



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

EXTRACCIÓN DE PÉTREOS COMO ACTIVIDAD DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

TESIS

**Que como requisito parcial para obtener el grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES**

Presenta:

MAYRA ITZEL VELÁZQUEZ FLORES

Bajo la supervisión de:

DRA. ELIZABETH HERNÁNDEZ ACOSTA



APROBADA



Chapingo, Estado de México. Junio de 2021

HOJA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

EXTRACCIÓN DE PÉTREOS COMO ACTIVIDAD DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

Tesis realizada por Mayra Itzel Velázquez Flores bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DRA. ELIZABETH HERNÁNDEZ ACOSTA

ASESOR:



DR. ANTONIO VILLANUEVA MORALES

ASESOR:



DR. DAVID CRISTÓBAL ACEVEDO

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**; por el financiamiento para realizar los estudios de Maestría

A mi noble institución, la **Universidad Autónoma Chapingo**, por prepararme profesionalmente desde el nivel medio superior.

A la **Dra. Elizabeth Hernández Acosta** por su valioso conocimiento compartido, paciencia, tiempo y apoyo para realizar esta investigación, pero sobre todo por su confianza y amistad.

Al **Dr. Antonio Villanueva Morales** y al **Dr. David Cristóbal Acevedo** por todo su apoyo y contribución en el enriquecimiento de este trabajo.

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre **Felipe Velázquez Díaz**,
el hombre más valiente, amoroso y trabajador.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS USADAS	ix
DATOS BIOGRÁFICOS.....	x
RESUMEN GENERAL	xi
ABSTRACT	xii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.ANTECEDENTES	15
1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3.JUSTIFICACIÓN	19
1.4.PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
1.5.OBJETIVOS	20
1.5.1. General:	20
1.5.2. Particulares:	20
1.6.HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	21
1.7.LITERATURA CITADA.....	22

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEÓRICO	24
2.1.1. La minería a cielo abierto de minerales no concesionables	24
2.1.2. Producción de materiales pétreos a nivel nacional y estatal	25
2.1.3. Materiales pétreos explotados	28
2.1.4. Cadena de producción	29
2.1.5. Regulación normativa de la extracción de material pétreo.....	32
2.1.6. Impacto ambiental.....	36
2.1.7. Evaluación de Impacto Ambiental	38
2.1.7.1. Método de Leopold	39
2.1.7.2. Método de Conesa	41
2.1.8. Comparación entre métodos de Evaluación de Impacto Ambiental ...	43
2.1.9. Evaluación de cumplimiento legal ambiental	44
2.1.10. Áreas Naturales Protegidas	44
2.2. MARCO DE REFERENCIA	47
2.2.1. Análisis bibliométrico.....	47
2.3. LITERATURA CITADA	55

CAPITULO III
EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS COMO ACTIVIDAD DE
APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

3.1 RESUMEN	59
3.2 ABSTRACT	60
3.4 INTRODUCCIÓN	61
3.5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	63
3.5.1 Ubicación y descripción del área de estudio	63
3.5.2 Reconocimiento y delimitación geográfica de las actividades productivas y económicas	63
3.5.3 Evaluación de impacto ambiental	64
3.5.4 Evaluación de cumplimiento ambiental	66
3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.6.1 Ubicación y descripción del área de estudio	67
3.6.2 Reconocimiento y delimitación geográfica de las actividades productivas y económicas.....	71
3.6.3 Evaluación de impacto ambiental	72
3.6.4 Cumplimiento ambiental.....	74
3.7 CONCLUSIONES	80
3.9 REFERENCIAS	81

CAPÍTULO IV
COMPARACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE MÉTODOS MATRICIALES DE
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN UN PROYECTO DE MINERÍA

4.1 RESUMEN	83
4.2 ABSTRACT	84
4.3 INTRODUCCIÓN	85
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	87
4.4.1 Ubicación de la zona de estudio	87
4.4.2 Descripción general del área de estudio.....	88
4.4.3 Evaluación de Impacto Ambiental.....	88
4.4.4 Calificación del Impacto	89
4.4.5 Comparación estadística entre los métodos de evaluación	91
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	93
4.5.1 Caracterización del área de estudio.....	93
4.5.2 Comparación de los métodos matriciales	98
4.6 CONCLUSIONES	106
4.7 AGRADECIMIENTOS	106
4.7 REFERENCIAS	107

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Producción nacional de minerales por año en pesos corrientes.	26
Cuadro 2. Valor de producción por tipo de mineral no metálicos del año 2018	26
Cuadro 3. Valor de producción minera del Estado de México (2014-2018).....	27
Cuadro 4. Descripción de la cadena productiva de material pétreo.....	30
Cuadro 5. Descripción y valoración de los elementos de la Ecuación (I)	42
Cuadro 6. Publicaciones por año sobre Impacto Ambiental y minería.....	48
Cuadro 7. Resultado de búsqueda “environmental impact and mining”.	48
Cuadro 8. Estudios con enfoque directo sobre Impacto Ambiental y Minería.....	52
Cuadro 9. Valoración de los elementos de la ecuación de importancia.....	64
Cuadro 10. Clasificación de los impactos ambientales según su valor de importancia	65
Cuadro 11. Marco legal ambiental aplicable al aprovechamiento de material pétreo ..	66
Cuadro 12. Superficie en hectáreas (ha) que ocupa cada uso de suelo y vegetación.	72
Cuadro 13. Evaluación de Impacto Ambiental (matriz de Conesa)	73
Cuadro 14. Checklist de evaluación del cumplimiento legal ambiental.....	74
Cuadro 15. Factores ambientales susceptibles al impacto.....	89
Cuadro 16. Actividades de impacto ambiental por etapa del proyecto	89
Cuadro 17. Clasificación de los impactos con base a su valor de importancia.....	90
Cuadro 18. Variables planteadas para el análisis estadístico en SAS 9.4.....	91
Cuadro 19. Código de simulación para el análisis estadístico en SAS 9.4.....	91
Cuadro 20. Recopilación de las características generales del área de estudio	93
Cuadro 21. Matriz de Evaluación de Impacto ambiental, método de Leopold	97
Cuadro 22. Matriz de Evaluación de Impacto ambiental, método de Conesa.....	98
Cuadro 23. Calificación de cada impacto con el Método de Leopold y de Conesa.....	99
Cuadro 24. Estadísticas descriptivas de las variables Leopold y Conesa	100
Cuadro 25. Estadísticas descriptivas de la variable diferencia.....	100
Cuadro 26. Intervalos de confianza del 95% sin distribución	100
Cuadro 27. Resultados diferentes pruebas de normalidad en SAS.....	101
Cuadro 28. Resultados de diferentes pruebas de comparación que generó SAS,	103
Cuadro 29. Coeficientes de correlación Pearson	104
Cuadro 30. Estadísticos de correlación Pearson con la transformación z de Fisher ..	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de la cadena de producción de los materiales pétreos	29
Figura 2. Posicionamiento del Ejido Sabana del Rosario sobre las ANP's colindantes	68
Figura 3. Subzonas de las que forma parte el Ejido Sabana del Rosario	68
Figura 4. Usos de suelo y vegetación del Ejido Sabana del Rosario.....	71
Figura 5. Histograma de las diferencias entre las calificaciones con el método de Leopold y con el de Conesa.....	102
Figura 6. Gráfico QQ generado en SAS 9.4, de las diferencias entre los niveles de diferencia entre los métodos	102
Figura 7. Diagrama de caja vertical de la distribución de probabilidad, variable diferencia	103

ABREVIATURAS USADAS

ANP: Área Natural Protegida

AMF: Asociación Mexicana de Ferrocarril

APRN: Áreas de Protección de Recursos Naturales

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transporte

SGM: Servicio Geológico Mexicano

ZPFTCC: Zona Protectora Forestal de los Terrenos Constitutivos de las Cuencas

DATOS BIOGRÁFICOS



NOMBRE	Mayra Itzel Velázquez Flores
DÍA DE NACIMIENTO	18 de abril de 1993
LUGAR DE ORIGEN	Texcoco, México
CURP:	VEFM930418MMCLLY09
R.F.C.	VEFM930418UTA
CÉDULA PROFESIONAL:	10511772
PROFESIÓN	Ingeniero Forestal, con Diplomado en Inspección, Vigilancia y Sanciones en Materia Ambiental; Certificación como Auditor Líder Trinorma ISO 9001:2015 /14001:2015/ 45001:2018; Certificación como AUDITOR INTERNO en ISO 14001:2015; Certificación como Consultor en Tratamiento de Riesgos en ISO 14001:2015 y Certificación como Consultor en Implementación en ISO 14001:2015

ESTUDIOS ACADÉMICOS

PREPARATORIA	Preparatoria Agrícola Chapingo
LICENCIATURA	Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

EXTRACCIÓN DE PÉTREOS COMO ACTIVIDAD DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA ¹

El incremento reciente en la demanda de materiales de construcción ocasionó la intensificación en la operación de bancos de préstamo y la apertura de nuevos sitios de extracción en diferentes regiones, incluyendo zonas forestales que se encuentran en áreas naturales protegidas. Su cadena productiva consta de diferentes etapas: exploración, preparación del sitio, extracción, trituración y clasificación, acarreo, transporte y comercialización; en cada una se realizan actividades que provocan impactos al ambiente que se deben conocer y valorar para mitigar los impactos negativos y potencializar los positivos, con el propósito de garantizar un aprovechamiento sustentable.

