad alfarera/ladrillera frente al cambio climático	Si es vulnerable
			Poco vulnerable
			No es vulnerable
		Toma de medidas para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático	No toma medidas
			A veces toma medidas
			Sí toma medidas
Impactos de eventos extremos climáticos	Ha sido afectado más de dos veces		
	Ha sido afectado una vez		
	Nunca ha sido afectado		

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Financiero	Acceso a finanzas	Disponibilidad y acceso a crédito para mejoras del negocio alfarero y ladrillero	No cuenta con posibilidades
			Puede tener posibilidades
			Sí tiene acceso
		Participación en programas de microcréditos	No cuenta con participación
			Se proyectan en participar
			Sí cuenta con participación
	Ingresos y ahorros	Ingresos familiares	No cuentan con ingresos familiares
			Solo uno del hogar aporta ingresos
			Siempre aporta al ingreso familiar
		Capacidad de ahorro	No tienen capacidad de ahorro
No le es importante			
Tiene ahorros			
Capital técnico	Competencias técnicas	Cuentan con habilidades técnicas en la producción alfarera	No cuentan
			Algunas
			Sí cuentan con todas

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital técnico	Acceso a herramientas y equipos	Proporción de trabajadores que utilizan equipos modernos en comparación con técnicas tradicionales	Baja
			Media
			Alta
		Nivel de disponibilidad de herramientas y equipos en la producción	Baja
			Media
			Alta
		Regularidad del mantenimiento de equipos y herramientas	Baja
			Media
			Alta
		Inversión en la adquisición, actualización y compra de nuevos equipos	Baja
			Media
			Alta
Capital técnico	Condiciones de trabajo	Utiliza maquinaria o herramientas especializadas para la optimización en los tiempos de producción	Nunca
			Casi nunca
			Siempre
		Accidentes, incidentes durante la jornada laboral	Nunca
			Casi nunca
			Siempre

Capital	Indicador	Cómo medirlo	Rango
Capital técnico	Normas de seguridad	Nivel de cumplimiento de normas de seguridad en uso de equipos y herramientas	Nunca
			Casi nunca
			Siempre
		Capacitación de trabajadores en el uso seguro de equipos, materiales y herramientas	Nunca
			Casi nunca
			Siempre
	Eficiencia Productiva	Cantidad de productos elaborados por trabajador en un periodo específico	Insuficiente
			Neutral
			Suficiente
		Programa de reducción de desechos y productos defectuosos	Sin programa
			En construcción
			Cuenta con programa
	Innovación y desarrollo tecnológico	Innovación en diseños y productos	No existe
			En construcción
Sí existe			
Participación de los trabajadores en eventos de innovación y desarrollo de productos		No cuenta con la estrategia	
		No participa	
		Sí participa	

Fuente: adaptado de García-Parra *et al.* (2023).

Para llevar a cabo el desarrollo de este objetivo enfocado, se analizó el impacto de la actividad alfarera en relación con los ODS; se realizó una caracterización de los factores edáficos, atmosféricos e hídricos que pueden verse afectados por la actividad minera utilizando un análisis de revisión de literatura, y se establecieron variables de campo que puedan complementar la información.

Para hacer un análisis detallado de su impacto y su relación con los ODS, se utilizó la base de datos *SDG Index and Dashboards* (www.sdgindex.org) que proporciona información a nivel mundial sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), siguiendo la metodología propuesta por Schmidt-Traub *et al.* (2017), como indicadores preliminares y representativos de los capitales de MVS.

Además, se analizaron los datos de la Agenda 2030 de los ODS para Colombia en términos actuales y se realizaron correlaciones como umbral para definir la sinergia y el antagonismo entre un par de objetivos, entendiéndose como ‘sinergia’ cuando es positivo y ‘antagonismo’ como resultado negativo; de todos modos, se tendrá en cuenta la sinergia cuando sea mayor a 0,5 y antagonismo menor a -0,5, siguiendo la metodología propuesta por Pradhan *et al.* (2017).

Identificación de la incidencia de la actividad alfarera-ladrillera sobre los factores de vulnerabilidad socioambiental en los habitantes aledaños y trabajadores en el municipio de Oicatá

La actividad alfarera, en la línea de ladrillería, es un sector económico que se desarrolla con frecuencia en el municipio de Oicatá - Boyacá. Dicha industria tiene incidencia sobre las características socioambientales tanto para los habitantes aledaños como para los trabajadores. Dentro de las actividades que se desarrollan en esta labor, la extracción y uso de la arcilla es un proceso que permite obtener productos como ladrillos, tejas, tubos y bloques que surten a la industria de la infraestructura y la construcción (Figura 4). En consecuencia, esta labor ha tenido diferentes miradas con relación al uso intensivo de recursos naturales como “el suelo, el agua y su impacto en el ambiente” (Rincón y Wellens, 2011, p. 335), que junto con condiciones laborales que a menudo son precarias por la exposición a polvo, calor extremo y largas jornadas de trabajo, aumenta el riesgo de la salud y el bienestar (Urrego *et al.*, 2014).

Figura 4. Productos resultantes de la actividad alfarera-ladrillera de Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

En consecuencia de lo anterior, identificar la incidencia de la actividad alfarera sobre los factores de vulnerabilidad socioambiental es un factor esencial al momento de definir su impacto sobre los proyectos de vida de los grupos de interés en Oicatá. Por esta razón, los resultados permitieron identificar cómo la producción de ladrillos impacta no solo en la salud ambiental, sino también en las características y condiciones de los trabajadores y los pobladores aledaños. Los trabajadores en la industria alfarera, a menudo provenientes de contextos socioeconómicos vulnerables, enfrentan condiciones laborales difíciles que pueden afectar su salud y seguridad.

Trabajadores de sistemas alfareros y ladrilleros

Figura 5. Actividades de trabajadores de ladrillerías en Oicatá - Boyacá

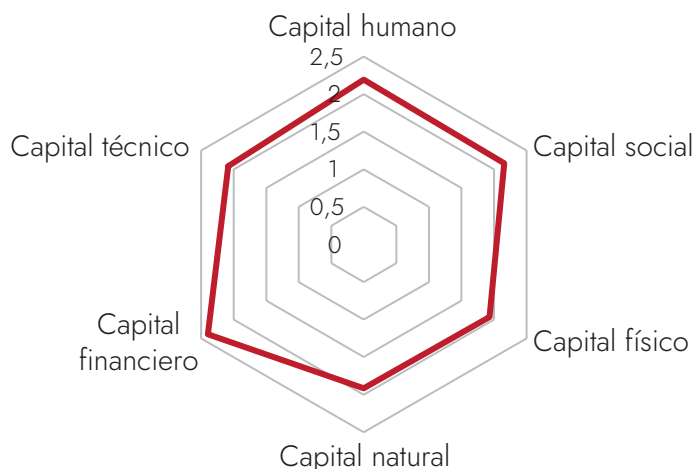


Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 6, los índices obtenidos de los capitales de los medios de vida en trabajadores de ladrilleras revelan una gran variabilidad en la calidad de los recursos disponibles. El capital financiero lidera con un índice de 2,40, indicando una alta disponibilidad de recursos financieros en comparación con otros capitales. A continuación, el capital humano presenta un índice de 2,19, lo que refleja una significativa inversión en las habilidades y conocimientos de los trabajadores. El capital social también muestra una puntuación sólida de 2,16, sugiriendo una red robusta de relaciones y apoyo mutuo. Por otro lado, el capital técnico y el capital físico tienen índices de 2,08 y 1,93 respectivamente, destacando una presencia moderada de herramientas y equipos técnicos, así como de infraestructura física. Finalmente, el capital natural, con un índice de 1,92, presenta el índice más bajo, lo que podría indicar una menor disponibilidad o calidad de recursos naturales en comparación con otros tipos de capital evaluados. Este análisis

destaca las áreas de fortaleza y oportunidad para mejorar la sostenibilidad y eficiencia en los medios de vida de los trabajadores de ladrilleras.

Figura 6. Índices de los medios de vida sostenibles de trabajadores de ladrilleras en el municipio de Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con García-Parra *et al.* (2023), los medios de vida son un enfoque que brinda una mirada holística al momento de ser aplicados en un sistema abierto o cerrado. Su uso en comunidades rurales del departamento de Boyacá logra evidenciar las múltiples carencias que poseen estas regiones, derivadas de la falta de apoyo por parte de las organizaciones estatales, de la inversión privada y de políticas que permitan fortalecer las actividades económicas que dinamicen el flujo económico y, por ende, favorezcan los proyectos de vida de los pobladores.

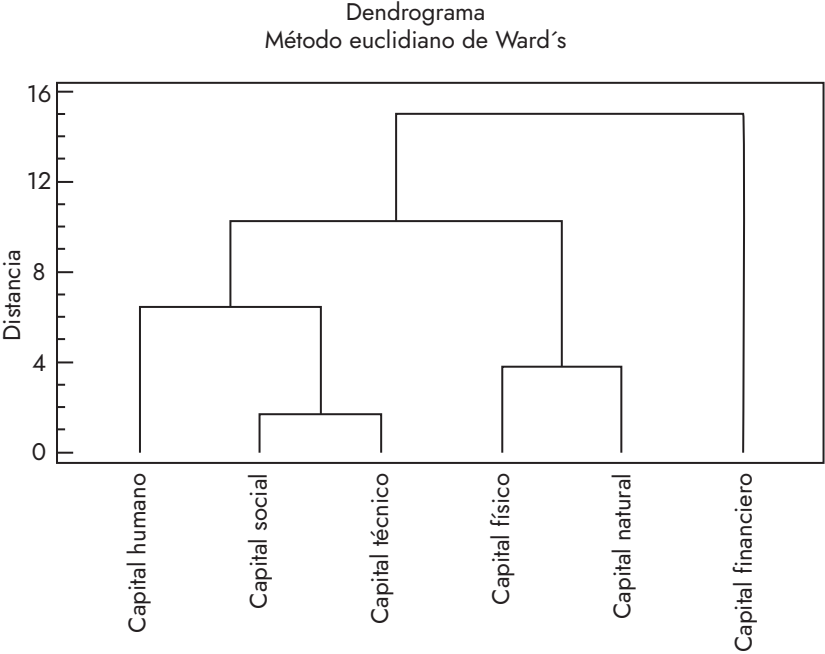
Por otro lado, dentro del análisis de entornos rurales sobrepoblados, Serna *et al.* (2015) consideran que el análisis mixto de los medios de vida en “La Comuna 1 - Medellín” revela importantes disparidades entre los diferentes tipos de capital. Aunque el capital social muestra una mejora significativa debido a la participación ciudadana en actividades artísticas, culturales y recreativas, otros tipos de capital, como el natural y financiero, presentan rendimientos más bajos. El subíndice de capital natural, con un valor de 0,44 destaca la dificultad de acceso a servicios de limpieza y eliminación de residuos en las laderas de la ciudad, mientras que el capital financiero

muestra limitaciones debido a los altos gastos en medicamentos y otros costos financieros en una comunidad vulnerable.

Lo anterior logra evidenciar que los resultados de los capitales de los medios de vida pueden cambiar significativamente según sea el entorno. Para nuestro caso, el capital natural es el elemento de mayor susceptibilidad ante las actividades desarrolladas por el ser humano, pues la promoción de tecnologías sostenibles debe dirigirse a características específicas de grupos para fomentar el éxito holístico de las actividades económicas, considerando que este enfoque sugiere que las tareas de desarrollo y medioambientales deben contemplar no solo la gestión de recursos naturales aceptada y utilizada actualmente, sino también las características individuales de los pobladores rurales, tal como son percibidas y categorizadas por la comunidad (García-Fajardo *et al.*, 2016).

En tal sentido, se realizó un dendograma que da cuenta de la diferencia y similitud que puede existir entre los capitales de los medios de vida. De acuerdo con el dendograma generado mediante el método de Ward, con distancia euclidiana, se evidencian relaciones jerárquicas entre diferentes capitales. Los resultados indican que el capital humano y el capital social forman un conglomerado estrechamente relacionado, sugiriendo una fuerte interdependencia entre habilidades individuales y relaciones sociales. El capital físico y el capital natural constituyen otro grupo, reflejando la interrelación entre infraestructura y recursos naturales. El capital técnico ocupa una posición intermedia, indicando conexiones con ambos conglomerados, pero sin una relación predominante. Finalmente, el capital financiero se sitúa en una posición más distante, integrándose a un nivel superior en la jerarquía, lo que sugiere una relación más compleja y menos directa con los demás tipos de capital (Figura 7).