El presente estudio se realizó en el Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Estado de México, que es parte del área natural protegida: zona protectora forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec; se evaluó el impacto ambiental que genera la extracción de basalto (piedra) con dos métodos: la matriz de Leopold y la matriz de Conesa, después, con la prueba estadística no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon se estudió si existe diferencia significativa entre las evaluaciones con ambos métodos; por último, se calificó el desempeño ambiental respecto al cumplimiento normativo aplicable a través de una lista de verificación.

Mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon se comprobó que no existe diferencia significativa entre los dos métodos, con ambos se concluyó que la extracción de piedra genera 36 impactos positivos y 50 negativos, estos últimos clasificados como bajos o moderados, principalmente porque el aprovechamiento es manual, la mano de obra es local, se ponen en práctica medidas de mitigación y se cumple con el 86% de los requerimientos normativos. Por lo tanto, la actividad minera se definió de bajo impacto y sustentabilidad, apegándose a las políticas y disposiciones de la subzona de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del área natural protegida a la que pertenece.

Palabras clave: mina de piedra, aprovechamiento sustentable, subzonificación, métodos matriciales, cumplimiento ambiental.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Mayra Itzel Velázquez Flores
Director de Tesis: Dra. Elizabeth Hernández Acosta

ABSTRACT

EXTRACTION OF STONE AS A SUSTAINABLE USE ACTIVITY IN A PROTECTED NATURAL AREA ²

The recent increase in the demand for construction materials led to the intensification in the operation of loan banks and the opening of new extraction sites in different regions, including forest areas that are located in protected natural areas. Its productive chain consists of different stages: exploration, site preparation, extraction, crushing and classification, hauling, transportation and marketing. In each process, activities are carried out that cause impacts on the environment that must be known and valued to mitigate negative impacts and enhance positive ones, in order to guarantee sustainable use.

The present study was carried out in the Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Estado de México, which is part of the protected natural area: forest protective zone the constituent lands of the Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc and Temascaltepec river basins; The environmental impact generated by the extraction of basalt (stone) was evaluated with two methods: the Leopold matrix and the Conesa matrix. Later, with the non-parametric statistical test of Wilcoxon signed ranges, it was studied if there is a significant difference between the evaluations with both methods; Finally, environmental performance was rated with respect to applicable regulatory compliance through a checklist.

Through the Wilcoxon signed rank test it was found that there is no significant difference between the two methods. With both of them it was concluded that the extraction of stone generates 36 positive and 50 negative impacts, the latter classified as low or moderate ones, mainly because the use it is manual, the workforce is local, mitigation measures are implemented and 86% of the regulatory requirements are met. Therefore, the mining activity was defined as one of low impact and sustainable, adhering to the policies and provisions of the sub-zone for the sustainable use of natural resources of the protected natural area to which it belongs.

Keywords: stone mine, sustainable use, subzoning, matrix methods, environmental compliance.

² Thesis of Master of Science in Forest Sciences, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Mayra Itzel Velázquez Flores
Thesis Director: Dra. Elizabeth Hernández Acosta

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México existen 182 áreas naturales protegidas (ANP's) de carácter federal, de ellas: 67 corresponden a parques nacionales, 44 a reservas de la biosfera, 40 son áreas de protección de flora y fauna, 18 son santuarios, ocho son áreas de protección de recursos naturales y las cinco restantes son monumentos naturales (CONANP, 2021).

Las Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN), tienen por objeto la preservación y conservación del suelo, así como la de las cuencas hidrográficas y recursos naturales que se encuentran en zonas forestales o de aptitud forestal. Al igual que el resto de las ANP's su territorio es ordenado en función de lo previsto en el instrumento de zonificación que se diseñó considerando el nivel de aseguramiento y representatividad de sus ecosistemas, su uso actual y potencial y la vocación natural del sitio. A su vez las APRN también son administradas con base a una subzonificación que consiste en la planeación del manejo detallado de las zonas núcleo y de amortiguamiento (DOF, 2018).

De acuerdo con los datos de uso del suelo y vegetación (Serie VI) de INEGI, 2017 y la información espacial de la CONANP, 2020, el área de estudio "Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Estado de México" se ubica en una zona forestal (Bosque de pino encino) y forma parte del ANP federal con categoría de APRN: Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México; la cual se decretó en noviembre de 1941 (DOF, 1941).

En específico, el ejido Sabana del Rosario forma parte de la zona de amortiguamiento de dicha ANP y comprende dos subzonas: la de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados y la de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias.

Dentro del área de estudio se realizan diferentes actividades económicas, entre ellas el aprovechamiento de recursos forestales maderables, la agricultura, la ganadería y la minería a cielo abierto para la extracción de basalto (piedra). Siendo esta última la única que no es considerada dentro de los ejes de planeación de las subzonificación del ANP a la que pertenece.

Por lo tanto, en el presente trabajo primero se identifica y evalúa el impacto ambiental que genera el aprovechamiento de piedra en el área de estudio a través de dos métodos matriciales distintos para reconocer si existe diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos con ambos procedimientos y posteriormente se analiza si se puede denominar una práctica sustentable y de bajo impacto, compatible con las políticas de manejo establecidas en el ANP de la que forma parte.

Por último, se proponen medidas para mitigar los impactos negativos identificados en la extracción de piedra, con el único propósito de contribuir en asegurar su apego a los lineamientos propuestos para una buena administración del ANP: ZPFT CC de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, México.

1.1. ANTECEDENTES

En los últimos años de acuerdo con (Andia, 2012) se han puesto en marcha más proyectos de inversión de distinta naturaleza (incluyendo la minería a cielo abierto), siendo este un factor positivo en el desarrollo regional y local. Sin embargo, dichas intervenciones pueden generar impactos negativos en el ambiente, por lo que se exige al sector público y privado, cumplir con la regulación normativa, incluyendo la elaboración de estudios de impacto ambiental para identificar esos posibles impactos y proponer las acciones a realizar para evitarlos o controlarlos.

En la actualidad los problemas medioambientales y el desarrollo sostenible forman parte de las principales preocupaciones políticas, económicas, sociales y educativas, para ello, la evaluación de impacto ambiental (EIA) se emplea como instrumento de política en muchos países, donde se ha mostrado como una estrategia eficiente para la prevención de daños ambientales y promoción de la sustentabilidad, ya que se basa en el principio de operar preventivamente en el campo ambiental por lo que a su vez es empleada en los procesos de toma de decisiones, tanto públicos como privado, ya que cumple con la necesidad de formar pronósticos más exactos que aprueben mejores decisiones en un determinado momento en la ejecución de este tipo de proyectos y contribuir al desarrollo sostenible de la minería (Ferrer, 2016).

La minería a cielo abierto es una actividad que se ha realizado a lo largo del tiempo en todo el país. Sonhi-Manassa, 2019, la describe como uno de los dos modos principales de explotación que existen para extracción de las materias primas de minerales de la corteza terrestre y económicamente más atractivo cuando la relación escombro/mineral no supera los límites y las características del mineral permiten su utilización.

En los últimos años por la solicitud constante de materiales para la construcción, aumento su demanda en el país, prueba de ello, en el 2018, con base a la agenda estadística de minería mexicana, al menos en el Edo. de Méx. se reportó una producción de 44,016,457 toneladas de material pétreo (SGM, 2019),

procedentes de más de 200 bancos de préstamo que la Secretaría de Comunicaciones y Transporte reporta en operación dentro del mismo Estado (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017) . Sin embargo, no se ha definido con exactitud cuántos de estos sitios tienen influencia en zonas forestales o se encuentran en áreas naturales protegidas.

Las cifras anteriores, indican que la extracción de material pétreo en el Estado de México produce sobre la naturaleza un impacto significativo como cualquier otra obra o proyecto. Sin embargo, es necesario valorar si el positivo (como el incremento económico) se justifica ante el negativo que suele ser agresivo y no siempre la naturaleza es capaz de asimilarlo, produciendo un detrimento irreparable al ambiente que afecta de diversas formas a los seres vivos que comparten el entorno donde se produce esta actividad, principalmente si son áreas forestales (Montes de Oca-Pérez & Rosario-Ferrer, 2014).

Por ello, la presente investigación identifica y califica cada impacto ambiental real que genera la extracción de piedra de un banco en operación situado en el Ejido Sabana del Rosario, dentro de un Área Natural Protegida, también se reconoce las prácticas reales que se ponen en marcha para mitigar los impactos negativos y se reflexiona sobre su sustentabilidad ante las políticas establecidas dentro de su área de influencia, todo lo anterior anulando la postura que tiene por objeto obtener una autorización ambiental como la mayoría de los estudios de EIA que describen a los impactos como premisas o suposiciones.

El ANP a la que pertenece el Ejido: es la Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, es federal, con categoría de Protección de Recursos Naturales, su decreto fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de noviembre de 1941 durante el gobierno de Manuel Ávila Camacho, con una superficie de 140,234.42 hectáreas que abarca once municipios: Villa de Allende, San Simón de Guerrero, Valle de Bravo, Zinacantepec, Donato Guerra, Amanalco, Temascaltepec, Oztoloapan, Santo Tomas, Villa Victoria e Ixtapan del Oro (CONANP, 2018).

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) cuantifica el efecto que tienen las acciones de un proyecto (considerando todas sus etapas), sobre el entorno, considerando el medio biótico, abiótico, económico y social, tanto para calificar el estado del medio ambiente en su totalidad o para evaluar exclusivamente alguno de sus factores de modo que se incluyan en el proceso de toma de decisiones y poder resolver si su ejecución es aceptable o no desde una perspectiva ambiental (Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., & Awad, G, 2018), por lo que también se considera un instrumento analítico y de política pública (Álvarez & Juan, 2013).

La (EIA), como herramienta de gestión ambiental que identifica el tipo y magnitud de los cambios sobre el ambiente por las acciones de un proyecto, tomó importancia en la Conferencia de Estocolmo en 1972, con el propósito de instaurar conciencia global en torno a los problemas ambientales producidos en obras de ingeniería. En la actualidad se reconoce como un instrumento que anticipadamente trata de prevenir/mitigar impactos adversos originados de las actividades de una obra o proyecto, para implementar medidas de control en beneficio del ambiente (Ruiz Ochoa, Luque Díaz, & Ramírez Salinas, 2020).

Para evaluar existen distintos métodos entre ellos están las listas de verificación, redes y matrices de interacciones, sistemas cartográficos, análisis multicriterio, simulación y predicción, así como los de software y Ad-Hoc (Viloria et al., 2018). Los más usados suelen ser los más sencillos por lo que destacan las listas de chequeo, las opiniones de expertos y las matrices causa-efecto. Sin embargo, las metodologías no se encuentran estandarizadas por lo que pueden no tener un manejo uniforme sobre todo entre naciones debido a los contrastes notorios en su legislación, programas públicos de administración y estándares ambientales (Ferrer, 2015).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La demanda de materiales para la construcción en el país, y en específico el Estado de México, trajo consigo una explotación cada vez mayor de este tipo de insumos y la apertura de forma regular e irregular de bancos de material pétreo (minas) en diferentes sitios incluyendo zonas forestales que forman parte de áreas naturales protegidas.

El aprovechamiento de basalto (piedra) en el ejido Sabana del Rosario se realiza en dos subzonas del ANP federal: ZPFTCC de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. De acuerdo con su programa de manejo, en esta región se permite exclusivamente el aprovechamiento y manejo de recursos naturales renovables, si se garantiza su sustentabilidad generando beneficios para los pobladores locales y que su desarrollo sea de bajo impacto ambiental. Sin embargo, en el capítulo de prohibiciones de las reglas administrativas establecidas, se señala que se impide abrir y explotar nuevas minas de material para construcción. Asimismo, la apertura y aprovechamiento de este tipo de bancos se indica en el listado de actividades no permisibles de ciertas subzonas aunque en dos de ellas no: la de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales y la de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias (CONANP, 2018).

En diferentes estudios de EIA, se reconoce que los bancos de material generan efectos negativos como: escurrimiento laminar, infiltración, cambio en la topografía, afectación a la calidad del aire, contaminación acústica, generación de residuos, perturbación de la fauna silvestre, disminución de cobertura vegetal y degradación del suelo, pero no existe una calificación precisa de cada impacto, ya que, normalmente se evalúan antes de su implementación (Sosa García, 2012). Por lo tanto también se debe evaluar una vez iniciado el proyecto y analizar si el aprovechamiento se puede ser sustentable, en apego a las reglas de operación del área natural protegida y de los requerimientos legales aplicables.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La ejecución de proyectos de explotación necesariamente requiere de la aplicación de acciones que alteran o impactan al medio ambiente, por ende, para el caso de minas de materiales pétreos se debe estudiar y medir de forma específica el impacto ambiental que se ocasiona considerando ciertas particularidades como: el área de influencia, el tipo de mineral, los métodos de extracción y los tratamientos aplicados (Hernández-Jatib, 2014).

De acuerdo con información del último inventario de materiales del Centro SCT del Estado de México, en esta entidad se extraen más de diez tipos diferentes de materiales pétreos, y los sitios de extracción son en su mayoría de propiedad ejidal o particular y aproximadamente la cuarta parte de ellos se ubica dentro de zonas forestales (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017), por consiguiente, la presente investigación busca contribuir en el reconocimiento y caracterización de los impactos generados en un banco de basalto (piedra), que se identifica por realizar su explotación de forma manual, es de propiedad ejidal y se ubica en un bosque de pino encino dentro de un ANP federal, por lo que también se pretende evidenciar que la extracción de materiales pétreos puede ser sustentable, de bajo impacto y compatible con el dinamismo establecido en programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas.

También se analiza el cumplimiento normativo en materia ambiental aplicable, considerando las particularidades del banco, se estudian y plantean medidas correctivas y de mitigación, buscando que su operación se ejecute con base a los principios del desarrollo sustentable, asumiendo el compromiso de la Agenda 21, aprobada en la Cumbre de la Tierra en el año 1992 y elocuente a los propósitos definidos para las subzonas de manejo del ANP en que se encuentra.

Por último, en vista de que no se han estandarizado los métodos EIA y que no existe un gran número de trabajos que los comparen o demuestren cual es más eficiente, esta investigación contrasta estadísticamente dos de las metodologías matriciales más comunes con el propósito de brindar al evaluador un criterio a considerar en la selección del método.

1.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿La extracción de material pétreo en áreas naturales protegidas con categoría de protección de recursos naturales puede ser considerada una actividad de aprovechamiento sustentable?

¿Cuál es la metodología de evaluación de impacto ambiental más eficaz para proyectos de aprovechamiento de material pétreo, en áreas naturales protegidas?

¿Existen omisiones o incumplimientos del marco regulatorio ambiental competente a los proyectos de extracción de material pétreo, de existir, cuáles son?

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. General:

- Evaluar el impacto ambiental que genera la extracción de material pétreo, en el Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Estado de México, e identificar si el aprovechamiento se realiza conforme a lo previsto en los objetivos y políticas de la subzonificación del área natural protegida a la que pertenece.

1.5.2. Particulares:

- Caracterizar los aspectos abióticos, bióticos y socioeconómicos del Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Estado de México, a fin de mostrar el contexto de su uso y potencialidad, a través del SIGEIA (Sistema de Información Geográfica para la Evaluación de Impacto Ambiental).
- Reconocer y delimitar geográficamente las actividades productivas y económicas que se desarrollan en el área de estudio, para identificar su afinidad con la subzonificación del área natural protegida a la que pertenece.

- Calificar el impacto ambiental que genera la extracción de material pétreo dentro del Ejido Sabana del Rosario, mediante dos metodologías: la matriz de Leopold y la matriz de Conesa, para identificar si existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos en cada método.
- Evaluar el cumplimiento del marco jurídico ambiental competente a la extracción de material pétreo a través del método de lista de verificación para identificar si existen irregularidades u omisiones.
- Proponer medidas de mitigación dirigidas a los impactos negativos (severos y críticos) generados por la extracción de piedra en el área de estudio.

1.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

H₁: La extracción de material pétreo (piedra) en el Ejido Sabana del Rosario es compatible con las actividades permisibles en un área natural protegida por ser una actividad de bajo impacto y aprovechamiento sustentable.

H₂: La metodología más eficaz para identificar y evaluar el impacto ambiental generado en proyectos de minería a cielo abierto es la matriz de Conesa, respecto a la de Leopold ya que permite calificar puntualmente los impactos (sean negativos o positivos).

H₃: En la zona de extracción de piedra dentro del área de estudio, se cumple con más del cincuenta por ciento de los requisitos legales ambientales aplicables.

1.7. LITERATURA CITADA

- Álvarez, A., & Juan, M. (2013). La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), conforme al Reglamento y Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en México. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. www.eumed.net/rev/delos/16
- Andía Valencia, Walter (2012). Los Estudios de Impacto Ambiental y su Implicancia en las Inversiones de los Proyectos. *Industrial Data*, 15(2). ISSN:1560-9146. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=816/81629470003>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP. (2018). Programa de Manejo Área de Protección de Recursos Naturales Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc Y Temascaltepec. SIMEC-CONANP.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP. (2021, febrero). Áreas Naturales Protegidas de México | gob.mx | CONANP. SIG-CONANP. http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Conesa, V. (1995): Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 2da. Ed. Madrid: Ediciones MundiPrensa.
- D.O.F. (1941). DECRETO por el que se declara Zona Protectora Forestal los Terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, Mex. Diario Oficial de la Federación publicado el 15 de noviembre de 1941. Secretaría de Agricultura y Fomento.
- D.O.F. (2018). ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con la categoría de área de protección de recursos naturales cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tílostoc y Temascaltepec, Estado de México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ferrer, Yiezenia Rosario. (2016). SEGUIMIENTO EN EL TIEMPO DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN PROYECTOS MINEROS. *Luna Azul*, (42), 256-269. <https://dx.doi.org/10.17151/luaz.2016.42.16>.
- Hernández-Jatib, Naisma, Ulloa-Carcasés, Mayda, Almaguer-Carmenate, Yuri, Ferrer, Yiezenia Rosario EVALUACIÓN AMBIENTAL ASOCIADA A LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA INAGUA, GUANTÁNAMO, CUBA. *Revista Luna Azul [en línea]*. 2014, (38), 146-158. ISSN: 1909-2474 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321731214009>.
- Montes de Oca-Pérez, A., & Rosario-Ferrer, Y. (2014). Ontología de evaluación de impacto ambiental para proyectos mineros. *Minería y Geología*, 30(1),