Figura 7. Dendograma de los capitales de los medios de vida de trabajadores de la industria ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá



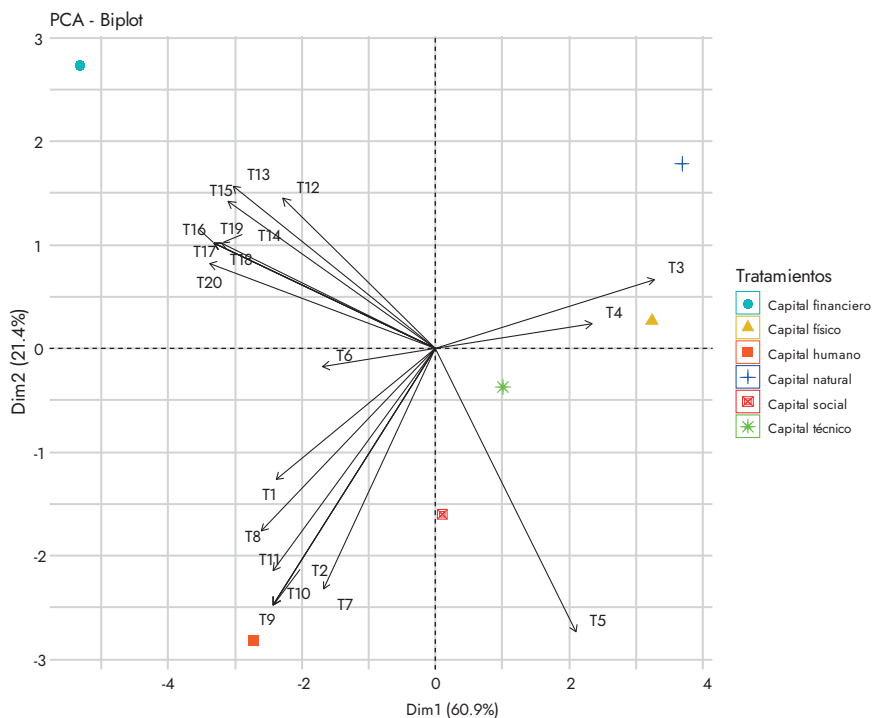
Fuente: elaboración propia.

Bajo este contexto, es preciso reconocer que los capitales de los medios de vida pueden lograr sinergias y antagonismos que se manifiestan en torno a su dinámica, de forma particular en los capitales de tipo económico y de acceso a recursos. Por esta razón, los ODS contemplan la 'sostenibilidad' como el estado equilibrado del desarrollo, en el cual el capital económico no se sobrepone a los demás capitales contemplados por el enfoque de los medios de vida (Czerny y Mendoza, 2018). Como se evidencia en la Figura 7, el capital financiero se agrupa de manera individual con respecto a los demás capitales, lo que puede indicar efectos indirectos sobre la capacidad de desarrollo humano, social, técnico, físico y natural de los trabajadores alfareros-ladrilleros en el municipio de Oicatá - Boyacá. Lo anterior, concuerda con lo propuesto por Plazas-Leguizamón (2021), quien describe las estrategias que desarrolla la población rural con respecto a la carencia de recursos financieros, con especial énfasis en el fortalecimiento del trabajo compartido, el uso de los recursos naturales para el desarrollo de la infraestructura necesaria y la gestión de las redes sociales para los progresos de capacitación en los temas de su interés.

El análisis de componentes principales (PCA) muestra una clara diferenciación en cómo los trabajadores alfareros (representados por los “T”) se relacionan con los diferentes tipos de capitales de los medios de vida sostenibles. El primer componente (Dim1), que explica el 60,9 % de la varianza acumulada, indica que trabajadores como T3 y T4 están más vinculados al capital físico, sugiriendo que sus medios de vida dependen en gran medida de la infraestructura y herramientas disponibles para la actividad alfarera. Además, el capital natural también tiene una fuerte influencia en este componente, lo que implica que estos trabajadores están directamente relacionados con los recursos naturales que sostienen su quehacer, especialmente en el uso, manejo y cuidado del recurso hídrico, conocimiento de la energía utilizada y percepción del impacto de la actividad en el medio.

Por otro lado, el segundo componente (Dim2), que explica el 21,4 % de la varianza acumulada, destaca que el capital financiero está más distante de la mayoría de los trabajadores, como T15, T16, T17, T18, T19 y T20, lo que evidencia una baja capacidad de desarrollo en este capital, en gran medida debido a una baja capacidad de ahorro y acceso a fuentes de crédito. Los trabajadores como T9, T8, T1 y T11 están más asociados con el capital humano, lo que implica un mayor desarrollo de sus capacidades y conocimientos, mientras que T6 se relaciona con el capital técnico, indicando un enfoque en el acceso y uso de habilidades especializadas o tecnologías. Finalmente, el capital social, con un menor peso, sugiere que, aunque las redes sociales y comunitarias son importantes, la habilidad de desarrollo por parte de los trabajadores es menor en comparación con la relevancia que se le da a los capitales físico y natural.

Figura 8. Análisis de componentes principales de índices de medios de vida en trabajadores alfareros en Oicatá - Boyacá.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados del análisis de componentes principales demuestran que los distintos tipos de capital influyen de manera significativa y diferenciada en los medios de vida de los trabajadores del sector de la alfarería y ladrillería. Por eso, la alta contribución del capital humano y financiero sugiere que el desarrollo de habilidades, conocimientos técnicos y el acceso a recursos financieros son esenciales para mejorar la calidad de vida y la productividad. Además, la importancia del capital social destaca el papel que desempeñan las redes de apoyo y las relaciones comunitarias en la sostenibilidad de sus medios de vida, subrayando la necesidad de fortalecer estas relaciones para un desarrollo más robusto del sector industrial (Borras, 2013).

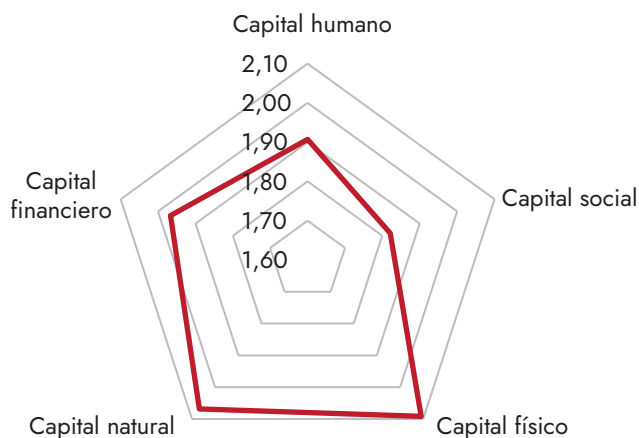
Por otro lado, las puntuaciones negativas asociadas al capital físico y natural indican desafíos considerables en términos de infraestructura y gestión de los recursos naturales, ya que sus bajos índices reflejan problemas estructurales que limitan el crecimiento y la estabilidad del sector. Para

superar estas barreras, es fundamental implementar estrategias que mejoren la infraestructura física y promuevan una gestión sostenible de los recursos naturales (Hinojosa, 2013). Así mismo, invertir en la formación y desarrollo del capital humano y mejorar el acceso a la financiación podría tener un impacto positivo sustancial, contribuyendo a la viabilidad y prosperidad a largo plazo de los trabajadores de la alfarería y ladrillería.

Habitantes aledaños

Por otro lado, se utilizó el mismo enfoque de capitales de los medios de vida de pobladores aledaños a los sistemas de producción alfarera. Los resultados indican que el capital físico presenta el índice más alto (2,09), seguido de cerca por el capital natural (2,07). Esto sugiere que, en la región estudiada, la infraestructura y los recursos naturales relacionados con la alfarería y la ladrillería tienen una mayor relevancia en comparación con los demás capitales analizados. El capital financiero, con un índice de 1,97, se ubica en una posición intermedia, lo que implica que las condiciones económicas son relativamente favorables, debido a que dependen de otros renglones económicos. Por otro lado, el capital humano (1,91) y el capital social (1,82) tienen índices más bajos, lo cual puede indicar áreas de mejora en la capacitación y habilidades de los habitantes aledaños a los sistemas industriales de la alfarería y ladrillería, así como en la cohesión y las redes sociales entre los pobladores (Figura 9).

Figura 9. Índices de los medios de vida sostenibles de habitantes aledaños de ladrilleras en el municipio de Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

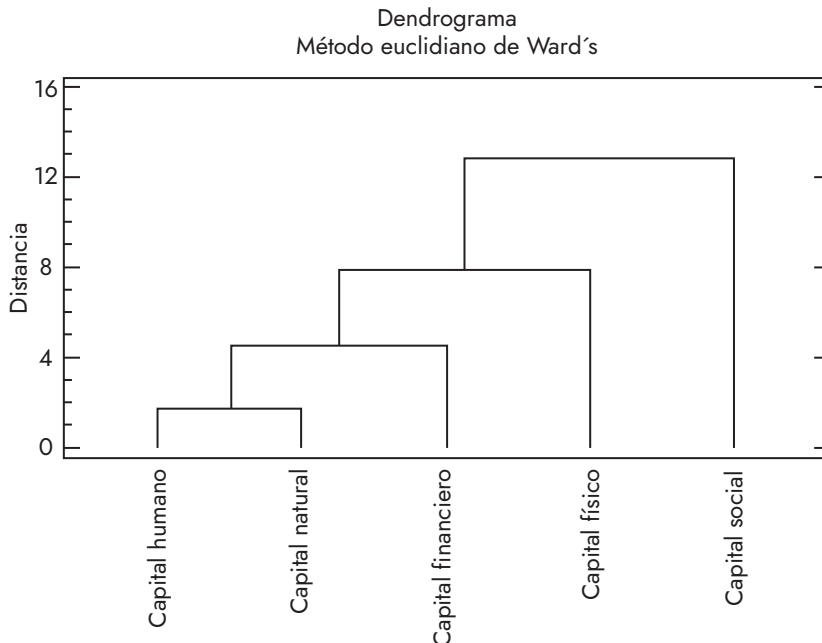
En consecuencia, la alta calificación del capital físico y natural sugiere que las comunidades cercanas a los sistemas de producción alfarera y ladrillera han invertido considerablemente en infraestructura y recursos naturales, debido principalmente a que gran parte de los pobladores aledaños desarrolla actividades enfocadas en el sector agrícola que nutren al capital natural. Esto puede atribuirse al carácter esencial de estos elementos en la alfarería y la ladrillería, donde la disponibilidad de materias primas, agua y facilidades de transporte son fundamentales para la producción eficiente (Pound *et al.*, 2003). Además, la inversión en maquinaria y herramientas adecuadas podría estar contribuyendo a esta percepción positiva del capital físico. Pese a eso, es vital considerar que el énfasis excesivo en estos capitales puede estar dejando de lado otras áreas cruciales para el desarrollo sostenible, como la formación de habilidades y el fortalecimiento del tejido social (Mbiba *et al.*, 2019).

Por otro lado, los índices relativamente bajos de capital humano (1,91) y capital social (1,82) ponen de manifiesto áreas de mejora significativas. Estos resultados indican una posible falta de oportunidades de formación y desarrollo de habilidades en la población local, lo que podría limitar la capacidad de innovación y adaptación de los trabajadores a nuevas tecnologías y procesos en la alfarería y ladrillería (Zhao y Zhou, 2021). Además, la cohesión social y la capacidad de los individuos para trabajar juntos en redes colaborativas parecen subóptimas. Fortalecer estos aspectos

podría conducir a una mejora en la calidad de vida y el bienestar general de la comunidad, además de fomentar un entorno más resiliente y adaptable a los cambios del mercado y las condiciones ambientales (Turner, 2007).