- Ramírez Ríos, A., & Polack Peña, A. M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de La Ciencia*, 10(19), 191–208.
- Sonhi-Manassa, Manuel Fidel, & Polanco-Almanza, Ramón Gilberto, & Legrá-Lobaina, Arístides Alejandro (2019). Optimización económica de la transportación con camiones en una mina a cielo abierto profunda. *Minería y Geología*, 35(1). ISSN: 1993 8012 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2235/223557636009>.
- Secretaria de Comunicaciones y Transporte SCT- Centro SCT Edo. de México- Unidad General De Servicios técnicos (2017). Inventario de bancos de materiales 2017 (Información básica sobre localización y aprovechamiento de bancos de materiales pétreos para construcción y mantenimiento de carreteras). pp 2-30
- Secretaria de Economía- Servicio Geológico Mexicano (2019). Anuario estadístico de la minería mexicana, 2018. Capitulo II Producción minera y minero metalúrgica, Volumen y Valor de la Producción Minera por Entidad Federativa, 2014-2018, México, p 60.
- Sosa García, A. O. (2012). Impacto Ambiental Generado por los bancos de Material en la Zona Media y de la Huasteca del Estado de San Luis Potosí. Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad.
- Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). Metodología para evaluación de impacto ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 28(2), 121-156. <https://doi.org/10.18359/rcin.2941>.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y DE REFERENCIA

2.1. MARCO TEÓRICO

En la presente sección se muestran enfoques teóricos importantes relacionados con las actividades de minería a cielo abierto para la extracción de material pétreo (piedra o basalto) a través de su conceptualización mediante la descripción de su cadena productiva, su valoración en el mercado e impactos sociales, así como los requerimientos legales para su implementación y operación, todo ello con el propósito de realizar un acercamiento a la problemática ambiental que este tipo de actividades genera considerando escenarios distintos (territorios de uso forestal y no forestal), también se expone con brevedad acerca de las Áreas Naturales Protegidas en México y lo referente al aprovechamiento sustentable en estas zonas y por último sobre la importancia y los métodos de evaluación de impacto ambiental. Tales conceptos se exponen con el objeto de mostrar un enfoque claro del sentido de esta investigación.

2.1.1. La minería a cielo abierto de minerales no concesionables

La minería a cielo abierto se lleva a cabo con el propósito de extraer distintos minerales, siempre se pretende encontrar un mineral principal de aprovechamiento; sin embargo, durante el mismo proceso también existirá otra serie de elementos que serán extraídos (Milesi, 2016). Es uno de los métodos principales de extracción de minerales y el más económico si la correlación entre los escombros y el mineral no sobrepasa los valores extremos y cuando las características del mineral permiten utilizar tecnologías eficientes (Sonhi-Manassa, Polanco-Almaza, & Legrá-Lobaina, 2019).

De acuerdo con el INEGI, México clasifica a la minería en tres grupos de acuerdo al tipo de mineral que se extrae, el primero sería de minerales metálicos como oro y plata, el segundo de no metálicos y el último de minerales energéticos como petróleo y gas (INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009). Sin embargo, a la minería a cielo abierto solo se le podría catalogar en metálicos y no metálicos y la diferencia principal entre estos dos grupos es que los últimos se caracterizan por no tener brillo propio ni conducir electricidad.

Entre los minerales no metálicos, se puede identificar el subgrupo de los de construcción que de acuerdo con (Olivera et al., 2018) se reconoce que son menos densos que los metálicos pero están generosamente distribuidos en la naturaleza, en los tres tipos geológicos de rocas, por lo que presentan diferentes características que les definen usos diferentes en la construcción.

En México los minerales para la construcción también son denominados minerales no concesionables. De acuerdo con (Olivera et al., 2018) se les define así porque no necesitan permiso de la Secretaría de Economía para su aprovechamiento, y su extracción se hace a cielo abierto. Cuando se trata de canteras las concesiones de aprovechamiento las conceden los gobiernos estatales y si son causas la Comisión Nacional del Agua.

Por último, la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016 del Estado de México, define a los minerales no concesionables como: rocas o productos de su descomposición, que sólo pueden emplearse para fabricar materiales de construcción y ornamento de obras; cuyo aprovechamiento se hace a cielo abierto y reitera que no son concesionables por el Gobierno Federal (Comité Estatal de Normalización Ambiental, 2017).

2.1.2. Producción de materiales pétreos a nivel nacional y estatal

La extracción de minerales no concesionables es considerada una función de gran importancia debido a su impacto en el ámbito económico, ya que de esta actividad se pueden aprovechar diferentes tipos de materiales pétreos en todo el país y también se demandan grandes volúmenes, lo que representa una

importante derrama económica local e industrial, que genera empleos provenientes de las tareas que involucran su operación (Valencia García, 2017).

En el 2019, el Servicio Geológico Mexicano reportó un incremento del 24% en la producción nacional de minerales no metálicos, pasó de 274.96 a 340.72 mmp del 2017 al 2018. En ese periodo se agregó a la lista de materiales la glauberita, dunita y toba, e incrementó el aprovechamiento de zeolita, mica, caolín, fluorita, dolomita, sílice, diatomita, wollastonita, feldespato, bentonita, barita, yeso, sal, puzolana, andesita, arcillas, tepojal, antera, talco, grava, sulfato de sodio, agregados pétreos, arena y basalto, y se presentó un tenue rescate de los precios en el mercado nacional y extranjero (Servicio Geológico Mexicano SGM, 2019).

Cuadro 1. Producción nacional de minerales por año en pesos corrientes.

Año	Metálicos	No metálicos	Total
2014	199,164,674,129.35	164,577,698,113.76	363,742,372,243.11
2015	222,877,235,260.89	196,416,251,424.19	419,293,486,685.08
2016	277,718,649,527.28	203,162,080,103.05	480,880,729,630.33
2017	305,419,382,515.21	274,966,721,544.65	580,386,104,059.86
2018	345,907,553,784.69	340,726,053,406.75	686,633,607,191.44

Fuente: Servicio Geológico Mexicano SGM, 2019

El Servicio Geológico Mexicano también indicó que del total (más de diez tipos diferentes) de los minerales no metálicos que se produjeron en el país durante el 2018, el valor de producción de agregados pétreos es el que tuvo mayor participación con un 26%, seguido del basalto y caliza con un 25.7% y 22.5% respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor de producción por tipo de mineral no metálicos del año 2018

Producto	Pesos corrientes	% de Participación
Agregados Pétreos	88, 602, 691, 442.1	26.0
Basalto	87, 615, 265, 478.1	25.7
Caliza	76, 682, 194, 323.4	22.5
Arena	22, 889, 206, 807.2	6.7
Grava	9, 964, 226, 180.2	2.9
Andesita	8, 618, 798, 848.8	2.5
Sulfato de Sodio	8, 102, 483, 724.0	2.4
Fluorita	6, 320, 409, 893.5	1.9
Carbón	4, 486, 173, 325.9	1.3
Otros	27, 444, 603, 383.5	8.1
Total	340, 726, 053, 407.8	100

Fuente: Servicio Geológico Mexicano SGM, 2019

En ese mismo año, de los 340,726,053,407.8 pesos corrientes del valor de producción de materiales no metálicos en el país, en el Estado de México la producción fue de 3,581,015,200.00, de los cuales en su mayoría corresponden a la extracción de arena, seguido de grava y tezontle, véase Cuadro 3.

Cuadro 3. Valor de producción minera del Estado de México (2014-2018).

	2014	2015	2016	2017	2018
Arcillas	141,741,699	784,000	817,000	1,451,000	1,439,000
Arena	2,744,966,019	1,169,018,000	1,611,364,000	1,953,854,000	1,865,907,000
Calcita	1,333,556	483,000	875,777	-	-
Caliza	77,478,105	168,127,000	176,533,000	225,421,000	265,744,000
Cantera	202,720,571	70,807,000	73,753,000	171,790,000	129,131,000
Grava	1,778,278,806	596,834,000	837,529,000	1,047,670,000	954,633,000
Rocas Dimensionales	4,533,317	2,452,800	7,704,619	2,830,000	2,880,000
Tepetate	32,270,720	36,360,000	37,378,000	46,654,000	52,227,200
Tepojal	3,973,223	5,116,000	5,298,000	6,296,000	6,447,000
Tezontle	161,277,460	129,385,000	172,875,000	333,202,000	302,607,000
Total	5,148,573,479	2,179,366,800	2,924,127,397	3,789,168,000	3,581,015,200

Fuente: Servicio Geológico Mexicano SGM, 2019

Por último, teniendo en cuenta el último inventario de bancos de préstamo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en el Estado de México se extraen diez diferentes tipos de minerales no metálicos. De los 226 bancos reportados: 95 son de aglomerado, 57 de tezontle, 31 de basalto, 25 de andesita, ocho de tova, cinco de riolita, dos de roca volcánica, uno de brecha volcánica, uno de conglomerado y uno de pizarra (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017),

De acuerdo con Sánchez-Crispín y Sánchez-Salazar, 1988 se ha restado importancia a este tipo de materiales, a pesar de que la economía de los no-metálicos contempla desde materiales para construcción hasta diamantes industriales. Los no metálicos son de naturaleza ubicua en la superficie terrestre y, por lo mismo, de bajos precios en el mercado; los segundos son de rara ocurrencia y de precios altos. Sin embargo, también se considera que el subsector de la minería no-metálica en México, como en el resto del mundo, ha presentado una tendencia a la expansión en los últimos decenios ya que produce una gran variedad de materias primas, que tienen una significativa participación

en el volumen y valor de la producción minera nacional y, por ello, son básicos para la industrialización y el crecimiento económico, que podrían convertirse en importantes generadores de divisas (Sánchez-crispin & Sánchez-salazar, 1988).

Con la información anterior, se reconoce la importancia de la producción de minerales no metálicos en México, así como su incremento en demanda y producción en los últimos cinco años. Entre este grupo de materiales destacan los pétreos que son empleados principalmente para la construcción, por lo que es necesario que se estudien como unidades de producción importantes para el sector minero del país.

2.1.3. Materiales pétreos explotados

De acuerdo con la SCT, de los bancos de material del Estado de México, registrados hasta el 2017, se extraen por lo menos diez tipos de materiales diferentes (aglomerado, andesita, basalto, brecha volcánica, conglomerado, pizarra, riolita, tezontle, toba y roca volcánica), de los cuales predominan los de aglomerado, basalto y tezontle. En el presente estudio se trabajó únicamente con basalto aunque también se le denomina como de piedra (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2017).

a) Basalto

El basalto naturalmente es una roca de origen ígneo, volcánico, de las más abundantes en la corteza terrestre, de un color gris a negro oscuro, es considerado un material pesado y tenaz; que araña el vidrio y sacar chispas con el hierro acerado (Dirección General de Desarrollo Minero, 2015), su textura es afanítica vesicular y su estructura es de derrames de lava, por sus características mecánicas, los basaltos son recomendados para la construcción de pavimentos (subbase y bases hidráulicas, carpetas asfálticas) y concretos hidráulicos ya que es de un material de alta resistencia a la compresión, poroso y resistente a la abrasión cuando se garantiza su granulometría (Chan Yam, Solís Carcaño, & Moreno, 2003).

Uno de los proyectos de infraestructura que requirió grandes volúmenes de este tipo de material fue el Nuevo Aeropuerto Internacional de México, según la SCT, para construir las Pistas 2 y 3 se requirió el suministro de aproximadamente 10,834,826.00 m³ de material pesado (SCT-GACM-AMF, 2014). Por lo antes expuesto, incrementó la demanda de basalto en el estado mexiquense, ocasionando la apertura de bancos

2.1.4. Cadena de producción

Para comprender mejor el entorno acerca de la extracción de los materiales pétreos, es imprescindible conocer su cadena de producción y considerar a los bancos o minas (definidas en la norma NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016 como los sitios de extracción de minerales no concesionables) como unidades de producción (Comité Estatal de Normalización Ambiental, 2017).

De acuerdo con la Secretaria de Economía y la Coordinación General de Minería, la cadena cuenta con cinco eslabones básicos comunes a todas las unidades de producción, aunque excluye lo que refiere al cumplimiento de requerimientos legales, entre ellos la Manifestación de Impacto Ambiental (instrumento de gestión ambiental que busca regular obras y proyectos para evitar o reducir los posibles daños al ambiente), por lo tanto, para este estudio se consideran seis peldaños en la cadena en lugar de solo cinco, como se muestra en la Figura 1. (Dirección General de Desarrollo Minero, 2015).



Figura 1. Esquema general de la cadena de producción de los materiales pétreos

Fuente: Elaboración propia con base a SE-CGM-DGE, 2015

Conocer la cadena de producción de materiales pétreos y por consiguiente las actividades que se llevan a cabo en cada etapa, permite realizar la identificación adecuada de los posibles impactos ambientales que se logren generar y por consiguiente en un segundo escenario calificarlos, y en respecto a los negativos planear estrategias para su prevención, mitigación o compensación. Sin embargo, se debe tener claro que de acuerdo con el tipo de material a extraer, características del sitio, localización y método de extracción, pueden existir variaciones que necesariamente deben ser consideradas para una evaluación adecuada (Dirección General de Desarrollo Minero, 2015). Debido a la importancia de cada eslabón, a continuación, en el Cuadro 5. se muestra la descripción general de cada uno.

Cuadro 4. Descripción de la cadena productiva de material pétreo.

Eslabón	Actividad	Descripción	Principales actores
Primero: extracción	Cumplimiento normativo de trámites y permisos	Cumplir con la normatividad fiscal, laboral, de salud y seguridad social, protección civil y del ambiental.	Promovente (ejidatarios, comuneros, propietarios)
		Para este último aspecto se debe presentar la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) ante las autoridades estatales y/o federales competentes, así como el Estudio Técnico Justificativo (ETJ) cuando el sitio de extracción se encuentre en un área forestal.	Inversionistas Prestadores de servicios técnicos Autoridades federales, estatales y/o municipales
Segundo: retiro de vegetación	Preparación despalde o descapote	Apartar la vegetación y la capa superficial de suelo, puede ser de forma mecánica o manual procurando no contaminar el material con la roca encajonante o con suelo, arcillas o componentes orgánicos. El suelo o capa superficial vegetal se separa de acuerdo con la normatividad ambiental.	Jornaleros (obreros, maquinistas, cuidadores, etc.)
Tercero: extracción	Extracción	Se realiza con palas, barretas o retroexcavadoras, generalmente se usan métodos de fragmentación con barrenación o voladura con explosivos para el quebrantamiento del material <i>in-situ</i> y en algunos casos debido a la sobredimensión de la roca resultante, se realiza un moneo o rompimiento con martillo hidráulico.	Jornaleros (obreros, maquinistas, cuidadores, etc.)

Eslabón	Actividad	Descripción	Principales actores
Cuarto: cargado y acarreo	Rezagado y acarreo	Extraído el material del banco, éste se embarca en camiones de volteo y es acarreado “en greña” (sin procesar) que se puede mandar a dos puntos: • Venta directa en greña a camiones materialistas o casas distribuidoras. • Planta o área de trituración y clasificación, que añade valor agregado y se acerca al consumidor al punto de acopio (tolvas o en montones “stockpile”).	Jornaleros (operadores de maquinaria, trasportistas, etc.) Intermediarios (casas distribuidoras)
	Trituración	El material en greña que se extrajo pasa por una trituradora, luego por una serie de mallas o cribas de diferentes aberturas para que el material caiga y se clasifique en diferentes puntos. Por otro lado, aunque no es tan común, también se puede triturar el material manualmente empleando principalmente picos y barretas. Para clasificarse puede emplearse el método de cribado estático o dinámico mediante cribas vibratorias y bandas transportadoras.	Jornaleros (obreros, operadores de maquinaria, etc.)
Quinto: trituración y clasificación	Clasificación	Los fragmentos con sobredimensión que no pasan la criba pasan por un segundo equipo de trituración o quebradora y se regresan al circuito de entrada, el resultado es la separación del material de acuerdo con su granulometría. Aunque también es posible que se realice una clasificación manual en la que directamente los trabajadores separan por tamaños el material.	Jornaleros (operadores de maquinaria, trasportista, supervisor, etc.)
	Almacenamiento	Una vez clasificado el material, se almacena en silos o tolvas que permitan cargar los camiones.	Jornalero (obreros, almacenistas, etc.)
Sexto: embarque y comercialización			Proveedores
	Comercialización	se da principalmente a nivel local con intermediarios o materialistas que lo comercializan al consumidor final. La venta puede ser por camión o por el peso destarado del embarque.	Distribuidores Comercializadores Consumidores finales

Fuente: Elaboración propio con base a la Coordinación General de Minería, 2015

2.1.5. Regulación normativa de la extracción de material pétreo

En México se ha tratado de regular la extracción de los recursos naturales de la nación, entre ellos los minerales, para tales efectos, durante el gobierno de Pascual Ortiz Rubio se emitió por primera vez la Ley Minera de los Estados Unidos Mexicanos el 7 de agosto de 1930, la cual fue derogada por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia de Explotación y Aprovechamiento de Recursos Minerales del 6 de febrero de 1961, que a su vez fue abrogada por la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Minera publicada el 22 de diciembre de 1975, que 17 años más tarde fue sustituida por Ley Minera expedida en el Diario Oficial de la Federación el 26 de junio de 1992, la cual a la fecha se encuentra vigente y que fue reformada por última vez el 11 de agosto de 2014 (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2014).

Sin embargo, actualmente dicha Ley no contempla lo referente a la extracción de materiales pétreos, a pesar de ser denominados como minerales, tal como se desprende de su Artículo 5 que a la letra dice “se exceptúan de su aplicación: El petróleo y los demás hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos, que se encuentren en el subsuelo; los minerales radiactivos; las sustancias contenidas en suspensión o disolución por aguas subterráneas, siempre que no provengan de un depósito mineral distinto de los componentes de los terrenos; las rocas o los productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales de construcción o se destinen a este fin; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación se realice por medio de trabajos a cielo abierto y la sal que provenga de salinas formadas en cuencas endorreicas”(Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2014).

Por último, dentro del marco regulatorio a nivel nacional, con base al Acuerdo de Reforma de Nomenclatura de las Normas Expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que se publicó en el DOF en 1998, se decretó la Norma Oficial Mexicana: NOM-120-SEMARNAT-1997, que instituye especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle

vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos; que se limita a regular únicamente la primera fase de la cadena de producción (Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca., 1998).

No obstante lo anterior, cabe señalar que la legislación local, como Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México y en específico el Código para la Biodiversidad del Estado de México (Gobierno del Estado de México, 2019), en su Libro Segundo “Del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y el Fomento al Desarrollo Sostenible”, si prevé su regulación, como se desprende de los artículos: 2.2, 2.7 y 2.8 de los Capítulos I, II y III, respectivamente, correspondientes al Título Primero “Disposiciones generales” y el artículo 2.67 del Capítulo V perteneciente al Título Segundo “De la Política Ambiental y sus Instrumentos”, los cuales se transcriben a continuación:

“Artículo 2.2. Son objetivos específicos de este Libro:

...