En consecuencia, el dendograma basado en el método de Ward y la distancia euclidiana revela la agrupación jerárquica de los índices de capitales de medios de vida de habitantes cercanos a sistemas industriales de ladrillerías (Figura 10). Inicialmente, el capital humano y el capital natural se agrupan, lo que indica una estrecha relación entre las condiciones humanas y ambientales, probablemente debido a la dependencia de recursos naturales y mano de obra local, específicamente para la vocación agrícola del municipio de Oicatá. El capital financiero se une a esta agrupación a una distancia intermedia, reflejando una correlación moderada con los factores humanos y naturales. Por otro lado, el capital físico se agrupa, indicando una relación menos directa con los otros capitales, posiblemente debido a su impacto distinto en la alfarería-ladrillería. Finalmente, el capital social se une al grupo a la mayor distancia, sugiriendo una relación más débil o independiente con los otros tipos de capital.

Figura 10. Dendograma de los capitales de los medios de vida de habitantes aledaños de la industrial ladrillera en el municipio de Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

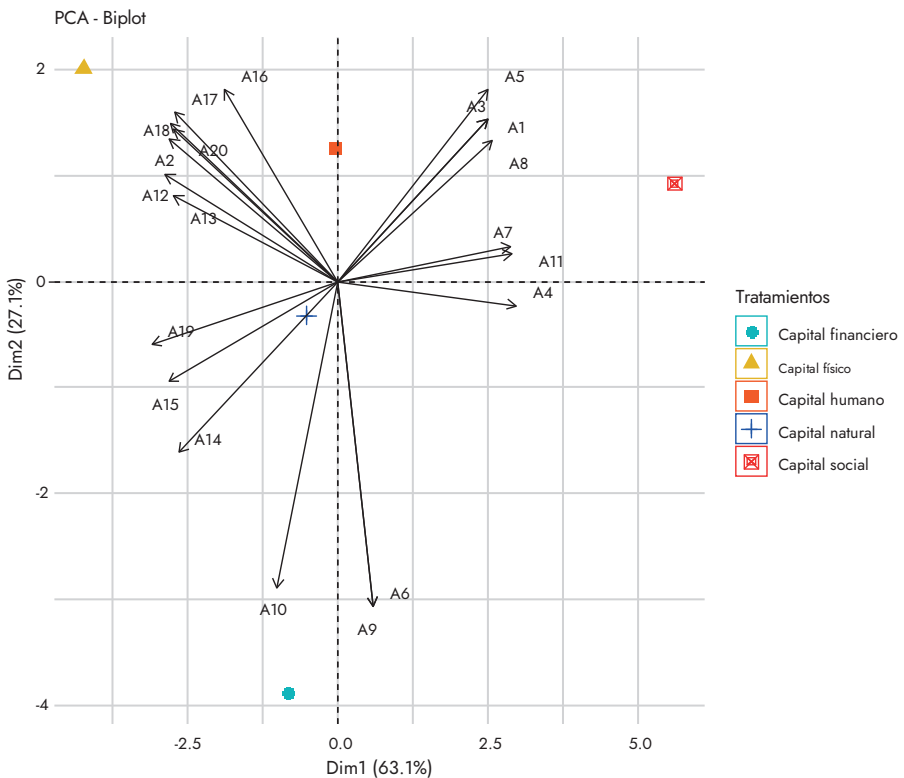
Considerando lo anterior, el dendograma evidencia una fuerte correlación entre el capital humano y el natural, destacando la relevancia de los recursos naturales en la comunidad. La alta puntuación del capital natural se explica por la prevalencia de la actividad agrícola, que depende en gran medida del acceso a la tierra, los recursos fitogenéticos y las estrategias de captura de agua como elementos clave para el sector rural (Beltrán-Tolosa *et al.*, 2022; Cruz y Rodríguez, 2021). Los índices en infraestructura evidencian en el capital físico asociación con la producción agrícola, facilitando acciones como la producción con los diferentes sistemas ganaderos y de especies menores; no obstante, esta infraestructura parece estar menos conectada con el bienestar humano directo, lo que podría sugerir un enfoque en la producción en lugar del desarrollo comunitario. La interconexión moderada del capital financiero sugiere que las oportunidades económicas están ligadas a los recursos humanos y naturales, aunque no de manera óptima, dejando espacio para mejoras en la eficiencia y la distribución de ingresos, como lo sostiene (Bebbington, 1999).

Por otro lado, el capital social presenta índices bajos, reflejando un desapego significativo a las redes y asociaciones del sector agropecuario, lo que puede ser el resultado del abandono de la producción agrícola en todo el territorio rural de Colombia (Plazas-Leguizamón y García-Parra, 2017). Esto puede deberse a un enfoque individualista en las actividades agrícolas, donde las decisiones y operaciones se llevan a cabo principalmente de manera independiente. Esta situación plantea desafíos para el desarrollo comunitario, ya que la falta de cohesión social puede limitar la capacidad de la comunidad para abordar colectivamente los problemas y aprovechar oportunidades. Por ello, se hace fundamental el fomento de la creación de redes y asociaciones que podrían mejorar la resiliencia de la comunidad frente a desafíos económicos y ambientales, además de potenciar la innovación y el intercambio de conocimientos, especialmente en la construcción de estrategias que permitan minimizar el impacto que puede generar la actividad industrial en el sector rural.

El análisis de componentes principales (ACP) muestra cómo los habitantes aledaños (representados por las letras "A") se relacionan con los diferentes capitales de medios de vida (Figura 11). El primer componente (Dim1) explica el 63,1 % de la varianza acumulada y sugiere que habitantes como A4, A7 y A11 están más estrechamente vinculados con el capital físico, lo que indica una dependencia en gran medida de la infraestructura y los recursos

físicos disponibles. El capital financiero, más alejado en el gráfico, se asocia principalmente con A11, lo que sugiere acciones afirmativas en favor de los recursos económicos. Por otro lado, el capital social está más distante, sugiriendo que su influencia en los medios de vida de estos habitantes es limitada en comparación con otros capitales. El capital humano, ubicado hacia el centro del gráfico, está asociado con habitantes como A5, A1 y A3, lo que indica que estos individuos dependen principalmente de sus habilidades y conocimientos. El capital natural, relacionado con A6, sugiere acciones positivas en favor de los recursos naturales. Finalmente, habitantes como A16 y A17, dispersos en el gráfico, parecen depender de una combinación de varios capitales, lo que refleja una estrategia de medios de vida más diversificada.

Figura 11. Análisis de componentes principales de índices de medios de vida en habitantes aledaños a sistemas alfareros en Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

La discusión sobre los dos primeros componentes principales del análisis revela importantes relaciones entre los habitantes y los capitales de medios de vida sostenibles en entornos de la producción ladrillera. El primer componente principal indica que el capital físico tiene la mayor contribución positiva, lo que sugiere que la infraestructura en estas áreas es un pilar fundamental para el bienestar económico y humano de la comunidad. Las inversiones en infraestructuras, como caminos (vías), herramientas y maquinarias, facilitan el acceso y el desarrollo de actividades económicas, beneficiando a los habitantes cercanos. No obstante, la contribución negativa significativa del capital social sugiere que la falta de redes comunitarias y cohesión social puede estar obstaculizando el potencial de desarrollo, fundamentalmente por la falta de asistencia de los sectores económicos que dinamizan el flujo de dinero en este sector rural, lo que apunta a que, a pesar de las buenas condiciones de infraestructura, la carencia de conexión y colaboración entre los habitantes puede limitar el aprovechamiento de estas oportunidades (Cinner y Bodin, 2010).

En cuanto al segundo componente principal, el capital físico sigue mostrando un impacto positivo relevante, reafirmando su importancia en la vida diaria de la comunidad. Sin embargo, el capital financiero presenta una contribución negativa considerable, lo que indica que los habitantes aledaños pueden estar enfrentando dificultades en el acceso a recursos financieros estables y sostenibles. Esta situación puede reflejar limitaciones en la capacidad de inversión para mejorar sus condiciones de vida y desarrollar sus entornos. Por tanto, es crucial que se promuevan políticas que faciliten el acceso al financiamiento y que se fortalezcan las redes sociales para mejorar la calidad de vida de los habitantes aledaños, permitiendo un desarrollo más equitativo y sostenible (Hernández, 2020).

Impacto de la actividad alfarera-ladrillera en los componentes atmosféricos, edáficos e hídricos de la localidad en articulación con los ODS

Impacto atmosférico

El análisis de impacto atmosférico complementado con el estudio de componentes principales revela interacciones significativas entre los capitales y los factores de impacto ambiental (Tabla 2). Así, el capital humano es crítico en la gestión de emisiones de partículas y gases, resaltando la necesidad de formación y conciencia ambiental, así como competencias especializadas

para implementar tecnologías más limpias y eficientes en la actividad ladrillera. Por otro lado, el capital técnico es fundamental en la mitigación del ruido y la mejora de la calidad del aire, así como en la construcción de estrategias para la recuperación de suelo, incorporando la innovación tecnológica y el desarrollo de sistemas de monitoreo avanzados. Además, el capital social emerge como un factor clave en la regulación y gestión del ruido y la calidad del aire, sugiriendo que la cooperación comunitaria y las políticas de aire limpio pueden ser decisivas.

En términos de capital físico y financiero, se observa que la dependencia de la infraestructura existente y las inversiones en tecnología pueden potenciar o limitar la capacidad de respuesta a los problemas ambientales. Así, la alta relevancia del capital físico en la dependencia de maquinaria pesada subraya la urgencia de invertir en equipos más modernos y menos contaminantes. Por lo contrario, el capital financiero destaca por su dualidad, ofreciendo tanto oportunidades de inversión en soluciones sostenibles como riesgos asociados a la obsolescencia de tecnologías basadas en combustibles fósiles o uso de madera para el funcionamiento del sistema.

Para comprender dicha situación, durante la visita a las instalaciones de los chircales, se realizó un análisis visual que permitió evidenciar los principales factores que generan impacto a nivel atmosférico, edáfico e hídrico. Dicho análisis se categorizó en niveles de afectación (alto, medio y bajo) según la incidencia que puede tener el desarrollo de la actividad ladrillera en periodos de tiempo menores a 3 años, de 3 a 10 años y más de 10 años, respectivamente (Grupe, 1972), de acuerdo con lo identificado por los propietarios de la unidad industrial, quienes son profesionales en ingeniería industrial, contaduría pública y abogado. En este sentido, se construyó la matriz DOFA (Tabla 2), que da cuenta del contexto actual de las actividades industriales realizadas y su vinculación con el componente atmosférico. Lo anterior permitió resaltar cuatro factores que inciden de manera importante en la calidad atmosférica y que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz DOFA de los principales factores de impacto atmosférico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá

Factor de impacto	Descripción	Nivel de afectación	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Emisiones de partículas	Liberación de polvo y partículas en suspensión	Alto	Falta de controles adecuados de polvo y material particulado	Implementación de tecnologías de control de polvo	Experiencia en manejo de emisiones.	Regulaciones ambientales más estrictas.
Emisión de gases	Emisiones de CO ₂ y otros gases de combustión	Alto	Dependencia de combustibles fósiles	Uso de fuentes de energía renovable	Conocimiento en técnicas de reducción de emisiones	Fluctuaciones en el mercado de energías renovables y afectación a comunidad aldeaña por olores.
Ruido	Ruidos generados por maquinaria y producción	Bajo	Equipos ruidosos y sin mantenimiento	Instalación de equipos más silenciosos	Capacidad para realizar mantenimientos periódicos	Reclamaciones de la comunidad sobre ruido
Calidad del aire	Disminución de la calidad del aire en el área local	Medio	Falta de sistemas de monitoreo de calidad del aire	Desarrollo de sistemas de monitoreo y control	Infraestructura existente para el monitoreo de calidad	Aumento de la contaminación por otras fuentes

Factor de impacto	Descripción	Nivel de afectación	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
	Impacto del capital social	Impacto del capital físico	Impacto del capital natural	Impacto del capital financiero	Impacto del capital técnico	Impacto del capital humano
Emissiones de partículas	Bajo: poco impacto con la sociedad	Alto: dependencia de maquinaria y tecnología	Alto: afectación directa a los recursos naturales	Alto: inversión en soluciones sostenibles	Bajo: técnicas de control limitadas	Alto: necesidad de formación y conciencia ambiental
Emisión de gases	Alto: colaboración comunitaria e institucional	Bajo: menor dependencia de infraestructura física	Alto: impacto indirecto en ecosistemas	Bajo: riesgo de obsolescencia de inversiones en combustibles fósiles	Medio: optimización de procesos	Alto: requerimiento de competencias especializadas
Ruido	Alto: implicación de la comunidad y regulaciones locales	Alto: dependencia de maquinaria actual	Bajo: impacto menor en recursos naturales	Medio: posibles inversiones en tecnología silenciosa	Alto: desarrollo de tecnologías menos ruidosas	Medio: capacitación en operación y mantenimiento
Calidad del aire	Alto: cooperación para políticas de aire limpio	Medio: instalaciones para monitoreo y control	Medio: impacto directo en la calidad del aire local	Bajo: menor necesidad de grandes inversiones financieras	Alto: innovación en tecnología de monitoreo	Alto: necesidad de expertos en calidad del aire

Fuente: elaboración propia.