XIII. La regulación del aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la Federación que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su composición que solo puedan utilizarse para la fabricación de objetos ornamentales o materiales para la construcción, a efecto de que se desarrolle de conformidad con los criterios ambientales establecidos en las políticas del desarrollo sostenible;

...”. (sic).

“Artículo 2.7. Para el cumplimiento del objeto del presente Libro el titular del Poder Ejecutivo del Estado tendrá las siguientes atribuciones:

...

III. Expedir a propuesta de la Secretaría el Reglamento de este Libro sobre;

...

f) La regulación con criterios ecológicos del aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la Federación que constituyan depósitos de naturaleza semejante a los componentes de los terrenos, tales como rocas o

productos de su fragmentación o descomposición que solo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamentales.

...”. (sic).

“Artículo 2.8. Corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente:

....

VII. Emitir criterios ecológicos para el aprovechamiento de los minerales o sustancias no reservadas a la Federación y que solo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción, industria y ornamento;

...”. (sic).

“Artículo 2.67. Las personas físicas o jurídicas colectivas que pretendan la realización de actividades industriales, públicas o privadas, la ampliación de obras y plantas industriales existentes en el territorio del Estado o la realización de aquellas actividades que puedan tener como consecuencia la afectación a la biodiversidad, la alteración de los ecosistemas, el desequilibrio ecológico o puedan exceder los límites y lineamientos que al efecto fije el Reglamento del presente Libro, las normas técnicas estatales o las normas oficiales mexicanas deberán someter su proyecto a la aprobación de la Comisión de Factibilidad del Estado de México, siempre y cuando no se trate de obras o actividades que estén sujetas en forma exclusiva a la regulación federal. El procedimiento de evaluación técnica de factibilidad de impacto ambiental será obligatorio en sus modalidades de informe previo, manifestación de impacto ambiental y/o estudio de riesgo, mismos que serán emitidos por la Secretaría y estarán sujetos a la evaluación previa de ésta; asimismo las personas físicas o jurídicas colectivas estarán obligadas al cumplimiento de los requisitos o acciones para mitigar el impacto ambiental que pudieran ocasionar sin perjuicio del Dictamen Único de Factibilidad y otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes. Estarán particularmente obligados quienes realicen:

....

V. Exploración, explotación, extracción y procesamiento físico de sustancias minerales no reservadas a la Federación; ...” (sic).

En ese orden de ideas, es de mencionarse lo previsto en el Reglamento del citado Libro Segundo “Del Equilibrio Ecológico, la Protección al Ambiente y el Fomento al Desarrollo Sostenible”, que en su Título Cuarto “Del aprovechamiento y uso sostenible de los elementos y recursos naturales”, Capítulo II. “De la preservación, uso y aprovechamiento sostenible del suelo y sus recursos”, artículo 245 indica que los que exploren o manejen minerales o depósitos del subsuelo, están obligados a restaurar, reforestar y regenerar el suelo y subsuelo perjudicados, los entornos volcánicos y las estructuras geomorfológicas dañadas, en los términos del Código, así mismo en el artículo 316 del Capítulo XIV “De la protección y control de la contaminación del suelo”, Título Quinto “De la protección al ambiente”, se determina que para proteger y aprovechar el suelo se consideran diferentes aspectos, entre ellos en virtud de la fracción XI, las actividades de extracción de materiales de subsuelo; la exploración, explotación beneficios y aprovechamiento de sustancias minerales; excavaciones y aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales (Ejecutivo Estatal, 2015).

Aunado a lo anterior, en virtud que para el Gobierno mexiquense, la explotación de sustancias minerales no concesionables por la Federación, incluyendo la de materiales para construcción, es una actividad económica prioritaria, que se ha desarrollado irregularmente, ocasionando impactos adversos al ambiente y propiedades minadas abandonadas, que se les ha dado un uso clandestino para actividades negativas al entorno como tiraderos a cielo abierto; a través del Comité Estatal de Normalización Ambiental, en sesión ordinaria del 28 de junio de 2017, aprobó la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016, para regular la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado, misma que abroga a su similar NTEA-002-SMA-DS-2009, anunciada en el periódico oficial “Gaceta del Gobierno”, el 12 de noviembre del 2010 (Comité Estatal de Normalización Ambiental, 2017).

La NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016, fija especificaciones de protección ambiental, en la exploración, explotación y transporte de sustancias minerales no concesionables, en el territorio estatal y es obligatoria para los que tienen la responsabilidad de la propiedad o posesión de sitios de extracción o transportación de dichos materiales, así como para el titular de la autorización de explotación en materia de impacto ambiental y en lo que corresponda a los responsables de los depósitos de minerales no concesionables (Comité Estatal de Normalización Ambiental, 2017).

Por último, entre el marco regulatorio del aprovechamiento de minerales no concesionables del Estado de México, también se encuentra el “Instructivo para elaborar el expediente de la solicitud para obras y actividades de bajo impacto ambiental, el informe previo, la manifestación de impacto ambiental y el estudio de riesgo” que se hizo público el 27 de febrero de 2020 en la Gaceta del gobierno de la Entidad emitido por la Secretaría del Medio Ambiente, que precisa la información específica para diseñar la Manifestación de Impacto Ambiental de proyectos de explotación de bancos de materiales pétreos (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado del México, 2020), dejando claro que a nivel estatal, existe un marco regulatorio para el aprovechamiento de un grupo de minerales no metálicos, no concesionables (materiales pétreos de la construcción).

Finalmente, en ese mismo sentido, es de retomarse el concepto de (Olivera et al., 2018) en el que define a los minerales para la construcción (también considerados como materiales pétreos) como no concesibles al no requerir consentimiento de la Secretaría de Economía para ser aprovechados ya que su extracción se hace a cielo abierto y su concesión depende de las Entidades Federativas cuando se trata de canteras.

2.1.6. Impacto ambiental

La definición de impacto ambiental es relativamente moderna y puede considerarse como la alteración que se produce en el ambiente cuando se realiza

un proyecto o actividad (Espinoza, 2001). Sin embargo, en el 2015, Soriano lo denomina como una variación, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad o derivado de los efectos de las acciones humanas con implicaciones ambientales; aunque el término impacto no persistentemente implica negatividad, ya que también puede ser benéfico (Soriano, Ruiz, & Ruiz, 2015).

A su vez, Montes de Oca-Pérez y Rosario-Ferrer, un año antes, manifestaron que todas las actividades humanas ejercen sobre la naturaleza un impacto, comúnmente acometedor, que en muchas ocasiones la naturaleza no logra asimilar, produciéndose un deterioro permanente que afecta de diversas formas a los seres vivos que comparten el entorno donde se producen estas actividades (Montes de Oca-Pérez & Rosario-Ferrer, 2014).

Ahora bien, es de mencionarse que la legislación de protección al ambiente surge en México desde hace algunas décadas, actualmente en el Artículo 3 de la LGEEPA, se define al impacto como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, y señala a la Manifestación del Impacto Ambiental como el documento con el que se expone al impacto ambiental significativo y potencial que genera una obra o proyecto, así como los medios para evitarlo o atenuarlo si es de naturaleza negativa (Lara, 2013).

Según Perevochtchikova, 2013, fue hasta en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que se celebró en 1992, cuando el instrumento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) se aceptó y popularizó considerablemente en el mundo, y se exigió su inclusión en las agendas políticas de los países participantes, así que con base a este y otros pactos internacionales firmados, 191 países adoptaron el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental en su política pública ambiental. Sin embargo, según (Arriaga, 2012), en México, su implementación fue más lenta pero evolucionó con base a los enfoques predominantes en la gestión ambiental que rigieron el cambio legal e institucional bajo la influencia internacional en el ámbito de la protección ambiental (Perevochtchikova, 2013).

Por lo antes expuesto, podemos decir que la Evaluación de Impacto Ambientales es un procedimiento jurídico-administrativo que identifica, prevé e interpreta los impactos ambientales que un proyecto produce, y adicionalmente, plantea medidas de valoración, control y corrección de sus efectos impactantes (Lara, 2013).

Ese mismo año Álvarez y Morales, definen a la EIA, como un instrumento de política ambiental, que busca prevenir, mitigar y restaurar los daños al entorno, la regulación de obras o actividades para evitar o disminuir sus efectos negativos en el ambiente y salud humana, en vistas de su sustentabilidad, buscando que los proyectos no solo tomen en cuenta la factibilidad económica y el beneficio social, sino que aprovechen razonablemente los recursos naturales (Álvarez & Juan, 2013)

Estos mismos autores también muestran que la Evaluación del Impacto Ambiental, es un proceso propuesto para mejorar al método de toma de decisiones públicas, por lo que se aplica a actividades y proyectos de desarrollo que sean emprendidos, ya que es una de las primordiales herramientas para mejorar la viabilidad a largo plazo de muchos de ellos y que puede auxiliar, de manera significativa y definitiva, a impedir errores u omisiones que tengan altos costos ambientales, sociales y/o económicos (Álvarez & Juan, 2013)

2.1.7. Evaluación de Impacto Ambiental

Con el objeto de valorar la significancia de los efectos ambientales, se han desarrollado diferentes metodologías, entre ellas se encuentran: métodos de listas, redes de interacciones, matrices de interacciones, sistemas cartográficos, indicadores, análisis multicriterio, simulación y predicción, software y Ad-Hoc (Viloria Villegas, Cadavid, & Awad, 2018).