La relación de los factores de impacto con los capitales de los medios de vida fue el resultado de la percepción de los propietarios, pues el análisis de los impactos muestra que las emisiones de partículas, gases, ruido y la calidad del aire afectan de manera diferenciada el capital social, físico, natural, financiero, técnico y humano. En el capital social, las emisiones de gases y el ruido tienen una alta implicación comunitaria, mientras que las partículas tienen menor impacto. En el capital físico, la dependencia tecnológica es alta para partículas y ruido. En el capital natural, partículas y gases tienen un impacto significativo en los ecosistemas. El capital financiero requiere inversiones en soluciones sostenibles, específicamente para partículas, aunque en gases existe riesgo de obsolescencia. El capital técnico necesita innovación en tecnologías de monitoreo y control, y en el capital humano es fundamental la formación especializada para mitigar estos efectos.

Considerando lo anterior, es fundamental tomar acciones clave para mitigar sus impactos en los distintos capitales. En el capital social, se debe fortalecer la colaboración con la comunidad para gestionar emisiones y ruido; en el físico, es necesario invertir en tecnología más eficiente y silenciosa; en el natural, se deben implementar soluciones sostenibles que minimicen la afectación a los recursos; en el financiero, se requiere destinar recursos a inversiones sostenibles para evitar la obsolescencia tecnológica; en el técnico, es esencial optimizar procesos y adoptar tecnologías de monitoreo, y finalmente, en el capital humano, la formación en competencias ambientales debe ser una prioridad. Estas acciones asegurarán una gestión más responsable y sostenible.

Impacto edáfico

La evaluación del impacto edáfico a través del análisis de componentes principales y la matriz DOFA ha permitido identificar cómo diversos tipos de capital afectan la calidad y gestión del suelo (Tabla 3). En particular, el capital natural y físico se encuentran en una situación crítica, ya que tanto la calidad intrínseca del suelo como la infraestructura necesaria para su manejo son factores clave que determinan la salud y sostenibilidad del ecosistema (Wang *et al.*, 2016). Así, es fundamental considerar que el capital técnico y humano son indispensables para implementar prácticas de manejo sostenible del suelo y tecnologías de remediación, ya que el recurso suelo es la materia prima para el sistema de producción alfarero. Por esto, es fundamental concertar espacios de capacitación en técnicas de conservación

y recuperación de suelo mediante el uso de tecnologías avanzadas para su análisis y mejora con el fin de mitigar su erosión y degradación (Biswas *et al.*, 2018). Adicionalmente, el capital social juega un papel importante en la promoción de prácticas agrícolas responsables y en la sensibilización sobre la importancia de mantener la salud del suelo, especialmente en comunidades agrícolas.

Desde una perspectiva financiera y de políticas, el capital financiero es esencial para la adquisición de tecnologías y la implementación de prácticas de gestión del suelo económicamente viables. Las inversiones en capital financiero deben ser dirigidas hacia soluciones que promuevan la recuperación y mantenimiento de suelos saludables, lo que a su vez puede influir en la productividad a largo plazo y en la sostenibilidad ambiental. Del mismo modo, el desarrollo y la implementación de políticas basadas en sólidos conocimientos técnicos y científicos son necesarios para asegurar que las regulaciones y prácticas de gestión del suelo sean efectivas y adaptativas frente a desafíos futuros. Este enfoque integrador resalta la interconexión entre los diferentes tipos de capital y destaca la necesidad de una estrategia holística que no solo aborde los aspectos técnicos y físicos, sino que también incorpore dimensiones financieras, humanas y sociales para una gestión eficaz del suelo.

Para la identificación de impactos edáficos, se empleó la misma metodología que en el análisis de los impactos atmosféricos, en la cual la matriz DOFA definió cuatro factores que se resaltan como los más críticos en relación con las actividades propias del sistema industrial. Como se logra evidenciar, sobresalen la erosión, la compactación del suelo, la contaminación y la salinización como factores que se vinculan con la actividad alfarera, y de los cuales se desprenden las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas según la percepción de los propietarios de la unidad productiva.

Tabla 3. Matriz DOFA de los principales factores de impacto edáfico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá

Factor de impacto	Descripción	Nivel de afectación	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Erosión del suelo	Pérdida de la capa superior del suelo	Alto	Gestión y conservación del suelo insuficiente	Implementación de barreras físicas y cultivos de cobertura	Conocimiento local sobre prácticas tradicionales	Cambio climático y eventos meteorológicos extremos
Compactación del suelo	Aumento de la densidad del suelo por presión mecánica	Medio	Uso intensivo de maquinaria pesada	Adopción de técnicas de laboreo mínimo	Resistencia inherente de ciertos tipos de suelo	Urbanización y desarrollo industrial
Contaminación del suelo	Acumulación de sustancias tóxicas en el suelo	Alto	Falta de regulaciones efectivas	Implementación de sistemas de tratamiento y remediación	Capacidad para recuperación natural del suelo	Actividades industriales y agroquímicas
Salinización del suelo	Acumulación de sales solubles en la capa superficial	Bajo	Riego y manejo del agua inadecuado	Uso de prácticas de riego mejoradas y desalinización	Adaptabilidad de cultivos a condiciones salinas	Escasez de agua dulce y mal manejo de recursos
	Impacto del capital humano	Impacto del capital social	Impacto del capital físico	Impacto del capital natural	Impacto del capital financiero	Impacto del capital técnico

Factor de impacto	Descripción	Nivel de afectación	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Erosión del suelo	Alto: educación en prácticas sostenibles	Alto: colaboración comunitaria en conservación	Alto: dependencia de infraestructuras de contención	Medio: afectación de recursos naturales	Bajo: necesidad de inversiones moderadas	Alto: desarrollo e implementación de tecnologías de conservación
Compactación del suelo	Medio: formación en manejo adecuado de maquinaria	Medio: regulaciones sobre el uso del suelo	Alto: impacto directo de la maquinaria	Bajo: impacto indirecto en recursos naturales	Medio: costos de maquinaria especializada	Medio: técnicas innovadoras de laboreo
Contaminación del suelo	Alto: necesidad de expertos en remediación	Alto: políticas públicas y conciencia ambiental	Medio: infraestructura de tratamiento	Alto: vulnerabilidad de ecosistemas locales	Alto: inversión en soluciones de limpieza	Alto: tecnologías de descontaminación
Salinización del suelo	Medio relevancia: formación en técnicas de irrigación	Alto: cooperación para la gestión sostenible del agua	Medio: sistemas de irrigación afectados	Medio: impacto directo en la calidad del suelo	Medio: costos de tecnología de desalinización	Alto: desarrollo de métodos de desalinización

Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran una interacción significativa entre los diferentes tipos de capitales y la gestión de los impactos ambientales en suelos. En cuanto a la erosión del suelo, se observa un impacto alto del capital humano, social, físico y técnico, destacando la importancia de la educación en prácticas sostenibles, la colaboración comunitaria y el desarrollo de tecnologías de conservación, con una presión menor sobre el capital financiero debido a inversiones moderadas. Para la compactación del suelo, el capital físico y técnico tienen un impacto alto y medio, respectivamente, reflejando el uso de maquinaria y técnicas de laboreo, mientras que el capital natural y financiero se ven menos afectados. La contaminación del suelo presenta un desafío más complejo, donde el capital humano, social y técnico tienen un impacto alto en la necesidad de expertos, políticas públicas y tecnologías de remediación, requiriendo también inversiones financieras significativas. Por último, la salinización del suelo resalta la cooperación social y el capital técnico como factores clave en el desarrollo de métodos de desalinización, con impactos moderados en la infraestructura y costos financieros.

Impacto hídrico

El análisis detallado de la matriz de impacto sobre el recurso hídrico, complementado con el enfoque DOFA y los índices del análisis de componentes principales, permitió identificar cómo diversos tipos de capital inciden significativamente en la gestión y sostenibilidad del agua. La contaminación del agua y la escasez de agua son identificadas como los problemas más críticos, donde el capital humano y técnico son fundamentales para implementar soluciones eficaces. Por ejemplo, la capacitación en gestión de calidad del agua y la inversión en tecnologías avanzadas de tratamiento son cruciales para abordar la contaminación, mientras que la educación en conservación y el desarrollo de tecnologías de conservación son esenciales para gestionar la escasez de agua. Además, el capital social juega un rol destacado en fomentar la cooperación comunitaria y en el desarrollo de políticas hídricas, lo que es vital para una gestión sostenible del recurso.

Por otro lado, la eutrofización y las inundaciones son abordadas mediante una combinación de capital físico, técnico y financiero, que facilita el desarrollo de infraestructura adecuada y sistemas de respuesta rápida. En el caso de la eutrofización, la implementación de sistemas de tratamiento mejorados y regulaciones estrictas sobre el uso de fertilizantes son fundamentales

para controlar el enriquecimiento de nutrientes (Tabla 4). En cuanto a las inundaciones, la inversión en barreras y sistemas de drenaje adecuados, junto con el desarrollo de sistemas de alerta temprana, es crítico para mitigar su impacto. Este enfoque integrador no solo proporciona una visión holística de los desafíos relacionados con el agua, sino que también subraya la importancia de las estrategias adaptativas y multifacéticas para enfrentar estos problemas de manera efectiva.

Tabla 4. Matriz DOFA de los principales factores de impacto hídrico en los sistemas ladrilleros en Oicatá - Boyacá

Factor de impacto	Descripción	Nivel de afectación	Debilidades	Oportunidades	Fortalezas	Amenazas
Contaminación del agua	Introducción de sustancias tóxicas en cuerpos de agua	Alto	Falta de sistemas de tratamiento adecuados	Implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento	Capacidades locales de gestión del agua	Vertidos industriales y agrícolas
Escasez de agua	Disminución de la disponibilidad de agua para el uso humano	Alto	Sobreexplotación de fuentes de agua	Uso de sistemas de recogida y reciclaje de agua	Existencia de políticas de conservación del agua	Cambio climático y aumento de la demanda de agua
Eutrofización	Enriquecimiento de nutrientes en cuerpos de agua	Medio	Inadecuada gestión de aguas residuales	Implementación de regulaciones más estrictas	Conocimiento de técnicas de tratamiento de aguas	Uso intensivo de fertilizantes
Inundaciones	Aumento del riesgo y frecuencia de inundaciones	Medio	Insuficiente infraestructura de control	Desarrollo de planes de gestión integral de riesgos	Experiencia previa en manejo de crisis de inundación	Eventos meteorológicos extremos y deforestación
	Impacto del capital humano	Impacto del capital social	Impacto del capital físico	Impacto del capital natural	Impacto del capital financiero	Impacto del capital técnico

Contaminación del agua	Alto: necesidad de formación en gestión de calidad del agua	Alto: participación comunitaria y políticas de saneamiento	Alto: dependencia de infraestructura de tratamiento	Medio: impacto en ecosistemas acuáticos	Alto: inversión en infraestructura y tecnología	Alto: innovación en tratamiento de aguas
Escasez de agua	Alto: educación en conservación y gestión de recursos hídricos	Alto: cooperación para la gestión sostenible del agua	Medio: capacidad de almacenamiento de agua	Alto: variabilidad en la recarga de acuíferos	Medio: financiación de proyectos de conservación	Medio: desarrollo de tecnologías de conservación de agua
Eutrofización	Medio: capacitación en tratamiento y regulación de nutrientes	Alto: políticas públicas y concienciación sobre el impacto de fertilizantes	Medio: infraestructura de tratamiento deficiente	Medio: influencia en la biodiversidad acuática	Medio: costos asociados a la mejora de sistemas de tratamiento	Medio: técnicas de manejo de nutrientes
Inundaciones	Alto: formación en gestión de riesgos y respuesta a emergencias	Alto: involucramiento comunitario en planes de prevención	Alto: necesidad de sistemas de control de inundaciones	Bajo: impacto moderado en recursos naturales, excepto en eventos extremos	Alto: inversión en barreras y sistemas de drenaje	Alto: desarrollo de sistemas de alerta temprana

Fuente: elaboración propia.

Es importante destacar que la gestión de los impactos relacionados con el agua, como la contaminación, escasez, eutrofización e inundaciones, requiere una acción coordinada entre los diferentes capitales. El capital humano y social son fundamentales para la educación y la participación comunitaria en la conservación y gestión del agua. El capital físico y técnico juegan un papel clave en la infraestructura de tratamiento y el desarrollo de tecnologías innovadoras, sobre todo para la contaminación y el control de inundaciones. Además, aunque el capital natural y financiero también son importantes, su impacto es moderado en algunos casos, lo que sugiere que una combinación de inversión estratégica y participación social es crucial para abordar estos desafíos hídricos.

Vínculo de la actividad alfarera-ladrillera con los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: Producción y consumo responsables

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12, Producción y consumo responsables, busca garantizar patrones de consumo y producción sostenibles. Este ODS está estrechamente vinculado con la actividad alfarera y ladrillera de varias maneras, desde el uso eficiente de los recursos, la reducción de los residuos y el reciclaje, la innovación y mejora de tecnología, la sostenibilidad de los recursos ambientales y naturales, la educación y la sensibilización, logrando un impacto significativo en el cumplimiento de normativas y la obtención de certificaciones (Muñoz-La Rivera *et al.*, 2021).

Por consiguiente, se puede indicar que cada uno de estos aspectos genera una ruta de trabajo desde el ODS 12 para desarrollar una cadena de producción, comercialización y consumo de manera responsable, impacto que recae en el ODS 3, Salud y bienestar; el ODS 8, Trabajo decente y crecimiento económico, y el ODS 11, Ciudades y comunidades sostenibles, considerando que en el contexto del ODS 12, Producción y consumo responsables, la eficiencia en el uso de recursos en la alfarería se manifiesta en varias áreas clave. La producción de cerámica y otros productos alfareros puede optimizarse significativamente al abordar tres aspectos fundamentales: la cantidad de materiales utilizados, la reducción del desperdicio y la mejora de la eficiencia energética en el proceso de cocción (Santos *et al.*, 2009).

En relación con esto, la optimización del uso de materiales implica una planificación cuidadosa en la selección y cantidad de arcilla y otros componentes utilizados para la elaboración de estos productos. Por otro lado, la implementación de prácticas como la reutilización de restos de arcilla y el diseño de productos que maximicen el uso de material puede reducir la necesidad de extraer nuevas materias primas, disminuyendo así el impacto ambiental (Condori, 2013).

En cuanto a la reducción del desperdicio, es clave establecer procesos que minimicen los residuos generados durante la producción, lo que debe incluir la incorporación de técnicas de reciclaje para productos alfareros dañados o defectuosos y la optimización de las fases de diseño y producción para evitar excesos. Así mismo, la mejora de la eficiencia energética es otro componente esencial que, de hecho, cumple una fase fundamental durante la cocción de los productos de la alfarería, al consumir una gran cantidad de energía, en particular de hidrocarburos y madera (Sánchez y Zapata, 2013).

En relación con la industria ladrillera, la optimización de los procesos de producción a través de la adopción de técnicas más eficientes es fundamental para avanzar hacia una mayor sostenibilidad, especialmente, bajo el escenario de la implementación de tecnologías avanzadas que puedan desempeñar un papel crucial en la reducción del consumo de energía y la minimización del uso de recursos naturales, alineándose con los principios del ODS 12.

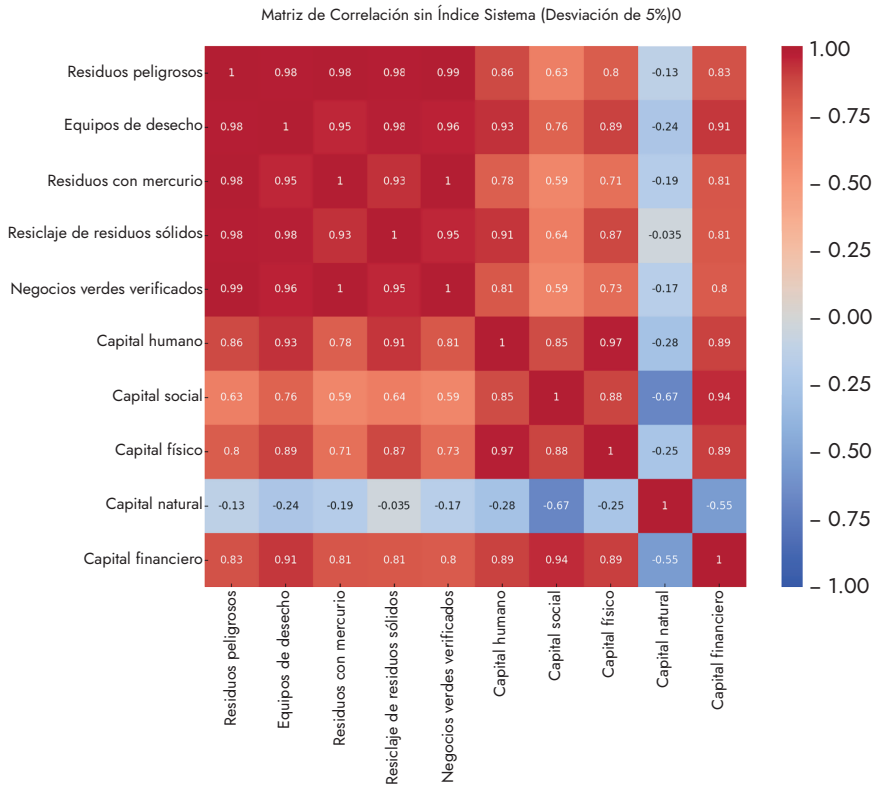
Otro de los componentes importantes en la cadena de producción, comercialización y consumo de un proceso eficiente y sostenible, enfocado en los principios del ODS 12, es la reducción de residuos y reciclaje en la alfarería y la industria ladrillera, que, mediante la gestión eficiente de residuos y su reciclaje, promueve la sostenibilidad en la producción industrial; como se ha resaltado en esta investigación, la actividad alfarera deberá enfocar su accionar en minimizar la generación de residuos como una de las principales preocupaciones debido al uso intensivo de arcilla y otros materiales como el carbón y la madera (González *et al.*, 1998).

De acuerdo con los datos suministrados por el Departamento Nacional de Planeación [DNP] (2023a, 2023b) y los valores promedio obtenidos para los capitales de los medios de vida de los trabajadores en alfarería, se logró realizar el siguiente análisis. Así bien, los indicadores de los ODS que se

contemplaron fueron: residuos peligrosos, equipos de desecho, residuos con mercurio, reciclaje de residuos sólidos y negocios verdes verificados.

La Figura 12 muestra una serie de relaciones significativas entre los capitales y las variables de residuos, mercurio, equipos de desecho, reciclaje y negocios verdes. Se observa una correlación fuerte entre los residuos peligrosos y otras variables como los equipos de desecho (0,98) y el reciclaje de residuos sólidos (0,98), lo que sugiere una relación estrecha en la gestión de diferentes tipos de residuos. También, los negocios verdes verificados presentan correlaciones positivas con variables, como los residuos con mercurio (0,95) y los equipos de desecho (0,97). Entre los capitales, destaca la alta correlación entre el capital humano y físico (0,97), así como la relación positiva entre el capital financiero y variables como los equipos de desecho (0,89) y los residuos peligrosos (0,91). Por el contrario, algunas variables presentan correlaciones más bajas, como el capital natural, que muestra una relación débil con los equipos de desecho (-0,24) y el reciclaje de residuos sólidos (-0,13). Esto sugiere que su impacto en la gestión de estos aspectos es menor en comparación con otros capitales.

Figura 12. Matriz de correlación de Spearman entre los indicadores del ODS 12 en Colombia y los índices de los capitales de medios de vida en Oicatá - Boyacá



Fuente: elaboración propia.

El análisis de la matriz de correlación indica que la gestión de residuos y la sostenibilidad están fuertemente influenciadas por el capital humano, físico y financiero. Las altas correlaciones entre estas variables y los indicadores de residuos, reciclaje y negocios verdes sugieren que la inversión en el fortalecimiento de estos capitales puede generar mejoras significativas en las prácticas de sostenibilidad y la gestión ambiental. Así bien, la relación entre el capital físico y los residuos peligrosos, o entre el capital financiero y los equipos de desecho, resalta la importancia de la infraestructura y los recursos económicos en la implementación de políticas de sostenibilidad (Pezzey, 2004).

Por otro lado, el capital natural parece estar menos involucrado en la dinámica de gestión de residuos y sostenibilidad en comparación con los otros capitales. Este resultado puede sugerir una subutilización del potencial del capital natural en la gestión de residuos, lo cual podría ser un área de mejora. Integrar mejor el capital natural con los demás capitales podría generar un enfoque más holístico y equilibrado, notablemente en contextos donde los recursos naturales son críticos para la sostenibilidad. En conclusión, el análisis refuerza la necesidad de fortalecer el capital humano, físico y financiero, mientras que resalta una oportunidad para aprovechar más el capital natural en estas dinámicas.

En tal sentido, se proponen las siguientes estrategias para la gestión eficiente y sostenible de los recursos (Tabla 5):

Tabla 5. Relacionamiento del ODS 12 con los procesos de producción de la actividad ladrillera

Estrategias para la optimización de los procesos de producción en productos de ladrillo		Indicador del ODS 12
Estrategia	Concepto	
Reutilización de restos de arcilla	<p>La arcilla es un material valioso y su desperdicio puede ser perjudicial tanto para el medio ambiente como para los costos de producción. Implementar sistemas para recolectar y reutilizar los restos de arcilla generados durante el proceso de producción es una estrategia clave.</p> <p>Los residuos de arcilla que quedan después del modelado y el torneado pueden ser reciclados y reincorporados en la mezcla de arcilla. Esta práctica no solo reduce la necesidad de extraer nueva arcilla, sino que también disminuye la cantidad de desechos generados.</p>	Reciclaje de residuos sólidos
Reciclaje de productos alfareros rotos	<p>Los productos alfareros rotos o defectuosos representan una fracción considerable de los residuos en la industria. En lugar de desechar estos productos, se pueden implementar técnicas de reciclaje para convertirlos en nuevos materiales. Por ejemplo, los restos de cerámica pueden ser triturados y mezclados con arcilla nueva, o ser utilizados como agregados en otros procesos de producción. Esta práctica no solo ayuda a reducir la cantidad de residuos sólidos, sino que también contribuye a la creación de productos innovadores y sostenibles.</p>	Reciclaje de residuos sólidos
Optimización del proceso de producción	<p>Además de la gestión de residuos, la optimización del proceso de producción en la alfarería puede jugar un papel importante en la reducción de desechos. Esto incluye la implementación de técnicas de modelado más precisas, el ajuste de las fórmulas de mezcla para reducir el exceso de material y la mejora de los métodos de cocción para minimizar los defectos de los productos.</p>	Negocios verdes

Fuente: elaboración propia.

En resumen, la industria ladrillera también enfrenta desafíos significativos en términos de gestión de residuos. Los desechos generados durante la producción de ladrillos pueden ser reciclados y reincorporados en nuevos procesos para reducir el impacto ambiental.

De acuerdo con lo anterior, la industria ladrillera, como muchas otras industrias manufactureras, enfrenta el desafío de reducir su impacto ambiental mientras mantiene la eficiencia y calidad en la producción. Una de las estrategias más efectivas para abordar este desafío es el reciclaje de desechos de producción, que, en el caso de las ladrilleras, es común que se generen durante la fabricación, como ladrillos defectuosos o rotos, que podrían contribuir a la acumulación de residuos sólidos (Cortés-Enríquez *et al.*, 2017). Estos desechos pueden ser triturados y reutilizados como material de relleno en la producción de nuevos ladrillos o como agregado en otros productos de construcción. Esta práctica no solo reduce la cantidad de residuos que deben ser gestionados, sino que también disminuye la demanda de nuevas materias primas, alineándose con el principio del ODS 12 de reducción de residuos, que promueve la minimización de la generación de residuos y fomenta la reutilización y el reciclaje.