Sin embargo, con base a los propósitos planteados para esta investigación, se consideró pertinente emplear dos metodologías diferentes: Método de matriz de Leopold y el de matriz de Conesa, para calificar los impactos generados en el

área de estudio por la extracción de piedra, debido a sus bondades en la Evaluación de Impacto Ambiental en proyectos de infraestructura y/o productivos.

La construcción y diseño de ambas matrices se puede realizar mediante la recopilación de información de diferentes variables como: acciones causales de impacto que se desarrollan durante el aprovechamiento de material pétreo así como de los factores ambientales susceptibles al impacto, considerando estudios similares que se han desarrollado en el Estado de México, así como de la Guía para presentar la manifestación de impacto ambiental minero.

2.1.7.1. Método de Leopold

La matriz de Leopold es considerada de las primeras metodologías para calificar los impactos ambientales, consta de un cuadro de doble entrada en el que se ponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que causen los posibles impactos (Conesa, 2010).

Por su parte, el Instituto Mexicano de Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través de su documento “Impacto ambiental de proyectos carreteros. Efectos por la explotación de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes” propone emplear la metodología de la matriz de Leopold, así como de sus arreglos matriciales para la evaluación ambiental de este tipo proyectos, debido a que permite la identificación de impactos ambientales resultantes de la explotación de bancos de material y las medidas convenientes para su mitigación (SCT-INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, 2000). Hernández, Ulloa, & Rosario, 2011 muestran las bondades de esta metodología al emplearla en su estudio “Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de Construcción El Cacao”.

Este método permite estimar la importancia y magnitud de los impactos, consiste en un listado de actividades y/o acciones que pueden causar impactos ambientales y un listado de factores ambientales susceptibles al impacto “indicadores ambientales”, formando casilleros, que inicialmente se marcan

aquellos en los que se identifican impactos ambientales, los cuales posteriormente son distinguidos entre magnitud e importancia, en una escala establecida para su evaluación.

Comúnmente las acciones causales del impacto se identifican o agrupan considerando las diferentes etapas de los proyectos como: preparación del terreno; construcción; operación y mantenimiento y abandono. Por otro lado, la determinación de factores ambientales susceptibles al impacto se lleva a cabo principalmente con base a la metodología de Leopold y el capítulo V de la “Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular” de la SEMARNAT y estudios similares publicados.

En las columnas de la matriz se coloca la lista de actividades y/o acciones que tienen lugar en proyectos de extracción de material pétreo y que pueden producir impactos ambientales, mientras en las filas se enunciaron los factores susceptibles al impacto. Cada celda de la matriz creada representa el impacto ambiental causado por una interacción concreta entre una acción y un factor ambiental, el cual debe ser calificado respecto a su magnitud e importancia.

La magnitud del impacto se registra en la esquina superior izquierda de cada casilla y alude a su cantidad física, extensión o escala, si es grande o pequeño y puede ser positivo o negativo, se califica con una escala numérica de 1 a 10 (u otros valores que el evaluador asigne), como una forma cuantitativa de valorización, aunque también se pueden utilizar colores, símbolos, y otros, como un medio cualitativo de calificación. Sin embargo, para este estudio se calificó de 1 a 10, como lo describe el Dr. Luna Leopold y sus colegas donde el 10 representa la máxima magnitud y 1 la mínima y se indicó con un signo negativo (-) si el impacto es perjudicial.

A diferencia de la magnitud, la importancia solo recibe valores positivos que se registran en la esquina superior derecha de cada casilla y se refiere a la intensidad o grado de alteración, también se califica de 1 a 10, siendo que el valor de 10 representa la máxima importancia y 1 la mínima.

2.1.7.2. Método de Conesa

(Cacilda-Andre, Lastra-Rivero, & Acevedo-Rodríguez, 2019), manifiestan que en proyectos de explotación de minerales para la construcción, la matriz de Conesa es eficaz para establecer la importancia de cada elemento de los medios físico, biótico y socioeconómico ya que se pueden calificar los impactos ambientales perjudiciales y positivos detalladamente, lo cual contribuye a establecer mejores medidas para el ordenamiento ambiental.

Este método se apoya de la definición de distintos parámetros de evaluación que son valorados por el investigador para cada impacto ambiental reconocido, determinando su importancia, mediante la expresión $I = \pm (3 * i) + (2 * EX) + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC$, también descrita como $I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$. donde: *i* significa Intensidad, MO: Momento, RV: Reversibilidad, AC: Acumulación, PR: Periodicidad, EX: Extensión, PE: Persistencia, SI: Sinergia, EF: Efecto y MC: Recuperabilidad (Cacilda-Andre et al., 2019).

La matriz de importancia diseñada por Vicente Conesa en 1997, ofrece un valor cualitativo del impacto ambiental, considerando todos los factores ambientales susceptibles de recibir impactos (filas) y cada actividad o acción prevista en el proyecto a evaluar (columnas), con estos elementos se identifica el impacto ambiental creado por una acción simple de una actividad sobre un factor ambiental determinado (Conesa Fernandez-Vitora, 2010). A diferencia de la matriz de Leopold, Conesa establece una ecuación para calcular la importancia del impacto ambiental y el valor obtenido se registra en cada una de las casillas de la matriz, cada casilla de cruce entre acción y factor ambiental refleja el efecto que tiene cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado.

En el caso de la metodología de Conesa, se recomienda realizar una matriz individual para evaluar cada uno de los elementos que componen la ecuación de importancia del impacto, con el objeto de que posteriormente se componga una misma en la que se ejecute la fórmula de importancia del impacto.

A continuación, en el Cuadro 5. se describen los elementos que componen la ecuación de importancia del impacto (I), así como la asignación de valores para cada uno de ellos, de acuerdo con el modelo de valoración de Conesa:

Cuadro 5. Descripción y valoración de los elementos de la Ecuación (I)

Elemento	Descripción	Valoración	
Signo	Carácter positivo (+) o negativo (-) de las acciones que actúan sobre los diferentes factores.	Positivo	+
		Negativo	-
Intensidad (i)*	Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa.	Baja	1
		Total	12
Extensión (EX)	Área de dominio hipotético del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al medio, en que se manifiesta el efecto.	Puntual	1
		Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Critica	12
Momento (MO)	Tiempo entre la aparición de la acción y el inicio del efecto sobre el factor del medio considerado.	Largo plazo	1
		Medio plazo	2
		Inmediato	4
		Critico	8
Persistencia (PE)	Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y hasta que el factor afectado regresaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante medidas correctoras.	Fugaz	1
		Temporal	2
		Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que deja de actuar.	Corto plazo	1
		Medio plazo	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI)	Contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente general de la manifestación de los efectos simples, incitados por acciones que actúan paralelamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente.	Sin sinergismo	1
		Sinérgico	2
		Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Aumento creciente de la exposición del efecto, cuando perdura reiteradamente la acción que lo crea.	Simple	1
		Acumulativo	4
Efecto (EF)	Relación causa-efecto, o forma de expresión del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.	Indirecto	1
		Directo	4
Periodicidad (PR)	Regularidad de manifestación del efecto, sea de forma cíclica o recurrente, de modo impredecible en el tiempo, o constante de efecto continuo.	Irregular	1
		Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.	Recuperable	1
		inmediato	1
		Recuperable	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Fuente: Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero (Soriano et al., 2015)

El valor de la expresión I (importancia del impacto), determina su carácter y categoría: irrelevante, moderado, severo o crítico, según el caso (Cacilda-Andre et al., 2019). Considerando que el modelo con los valores extremos de la importancia de impacto (I) puede ir de 13 a 100, se designa la categoría de la siguiente manera:

- Bajo: Si el valor de I es menor a 25 y se asume que el daño es irrelevante en comparación con los aportes del proyecto, por lo que descartamos acciones para mitigar su efecto,
- Moderado: cuando I va de 26 a 49, se dice que el impacto no precisa de medidas de prevención, mitigación y/o compensaciones intensivas,
- Severo: Si I esta entre 50 y 74, se afirma que se requiere aplicar practicas correctoras o protectoras para aminorar el impacto, el tiempo de recuperación del entorno es prolongado y
- Critico: cuando el valor es >75 por lo tanto se infiere que la afectación está por encima del umbral aceptable, se genera una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales y no hay probabilidad de recuperación.

2.1.8. Comparación entre métodos de Evaluación de Impacto Ambiental

Para determinar estadísticamente si existe diferencia significativa entre dos métodos, en este caso matriciales para la EIA (matriz de Leopold y matriz de importancia o de Conesa), se considera factible y apropiado emplear una prueba no paramétrica, en específico la de rangos con signo Wilcoxon, que consiste en trabajar sobre la diferencia de cada par de valores obtenidos con los dos métodos, siempre y cuando no exista normalidad en los datos, de lo contrario es más eficiente emplear la prueba t de student para datos pareados.

La prueba de rangos con signo Wilcoxon busca probar la Hipótesis nula de igualdad entre dos medianas poblacionales, para ello, la variable debe ser continua y las observaciones emparejadas; es decir, que los datos deben ser de la misma muestra (Ramírez Ríos & Polack Peña, 2020). Para completar el

análisis de comparación, el estadístico de correlación con la transformación z de Fisher, permite determinar el porcentaje de similitud entre los métodos y reconocer que tan parecidos son los resultados de las dos EIA realizadas.