Otra estrategia clave es el uso de materiales secundarios en la producción de ladrillos, para que la industria pueda incorporar subproductos industriales como cenizas volantes y escorias de la industria del acero en la mezcla de ladrillos (Zhang *et al.*, 2018). Estos materiales, que de otro modo serían desechados, no solo ayudan a reducir el impacto ambiental de la producción de ladrillos, sino que también pueden mejorar las propiedades del producto final, como la durabilidad y la resistencia (Zhang, 2013). Esta estrategia también se enmarca dentro del principio de reducción de residuos del ODS 12, ya que promueve la reutilización de materiales que de otro modo serían considerados residuos, reduciendo la necesidad de extracción de nuevas materias primas y, por tanto, el impacto ambiental asociado a su producción.

Igualmente, la optimización del proceso de producción es fundamental para mejorar la sostenibilidad en la industria ladrillera, pues la implementación de tecnologías avanzadas para la cocción y el secado de ladrillos no solo reduce el consumo de energía, sino que también minimiza el desperdicio de materiales. Por ejemplo, el uso de hornos de alta eficiencia energética y sistemas de secado controlados puede disminuir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir la cantidad de ladrillos defectuosos,

lo que a su vez minimiza los residuos. Dicha alternativa ha sido considerada en varias ocasiones por las Corporaciones Autónomas Regionales a fin de minimizar el impacto ambiental generado por la industria; sin embargo, el acceso a esta tecnología es difícil, dado que sobrepasa considerablemente los umbrales económicos de los pequeños sistemas de producción.

Por esta razón, la industria alfarera deberá centrar sus acciones en prácticas como el reciclaje y la optimización dentro de las plantas de producción como labor trascendental para abordar la gestión de residuos en el sitio de construcción. La construcción sostenible implica la implementación de prácticas que promuevan el reciclaje de materiales como los ladrillos en los propios sitios de construcción. Por ejemplo, la reutilización de ladrillos de demolición o el reciclaje de residuos de construcción puede reducir considerablemente la cantidad de desechos que se envían a los vertederos, disminuyendo el impacto ambiental de los proyectos de construcción (Muñoz-Pérez *et al.*, 2021). Esta estrategia se vincula directamente con el principio de reducción del impacto ambiental del ODS 12, que promueve la disminución de la contaminación y la gestión responsable de los recursos a lo largo del ciclo de vida de los productos.

Finalmente, es importante destacar que estas estrategias no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también pueden mejorar la rentabilidad y la competitividad de la industria ladrillera al reducir la necesidad de materias primas vírgenes y minimizar el desperdicio, por lo que las empresas pueden disminuir sus costos de producción y mejorar la eficiencia de sus operaciones. Además, al adoptar tecnologías limpias y prácticas de reciclaje, las empresas pueden posicionarse como líderes en sostenibilidad, respondiendo a la creciente demanda del mercado por productos más ecológicos y alineándose con las políticas ambientales internacionales.

Bajo ese contexto, la Tabla 6 ilustra cómo los principios del ODS 12 se integran en las prácticas de producción y consumo sostenible, y cómo estas prácticas afectan positivamente otros ODS.

Tabla 6. Relación del ODS 12 con principios de producción y consumo sostenible y relación con otros ODS

ODS	Aspectos	Indicadores de lo ODS 12	Impacto a otros ODS
<p>ODS 12, Producción y consumo responsable. Se centra en garantizar patrones de consumo y producción sostenibles que son cruciales para lograr un equilibrio entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental.</p>	<p>Patrón de consumo y producción sostenible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Residuos peligrosos » Residuos de desecho » Residuos de mercurio » Reciclaje de residuos sólidos » Negocios verdes verificados 	<p>ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Reducción del impacto ambiental en áreas urbanas y mejora en la gestión de recursos.</p> <p>ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico. Generación de empleo verde y mejora en la eficiencia económica.</p> <p>ODS 3: Salud y bienestar. Disminución de la contaminación y mejora de la calidad del aire y agua.</p>

ODS	Aspectos	Indicadores de lo ODS 12	Impacto a otros ODS
<p>ODS 11 Ciudades y comunidades sostenibles. La reducción del impacto ambiental mediante la eficiencia en el uso de recursos y la gestión adecuada de residuos contribuye a mejorar la calidad de vida en las ciudades.</p>	<p>Uso sostenible de recursos naturales</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Residuos peligrosos » Residuos de desecho » Residuos de mercurio » Reciclaje de residuos sólidos » Negocios verdes verificados 	<p>ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Preservación de ecosistemas y mejora en la calidad del entorno urbano.</p> <p>ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico. Innovación en el uso de recursos puede crear nuevas oportunidades económicas.</p> <p>ODS 3: Salud y bienestar. Prevención de enfermedades relacionadas con la contaminación.</p>

ODS	Aspectos	Indicadores de lo ODS 12	Impacto a otros ODS
<p>ODS 8 Trabajo decente y crecimiento económico. Las innovaciones y prácticas sostenibles no solo promueven un crecimiento económico más verde, sino que también pueden generar nuevos empleos y oportunidades en sectores sostenibles.</p>	<p>Educación y sensibilización</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Negocios verdes verificados » Reciclaje de residuos sólidos 	<p>ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Mejora en la conciencia comunitaria sobre sostenibilidad. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico. Educación y formación pueden mejorar las habilidades laborales y oportunidades de empleo. ODS 3: Salud y bienestar. Conciencia sobre prácticas que reducen riesgos para la salud.</p>
<p>ODS 3 Salud y bienestar. La reducción de la contaminación y la promoción de prácticas que protejan el medio ambiente tienen un impacto directo en la salud pública, contribuyendo a un entorno más saludable para todos.</p>	<p>Certificaciones y normativas</p>	<p>Residuos peligrosos Equipos de desecho Reciclaje de residuos sólidos</p>	<p>ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Garantiza que las construcciones y procesos cumplan con estándares ambientales, promoviendo entornos urbanos saludables. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico. Las certificaciones pueden mejorar la competitividad y fomentar prácticas laborales responsables. ODS 3: Salud y bienestar. Reducir la exposición a contaminantes y mejorar las condiciones de salud pública.</p>

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

Considerando la pregunta de investigación planteada para esta investigación, el impacto ambiental generado por la actividad alfarera en el municipio de Oicatá afecta el desarrollo social, económico, físico, financiero y natural de los trabajadores y habitantes circundantes al sistema industrial, resaltando que la materia prima de este sistema se basa en el uso de diferentes recursos naturales, que al ser utilizados, modifican el entorno, dejando a su paso implicaciones de vulnerabilidad socioambiental, a pesar de dinamizar el desarrollo económico.

Por otro lado, las condiciones laborales en este sector, caracterizadas por la exposición a polvo y calor extremo, junto con la dependencia de recursos naturales como el suelo y el agua, generan un riesgo considerable para la salud y el bienestar de los trabajadores y la comunidad. Estos impactos resaltan la necesidad urgente de implementar mejoras en las condiciones laborales y de adoptar prácticas más sostenibles en la gestión de los recursos. Además, el enfoque de los medios de vida es una herramienta fundamental para analizar el estado de los capitales en los pobladores y las comunidades aledañas a la actividad ladrillera, resaltándose en el capital social y el capital natural.

La industria ladrillera de Oicatá tiene un impacto considerable en los componentes atmosféricos, edáficos e hídricos de la región, afectando la calidad del aire, mientras que la extracción de suelo y el uso de agua generan problemas de erosión, compactación y contaminación. Estos hallazgos destacan la importancia de adoptar tecnologías más limpias y sostenibles, así como la necesidad de reforzar la gestión ambiental para mitigar estos efectos y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La actividad ladrillera en Oicatá está alineada parcialmente con los principios del ODS 12 de Producción y consumo responsables, aunque presenta importantes desafíos en términos de eficiencia en el uso de recursos y reducción de residuos. La industria debe enfocarse en mejorar sus prácticas de producción, promoviendo el reciclaje de materiales y optimizando el uso de recursos naturales como principios fundamentales para trabajadores y comunidades aledañas.

REFERENCIAS

- Acharya, S. (2006). Sustainable agriculture and rural livelihoods. *Agricultural Economics Research Review*, 19, 205-217.
- Alcaldía Municipal de Chivara. (diciembre de 2013). Resolución 2579/2013. Por medio del cual se regula la operación de los hornos de producción de ladrillo en jurisdicción del municipio de Chivara.
- Alcaldía Municipal de Oicatá Boyacá. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal "Oicatá Crece en Buenas Manos" 2020-2023*. https://oicataboyaca.micolombiadigital.gov.co/sites/oicataboyaca/content/files/000492/24571_oicata-crece-en-buenas-manos--plan-de-desarrollo.pdf
- Alcaldía Municipal de Oicatá Boyacá. (2024). *Plan de Desarrollo Municipal "Oicatá merece más" 2024-2027*. <https://oicataboyaca.micolombiadigital.gov.co/noticias/plan-de-desarrollo-oicata-merece-mas-2024>
- Alcaldía Municipal de Tunja. (diciembre de 2013). Resolución 2589/2013. Por medio del cual se regula la operación de los hornos de producción de ladrillo en jurisdicción del municipio de Tunja.

- Arboleda, O., Ghiso, A., y Quiroz, E. (2008). Capital social: revisión del concepto y propuesta para su reelaboración. *Semestre Económico*, 11(21), 75-90. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v11n21/v11n21a6.pdf>
- Arredondo, S. (2016). *La sostenibilidad de lo rural en Medellín, un análisis desde el plan de desarrollo "Medellín un hogar para la vida" en el caso San Cristóbal* [Trabajo de Investigación de Maestría]. Universidad de Manizales.
- Asociación Colombiana de Minería [ACM]. (2023). *Aportes del sector minero en 2022 y 2023*. <https://acmineria.com.co/blog/2023/12/13/comunicado-dic2023-aportes-sector/>
- Asravor, R. (2017). Livelihoods diversification strategies to climate change among smallholder farmers in Northern Ghana. *Journal of International Development*. 30(8), 1318-1338. <https://doi.org/10.1002/jid.3330>
- Bebbington, A. (1999). Capitals and Capabilities: A Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty. *World Development*, 27(12), 2021-2044. [https://doi.org/10.1016/s0305-750x\(99\)00104-7](https://doi.org/10.1016/s0305-750x(99)00104-7)
- Beltrán-Beltrán, L. C. (2008). Patrimonio industrial colombiano: la definición de paisajes productivos en la Sabana de Bogotá. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, 21(1), 26-43. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-97632008000100003&script=sci_arttext
- Beltrán-Tolosa, L. M., Cruz-García, G. S., Ocampo, J., Pradhan, P., y Quintero, M. (2022). Rural livelihood diversification is associated with lower vulnerability to climate change in the Andean-Amazon foothills. *PLOS Climate*, 1(11), e0000051. <https://doi.org/10.1371/journal.pclm.0000051>
- Bennett, S., Ekirapa-Kiracho, E., Mahmood, S. S., Paina, L., y Peters, D. H. (2020). Strengthening social accountability in ways that build inclusion, institutionalization and scale: reflections on FHS experience. *International Journal For Equity In Health*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01341-x>

- Biswas, D., Gurley, E. S., Rutherford, S., y Luby, S. P. (2018). The Drivers and Impacts of Selling Soil for Brick Making in Bangladesh. *Environmental Management*, 62(4), 792-802. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1072-z>
- Borras, S. M. (2013). *Critical Perspectives in Rural Development Studies*. Routledge eBooks. <https://doi.org/10.4324/9781315875729>
- Cebrián, G., Junyent, M., y Mulà, I. (2020). Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments. *Sustainability*, 12(2), 579. <https://doi.org/10.3390/su12020579>
- Chaparro, L., y Mora, I. (2017). *Influencia de la variabilidad climática en los MVS de las familias campesinas del municipio de Toca – Boyacá*. [Trabajo de investigación de pregrado]. Fundación Universitaria Juan de Castellanos.
- Cinner, J. E., y Bodin, Ö. (2010). Livelihood Diversification in Tropical Coastal Communities: A Network-Based Approach to Analyzing ‘Livelihood Landscapes. *PLoS ONE*, 5(8), e11999. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011999>
- Colmenares-Cruz, R. A., Plazas-Leguizamón, N. Z., Arias-Rodríguez, L. A., García-Parra, M. A., Moreno-Lopez, N. M., y Barrera-Siabato, A. I. (2024). Analysis of the Development of Rural Aqueduct Organizations in the Central Zone of Colombia: A View from Sustainable Livelihoods. *Water*, 16(21), 3116. <https://doi.org/10.3390/w16213116>
- Colmenares-Cruz, R. A., Plazas-Leguizamón, N. Z., Arias-Rodríguez, L. A., García-Parra, M. A., Moreno-López, N. M., y Barrera-Siabato, A. I. (2024). Analysis of the Development of Rural Aqueduct Organizations in the Central Zone of Colombia: A View from Sustainable Livelihoods. *Water*, 16(21), 3116. <https://doi.org/10.3390/w16213116>
- Concejo Municipal de Oicatá. (1999). *Esquema de Ordenamiento Territorial Oicatá Boyacá*.

- Condori, M. (2013). Impactos socioambientales por la fabricación de ladrillos en Huancayo. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*, 3(2), 117-123. <https://doi.org/10.18259/acs.2013015>
- Contreras-Guerrero, A., y Borja, J. H. (2021). *Esencias y pervivencias barrocas*. Enredars. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=825679>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá. (20 de abril de 2021). Resolución 581/2021. Por medio del cual se actualiza la política de seguridad y salud en el trabajo y sus objetivos en la Corporación Autónoma Regional de Boyacá – Corpoboyacá. <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2021/04/RESOLUCION-581-POLITICA-Y-OBJETIVOS.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (31 de diciembre de 2013). Resolución 2590/2023. Por medio de la cual se precisa el alcance de aplicación de la Resolución 2007 del 30 de octubre de 2013 y se toman otras determinaciones.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá [Corpoboyacá]. (2009). *Plan de gestión ambiental regional PGAR 2009-2019*. <http://centrodocumental.boyaca.gov.co:8083/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=5703>
- Cortés-Enríquez, D. M., Peña Torres, M. A., y Parra Tejada, T. (2021). Plan de manejo ambiental para la industria ladrillera, caso asociación de ladrilleros de Pitalito Huila “ASOLAPIH”. *Bistua Revista De La Facultad De Ciencias Básicas*, 15(2), 43-47. <https://doi.org/10.24054/bistua.v15i2.623>
- Cruz, R. A. C., y Rodríguez, D. L. R. (2021). Análisis de los índices de riesgo de calidad de agua potable (IRCA) en Boyacá entre 2016-2019. *Agricolae y Habitat*, 4(1), 14-28. <https://doi.org/10.22490/26653176.4315>
- Czerny, M. N. R., y Mendoza, S. C. A. (2018). *Globalización y Desarrollo Sostenible*. Red Científica. <https://doi.org/10.31338/uw.9788323535102>
- Delgadillo, M. M. (2022). Edificaciones a base de tierra a prueba de sismos: investigaciones que mueven el piso. *Revista Pesquisa Javeriana*. <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/edificaciones-tierra-sismoresistentes/>

- Department International Development [DFID]. (1999). *Hojas orientativas sobre los Medios de Vidas*. http://www.livelihoodscentre.org/documents/20720/100145/Sus_livelihoods_guidance_sheets_es/828b264e-bb7f-4a43-a25f-8996fa7cc447
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2023a). *Informe anual de avance en la implementación de los ODS en Colombia*. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/INFORME_DE_AVANCE_ANUAL_ODS_2023_junio_2024.pdf
- Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2023b). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>
- Díaz, M., y Rueda-Quiñonez, I. (2017). Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia). *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 379-396. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:637
- Dutta, S. (2016). Soil erosion, sediment yield and sedimentation of reservoir: a review. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(123). <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0182-y>
- Elliot, J. (2008). *Desarrollo rural en Cajamarca. Aplicación del enfoque de medios de vida sostenibles*. Proyecto Yachan. Soluciones prácticas-ITDG. Servicios Gráficos JMD. Depósito Legal Biblioteca Nacional. 9972471543, 9789972471544.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2018). *Ansforming Food and Agriculture to achieve the Sdgs. 20 Interconnected actions to guide decision-makers*. <http://www.fao.org/3/I9900en/I9900en.Pdf>
- García-Fajardo, B., Orozco-Hernández, M. E., McDonagh, J., Álvarez-Arteaga, G., y Mireles-Lezama, P. (2016). Land Management Strategies and their Implications for Mazahua Farmers' Livelihoods in the Highlands of Central Mexico. *Miscellanea Geographica*, 20(2), 5-12. <https://doi.org/10.1515/mgrsd-2016-0003>

- García-Parra, M. A., Plazas-Leguizamón, N., Colmenares-Cruz, R. A., Jácome-Suárez, J. M., Rodríguez, L. A. C., y Hernández-Criado, J. C. (2023). Analysis of the livelihoods and the empowerment of peasant communities: an analysis of two rural areas in the department of Boyacá, Colombia. *Miscellanea Geographica*, 27(3), 102-112. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2023-0013>
- García-Parra, M., De la Barrera, F., Plazas-Leguizamón, N., Colmenares-Cruz, A., Cancimance, A., y Soler-Fonseca, D. (2022). Los objetivos de desarrollo sostenible en américa: Panorama. *La Granja*, 36(2), 45-62. <https://doi.org/10.17163/lgr.n36.2022.04>
- Gómez-Demetrio, W., Sánchez-Vera, E.; Espinoza-Ortega, A y Herrera-Tapia, F. (2013). El papel de los activos productivos en modos de vida rurales. La obtención de indicadores. Convergencia. *Revista de Ciencias Sociales*. 62(2), 71-105. <http://www.scielo.org.mx/pdf/conver/v20n62/v20n62a3.pdf>
- González Díez, M. I., Galán Huertos, E., y Fabbri, B. (1998). *Problemática de las emisiones de flúor, cloro y azufre durante la cocción de materiales de la industria ladrillera*. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 37(4), 307-313. <http://hdl.handle.net/11441/17532>
- Gottret, M. (2011). *El enfoque de MVS sostenibles, una estrategia para el diseño e implementación de iniciativas para la reducción de la pobreza*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7986/El %20enfoque %20de %20medios %20de %20vida....pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/7986/El%20enfoque%20de%20medios%20de%20vida....pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Grupe, H. (1972). Políticas Económicas de Corto y Largo Plazo. *Revista de Economía y Estadística Época*, 16(1-2-3-4), 85-100. <http://revistas.unc.edu.ar/index.php/REyE/article/view/3685>
- Hernández, A. (2020). *La economía ambiental y sus impactos en el segundo país más biodiverso del mundo*. Universidad de los Andes (Colombia). <https://sincarreta.uniandes.edu.co/23-economia/91-la-economia-ambiental-y-sus-impactos-en-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo>

- Hinojosa, L. (2013). Cambio en los medios de vida rurales en los Andes: ¿las industrias extractivas marcan alguna diferencia? *Revista de Desarrollo Comunitario*. 48(3), 421–436. <https://doi.org/10.1093/cdj/bst023>
- Holzmann, R., y Jorgensen, S. (2000). Manejo social del riesgo: Un nuevo marco conceptual para la protección social y más allá. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 21(1), 73-106. <https://www.redalyc.org/pdf/120/12021106.pdf>
- Horne, R., Correia, J., Badland, H., Alderton, A., y Higgs, C. (2020). From Ballarat to Bangkok: how can cross-sectoral partnerships around the Sustainable Development Goals accelerate urban liveability? *Cities & Health*, 4(2), 199-205. <https://doi.org/10.1080/23748834.2019.1698938>
- Horst, H., y Miller, D. (2012). *Digital anthropology*. 50 Bedford Square. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023648/Sintesis.pdf>
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *Metodología de la investigación. Guía para una comprensión holística de la ciencia* (4° ed.). Quirón ediciones.
- Jaka, H. y Shava, E. (2018). Resilient rural women's livelihoods for poverty alleviation and economic empowerment in semi-arid regions of Zimbabwe. *Jamba*. 10(1), 524. <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.524>
- Jezeer, R., Verweij, P., Boot, R., Jungiger, M. y Santos, M. (2019). Influence of livelihoods assets, experienced shocks and perceived risks on smallholder coffee farming practices in Peru. *Journal of Environmental Management*. 242, 496-506. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.101>
- Kaltenborn, M., Krajewski, M., y Kuhn, H. (2019). *Sustainable Development Goals and Human Rights*. Springer Open.
- Lamprea-Delgado, Á. (2007). Caracterización del subsector de la alfarería y cerámica en los municipios de Ráquira y la chamba para la comercialización internacional de artesanías colombianas. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 10(1), 47-56. <https://doi.org/10.31910/rudca.v10.n1.2007.564>

- Lenninger, P. (2015). *Local Livelihoods, conservation and mining; An un-
ever struggle over land access in Punta de Choros*. [Tesis de Maestría en
Desarrollo Sostenible]. Uppsala University.
- López, Y., Bedoya, C., y Cárdenas, G. (2015). Estrategias de adaptación y
medios vida de las familias integrantes de la fundación consejo veredal
FCV Municipio de Calarcá, Quindío. *Revista Luna azul*, 41, 201-239.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2015.41.12>
- López-Roldan, P. y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social
cuantitativa*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Lusseau, D., y Mancini, F. (2019). Income-based variation in Sustainable
Development Goal interaction networks. *Nature Sustainability*, 2, 242-
247. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0231-4>
- Malagón, L. K. (2020). *Evaluación de impacto ambiental y actualización
del plan de manejo ambiental para la explotación y beneficio de caliza
a cielo abierto del contrato de concesión 0908-15 mina el pajal en la
vereda la carrera del municipio de Tibasosa - Boyacá* [Proyecto apli-
cado]. Repositorio Institucional UNAD. [https://repository.unad.edu.
co/handle/10596/38759](https://repository.unad.edu.co/handle/10596/38759)
- Mbiba, M., Collinson, M., Hunter, L., y Twine, W. (2019). Social capital is
subordinate to natural capital in buffering rural livelihoods from neg-
ative shocks: Insights from rural South Africa. *Journal of Rural Studies*,
65, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.12.012>
- Meuser, H. (2012). Rehabilitation of Soils in Mining and Raw Material
Extraction Areas. *Environmental pollution*, 23, 37-126. [https://doi.
org/10.1007/978-94-007-5751-6_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5751-6_3)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Portafolio de
mejoras técnicas disponibles y mejoras prácticas ambientales para el
sector y alfarero y de producción de ladrillo en Colombia*. [https://www.
minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/PORTAFOLIO-
BUENAS-PRACTICAS-SECTOR-LADRILLO.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/PORTAFOLIO-BUENAS-PRACTICAS-SECTOR-LADRILLO.pdf)

- Mohapatra, S. K., Mishra, S., Tripathy, H. K., y Alkhayyat, A. (2022). A sustainable data-driven energy consumption assessment model for building infrastructures in resource constraint environment. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 53, 102697. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102697>
- Moyer, J. D., y Bohl, D. K. (2018). Alternative pathways to human development: assessing trade-offs and synergies in achieving the Sustainable Development Goals. *Futures*, 105, 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.10.007>
- Muñoz-La Rivera, F., Mora-Serrano, J., y Oñate, E. (2021). Factors Influencing Safety on Construction Projects (fSCPs): Types and Categories. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(20), 10884. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010884>
- Muñoz-Pérez, S. P., Mimbela-Orderique, F., y Rodríguez-Lafitte, E. D. (2021). Uso de ladrillos triturados en concreto: una revisión literaria. *Revista Politécnica*, 17(34), 82-100. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a6>
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P., Neumann, B., Stevance, A.-S., Visbeck, M., y Stafford-Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: Lessons learned and ways forward. *Integrated Knowledge Generation for Transformations towards Sustainability from Local to Global Scales*, 13, 1489-1503. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.07.003>
- Oloqui, F., y Fernández, M. (2017). *Financiamiento del sector agroalimentario y desarrollo rural*. Banco Interamericano de Desarrollo BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0007181>
- Pezzey, J. C. V. (2004). Sustainability Policy and Environmental Policy. *Scandinavian Journal of Economics*, 106(2), 339-359. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9442.2004.00355.x>

- Plazas-Leguizamón, N. (2021). *Contribuciones a la comprensión empoderamiento comunitario según el enfoque de los medios de vida de dos comunidades rurales con vocación agropecuaria del departamento de Boyacá - Colombia* [Tesis de doctorado en Desarrollo Sostenible]. Universidad de Manizales.
- Plazas-Leguizamón, N. Z., y Jurado-Álvarez, C. (2018). Medios de vida sostenibles de cara al mundo rural. En *Globalización y desarrollo sostenible* (1° ed., pp. 53–61). Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Plazas-Leguizamón, N., y García-Parra, M. (2017). Empoderamiento de las comunidades rurales a través de la proyección social del conocimiento científico. *Cultura Científica*. 15,124-133. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9072872>
- Pound, B., Braun, A., McDougall, C., y Snapp, S. (2003). *Managing Natural Resources for Sustainable Livelihoods: Uniting Science and Participation* (1° ed.). Editorial Routledge Taylor y Francis Group.
- Pradhan, P. , Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., y Kropp, J. P. (2017). A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG). *Earth's Future*, 5(11), 1169-1179. <https://doi.org/10.1002/ef2.266>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible en Colombia. <http://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/post-2015/sdgoverview.html>
- Ramírez-Jaramillo, J. C., y de Aguas, J. (2017). *Escalafón de la competitividad de los departamentos de Colombia 2017*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal].
- Rincón., E., y Wellens., E. (2011). Cálculo de indicadores de ecoeficiencia para dos empresas ladrilleras mexicanas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(4), 333-345. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n4/v27n4a6.pdf>

- Rivera, F. C. M., Hermosilla, P., Delgadillo, J., Echeverría, D. (2021). Propuesta de construcción de competencias de innovación en la formación de ingenieros en el contexto de la industria 4.0 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). *Formación Universitaria*, 14(2), 75-84. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062021000200075>
- Robles-Zavala, E. (2010). Los múltiples rostros de la pobreza en una comunidad maya de la península de Yucatán. *Revista de estudios sociales*, 18(35), 34-43.
- Rocha-Gil, B., y Echeverri-Rubio, A. (2020). Alternativas de producción más limpia en calidad del aire para el sector alfarero, Sogamoso (Boyacá). *Revista Producción y Limpia*. 15(2), 46-70. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a3>.
- Sánchez, M., y Zapata, L. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda Los Gómez de Itagüí. *Cuaderno Activa*, 5, 109-123.
- Sangwan, S., y Bhatia, M. (2020). Sustainable Development in Industry 4.0. En *A Roadmap to Industry 4.0: Smart Production, Sharp Business and Sustainable Development* (pp. 39–56).
- Santos, J., Malagón, P. y Córdoba, E. (2009). Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander. *Dyna*, 78(167) 1-9. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532011000300006&script=sci_arttext
- Schmidt-traub, G., Kroll, C., Teksoz, K., Durand-delacre, D., y Sachs, J. D. (2017). National baselines for the Sustainable Development Goals assessed in the SDG Index and Dashboards. *Nature Geoscience*, 10, 547-555. <https://doi.org/10.1038/NGEO2985>
- Scoones, I. (2009). Livelihoods perspectives and rural development. *The Journal of Peasant Studies*, 36(1), 171-196. <https://doi.org/10.1080/03066150902820503>

SDG Index and Dashboards. www.sdgindex.org

Segerstedt, E., y Abrahamsson, L. (2019). Diversity of livelihoods and social sustainability in established mining communities. *The Extractive Industries and Society*, 6(2), 610-619. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.03.008>

Serna, C. A., Czerny, M., Londoño, A. A, y Velez, O. A. (2015). Livelihood assessment in district 1 of Medellin – Colombia. *Miscellanea Geographica*, 19(4), 9-20. <https://doi.org/10.1515/mgrsd-2015-0025>

Sunderlin, W., Angelsen, A., Belcher, B., Burgers, P., Nasi, R., Santoso, L., y Wunder, S. (2005). Livelihoods, forests, and conservation in developing countries: An Overview. *World Development*, 33(9), 1383-1402. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.10.004>

Tao, G., Feng, J., Feng, H., Feng, H., y Zhang, K. (2022). Reducing Construction Dust Pollution by Planning Construction Site Layout. *Buildings*, 12(5), 531. <https://doi.org/10.3390/buildings12050531>

Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M., Fründ, J., Holt, R. D., Holzschuh, A., Klein, A. M., Kleijn, D., Kremen, C., Landis, D. A., Laurance, W., y Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes eight hypotheses. *Biological Reviews/Biological Reviews of The Cambridge Philosophical Society*, 87(3), 661-685. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185x.2011.00216.x>

Turner, S. (2007). Small-Scale Enterprise Livelihoods and Social Capital in Eastern Indonesia: Ethnic Embeddedness and Exclusion. *The Professional Geographer*, 59(4), 407-420. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9272.2007.00631.x>

- Univio, L.A (2017). *Diagnóstico sobre la incidencia de la actividad ladrillera en territorio, a partir de sus impactos ambientales, en Sogamoso-Colombia* [Trabajo de grado como requisito para obtener el título de Ingeniero Geógrafo y Ambiental]. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b0cc2f2-1fed-45d6-9a7d-d93cb6d7f87e/content>
- Urrego, L. F., Pacheco, D. C., Rivera, D. C., y Useda, M. E. (2014). Análisis de factores de riesgo en trabajadores de ladrilleras de Ubaté. *IIEC*, 3, 5-10. DOI:10.13140/2.1.4697.5682
- Van der Waal, J. W. H., y Thijssens, T. (2020). Corporate involvement in Sustainable Development Goals: Exploring the territory. *Journal of Cleaner Production*, 252(119625), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119625>
- Velázquez, P., y Aguilar, O. (2012). La felicidad como elemento del desarrollo sostenible desde la organización. *Revista del Centro de Investigación*. 10(37), 83-94. <https://doi.org/10.26457/recein.v10i37.106>
- Vilela, C. L. S., Bassin, J. P., y Peixoto, R. S. (2018). Water contamination by endocrine disruptors: Impacts, microbiological aspects and trends for environmental protection. *Environmental Pollution*, 235, 546-559. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.098>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11, 233. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Wang, C., Zhang, Y., Yang, Y., Yang, Q., Kush, J., Xu, Y., y Xu, L. (2016). Assessment of sustainable livelihoods of different farmers in hilly red soil erosion areas of southern China. *Ecological Indicators*, 64, 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.036>

- Zhang, L. (2013). Production of bricks from waste materials - A review. *Construction And Building Materials*, 47, 643-655. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.043>
- Zhang, Z., Wong, Y. C., Arulrajah, A., y Horpibulsuk, S. (2018). A review of studies on bricks using alternative materials and approaches. *Construction And Building Materials*, 188, 1101-1118. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.152>
- Zhao, D., Zhou, H. (2021). Livelihoods, Technological Constraints, and Low-Carbon Agricultural Technology Preferences of Farmers: Analytical Frameworks of Technology Adoption and Farmer Livelihoods. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13364. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413364>

BIBLIOGRAFÍA

- Bauman, Z. (2005). *Amor líquido. Acerca de la fragilidad de los vínculos humanos*. Fondo de Cultura Económica.
- Castillo, O. L. (2008). *Paradigmas y conceptos de desarrollo rural* (2° ed.). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Chambers, R., y Conway, G. (1991). *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century* [IDS Discussion Paper No. 296]. Institute of Development Studies. <https://www.ids.ac.uk/download.php?file=files/Dp296.pdf>
- Chambers, R., y Conway, G. (1992). *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. (IDS Discussion Paper No. 296). Institute of Development Studies. 296p. <https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/123456789/775/Dp296.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- García, F. J. H., y Murcia, L. L. V. (2021). *Ídolos en daño de las ánimas: Transiciones de la imagen en tiempos de doctrina en el Nuevo Reino de Granada*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/353043558_Idolos_en_dano_de_las_animas_Transiciones_de_la_imagen_en_tiempos_de_doctrina_en_el_Nuevo_Reino_de_Granada
- Hermida, A. C. I., Bouroncle, C., Briones, A. A. D., Trejos, A. Z., Márquez, O. U., Merma, O. A., Aguilar, B. L. P. C., Blas, R., Prado, P., Solórzano, E. R. G., Imbach, P. A., y Medellín, C. M. (2015). *La Construcción de Estrategias Locales de Adaptación al Cambio Climático: Una Propuesta desde el Enfoque de Medios de Vida*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Programa Académico de Práctica del Desarrollo y la Conservación Laboratorio de Modelado Ambiental.
- Khan, B. (2018). Human capital, knowledge and economic development: evidence from the British Industrial Revolution. *Cliometrica*, 12(3), 313-341.
- Kroll, C., Warchold, A., y Pradhan, P. (2019). Sustainable Development Goals (SDGs): Are we successful in turning trade-offs into synergies? *Palgrave Communications*, 5(140), 1-11. <https://doi.org/10.1057/s41599-019-0335-5>
- Kumar, S., Kumar, N., y Vivekadhish, S. (2016). Millennium Development Goals (MDGs) to Sustainable Development Goals (SDGs): Addressing Unfinished Agenda and Strengthening Sustainable Development and Partnership. *Indian Journal of Community Medicine*, 41, 1-4. <https://doi.org/10.4103/0970-0218.170955>
- Mendoza, S. C. A., Czerny, M., Pineda, L.A.A., Rojas, O. A. V (2015). Livelihood assessment in district 1 of Medellin - Colombia. *Miscellanea Geographica*, 19(4), 9-20. <https://doi.org/10.1515/mgrsd-2015-0025>
- Nerini, F. F., Tomei, J., To, L. S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M., Borrion, A., Spataru, C., Broto, V. C., Anandarajah, G., Milligan, B., y Mulugetta, Y. (2018). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 3, 10-15. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5>

Pérez, F. (2009). Impacto de la crisis del sector rural en el mercado laboral y nacional un análisis de vectores autoregresivos. *Cuadernos de economía*, 28(59), 237-277.

Sen, A. (2000). *Libertad y desarrollo*. Planeta

Soarez, D., y Gutiérrez, I, (2011). Vulnerabilidad social, institucionalidad y percepciones sobre el cambio climático: un acercamiento al municipio de San Felipe, Costa de Yucatán. *CIENCIA ergo sum*, 18(3), 1-15.

Dinámicas socioambientales de trabajadores y habitantes aledaños a sistemas alfarero/ladrillo ofrece un análisis profundo de las dinámicas sociales y ambientales derivadas de la industria alfarera en el municipio de Oicatá - Boyacá. A través del enfoque de los medios de vida sostenibles y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, se abordan las interacciones entre los trabajadores del sector y los habitantes cercanos a los sistemas de producción de ladrillo.

El libro revela las dinámicas sociales y ambientales generadas por la industria alfarera en Oicatá - Boyacá, destacando su impacto en los capitales de vida de los trabajadores y de los habitantes cercanos, así como los impactos ambientales evaluados mediante un análisis DOFA. También se pone de manifiesto la débil conexión entre los medios de vida y el ODS 12. Esta obra constituye una referencia esencial para integrar el desarrollo y la sostenibilidad.

Dirigida a investigadores, responsables de políticas públicas, estudiantes de ciencias sociales y ambientales, y a todas las personas interesadas en comprender los impactos socioambientales de la industria alfarera. Ofrece perspectivas clave para promover el equilibrio entre el desarrollo económico, el bienestar comunitario y la sostenibilidad ambiental.



Ramiro Andres Colmenares Cruz Ph. D. (c)

Ingeniero Ambiental. Especialista Seguridad y Salud en el Trabajo. Magíster en Gestión y Administración Ambiental. © Doctor en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad. Docente investigador de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Yesica Paola García Parra

Estudiante Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Mabel Lucero Prada Soto

Ingeniera Ambiental. Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales. Magíster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética. Docente investigador de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Diana Carolina Caicedo Ortegón

Ingeniera Civil. Especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Magíster en Ingeniería Ambiental. Docente investigador de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).



ISBN 978-628-7677-22-7



e-ISBN 978-628-7677-23-4