2.1.9. Evaluación de cumplimiento legal ambiental

Para calificar el cumplimiento de los requisitos normativos en materia ambiental competentes a la implementación, operación, mantenimiento y abandono de bancos de material pétreo en el Estado de México, primero se identificó el marco legal aplicable considerando Leyes, normas y reglamentos, de carácter federal, estatal y local.

Con la información recabada se diseñó una lista de chequeo, un método simple, de uso más rápido y frecuente, con el que se busca evaluar el cumplimiento de los lineamientos demandados de control ambiental que pueden ser calificados mediante inspecciones en campo durante el aprovechamiento de material pétreo.

Como resultado del análisis se identificaron 62 criterios de evaluación. Sin embargo, en vista de que los bancos de material pétreo distan en condiciones y etapas de operación, no todos los criterios podrán ser tomados en cuenta en cada uno de ellos, por ende, según el caso, algunos serán considerados como no aplica. El resultado del cumplimiento normativo se expresa en porcentaje, considerando al cien por ciento el número de criterios aplicables. Con un análisis detallado se puede lograr la identificación de las principales irregularidades u omisiones y su efecto sobre el impacto ambiental.

2.1.10. Áreas Naturales Protegidas

Contar con un sistema de áreas naturales protegidas se considera un elemento esencial en la política de conservación de la biodiversidad de cualquier país. Las ANP's son sitios que buscan mantener las condiciones físicas y bióticas similares a las que existían previo a la intervención humana demoledora sobre el medio ambiente (Íñiguez Dávalos, Leonor Jiménez Sierra, Sosa Ramírez, & Ortega Rubio, 2014), son espacios donde se preservan los elementos naturales

(especies, comunidades o ecosistemas) vulnerables debido principalmente a las acciones humanas, pudiendo protegerse una población de plantas o animales, hasta un conjunto de ecosistemas en riesgo (Pinkus Rendón, Pinkus Rendón, & Ortega-Rubio, 2014) .

En México, la creación de áreas naturales protegidas inicia en 1917, a través del establecimiento del Parque Nacional Desierto de los Leones. Durante la administración de Lázaro Cárdenas se fundaron alrededor de treinta parques nacionales lo que representó un aumento significativo (Riemann, Santes Álvarez, & Pombo, 2011). Sin embargo, en la actualidad el establecimiento de áreas de reserva se ha estado generalizando, en la actualidad se encuentran protegidas 90,838,011 hectáreas de las cuales 21,379,398 corresponden a zonas terrestres y el resto (69,458,613) a áreas marinas, las primeras representan el 10.88% de la superficie terrestre nacional (CONANP, 2021).

En nuestro país, actualmente la definición de las áreas naturales protegidas, así como de sus categorías, objetivos y zonificaciones se indican en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), donde también se indican las atribuciones de la nación para decretar áreas protegidas y atestiguar su conservación, pero también se indica que se pueden incluir terrenos y recursos naturales cuyos poseedores sean privados o comunales (Íñiguez Dávalos et al., 2014).

Con base al Artículo 46 de la LGEEPA, en México las áreas naturales protegidas se catalogan legalmente en seis : parques nacionales, reservas de la biosfera, áreas de protección de flora y fauna, santuarios, áreas de protección de recursos y monumentos naturales (Vargas del Río et al., 2014). De acuerdo con la última actualización de la CONANP, la categoría con mayor número de ANP'S es la de parques nacionales, ya que se han decretados 67, pero la que abarca mayor extensión territorial es la de reserva de la biósfera con un total de 62,952,750.5 ha decretadas (CONANP, 2021).

Para un manejo óptimo de las ANP, México utiliza un esquema completo de zonificación, con objetivos distintos de manejo para las zonas y subzonas determinadas en cada área natural protegida, enfocado en la preservación del medio ambiente, pero que también gestiona y administra las diferentes actividades que se pueden realizar, buscando su compatibilidad con la vocación del sitio y un enfoque sustentable (Íñiguez Dávalos et al., 2014).

Las zonas se categorizan en dos tipos: zonas núcleo (espacios de protección estricta, su propósito es preservar los ecosistemas) y zonas de amortiguamiento (sitios que buscan regular las actividades de aprovechamiento hacia el desarrollo sustentable); en la declaratoria de creación de cada ANP se definen dichas zonas, mientras que las subzonas se precisan detalladamente en su programa de manejo indicando las actividades permisibles y no permisibles dentro de cada una, así como las reglas de operación (Íñiguez Dávalos et al., 2014).

Las reglas de operación de cada ANP también promueven el bienestar para las comunidades que en ellas se asienta. Sin embargo, se ha reconocido que las condiciones de pobreza de estas tienen un efecto contrario a los objetivos del ANP, ya que se ha expresado que pueden exacerbar las condiciones de miseria, bajo el supuesto de que los proyectos de conservación limitan el acceso a los recursos naturales y reprimen posibilidades de desarrollo económico de las comunidades rurales, pero poco se sabe sobre las secuelas sociales que las restricciones en la explotación de los recursos imponen a los habitantes de estas áreas (Riemann et al., 2011).

Comúnmente, las poblaciones que se encuentran dentro de un área natural protegida desarrollan diferentes actividades en los sectores primario, secundario y terciario, aunque en las áreas núcleo se pretende evitar la presencia humana, excepto para investigación, mientras que en las zonas de amortiguamiento, se pueden llevar a cabo actividades de manejo y aprovechamiento de recursos naturales siempre y cuando generen un mínimo de impacto ambiental y bajo una directriz sustentable (Riemann et al., 2011).

La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development), reconocida como Comisión Brundtland, define al “Desarrollo Sustentable” como aquel que garantiza las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de generaciones futuras para satisfacer sus propios requerimientos”, bajo este enfoque, la sustentabilidad se plantea como alternativa a la degradación ambiental, que busca corregir las fallas y evitar nuevas problemáticas. Por otro lado, también se puede definir que el desarrollo sustentable constituye un modelo de producción racional, cuyo propósito principal es salvaguardar los recursos naturales, con base en tres principios: el bienestar humano, el bienestar ecológico y las interacciones establecidas a través de políticas públicas en materia de población, equidad, distribución de la riqueza, desarrollo económico, producción y consumo y ejercicio de gobierno. (Guevara, Téllez, & Flores, 2015).

2.2. MARCO DE REFERENCIA

En esta sección se muestran diferentes trabajos realizados en torno a Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos de minería a cielo abierto para extraer materiales para la construcción, lo que nos permite entender los efectos que ocasiona (económica, social y ambientalmente) este tipo de actividad, ya que, si bien es cierto que se han realizado varios trabajos acerca del impacto ambiental en diversas actividades productivas, no existe tanta información respecto a la actividad minera de recursos no metálicos y/o no concesionables y por ende tampoco de la extracción de materiales pétreos para la construcción y su impacto sobre el ambiente.

2.2.1. Análisis bibliométrico

Consecuencia de lo antes expuesto, se procedió a generar un marco de referencia mediante un estudio bibliométrico, tomando como fuente principal la base de datos online del buscador científico Scielo, para ello se emplearon tres palabras *ENVIRONMENTAL IMPACT and MINING* (se incluyó el operador

booleano AND con el propósito de obtener resultados más precisos), sumado a ello para que nuestras referencias fueran actuales, se activaron los filtros necesarios para definir la búsqueda para un periodo de diez años (2010-2020), por lo que, como resultado de la exploración se obtuvo el hallazgo de 62 estudios diferentes, de los cuales el 29% fue publicado durante el segundo semestre del 2020, periodo en el que también se mantuvo desarrollado la presente investigación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Publicaciones por año sobre Impacto Ambiental y minería.

Año	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	Total
Publicaciones	0	18	0	9	9	0	7	10	6	0	0	3	62
Porcentaje	0%	29%	0%	15%	15%	0%	11%	16%	10%	0%	0%	5%	100%

Fuente: Elaboración propia, con relación a los datos de búsqueda de Scielo

A continuación, en el Cuadro 7, se muestran las publicaciones disponibles en el buscador Scielo sobre minería e impacto ambiental.

Cuadro 7. Resultado de búsqueda “environmental impact and mining”.

Título de la publicación	Autor (es)
Bucaramanga, entre la sobreexplotación minera o la preservación del agua en el páramo de Santurbán	Acevedo-Tarazona, Álvaro
Tratamiento de suelos mineros mediante co-compostaje con Biochar, estiércol ovino y residuos orgánicos domiciliarios	Díaz, Luís, Laguna, Hotman, Gutiérrez, Yenireth, Melo, Aslenis, Vega, Ana
Diagnóstico ambiental de una antigua mina de tungsteno en Argentina	Marchevsky, Natalia J., Giubergia, Andrea, Beninato, Miguel Ángel
Desempeño sustentable y resultados de excelencia administrativa en minas pétreas en el Estado de México 2019: un estudio exploratorio	Rueda-Mijangos, Jovanny Fernando, Mercado-Salgado, Patricia
Design and implementation of an alternative process for the manufacture of bricks from gold mine tailings	Valdez Loaiza, Juan, Aguilar Franco, José, Sánchez Vargas, Lourdes, Alatriza Góngora, Giovani, Figueroa Dianderas, Alexia Pardo
Despojo, conflictos socioambientales y violación de derechos humanos. Implicaciones de la gran minería en América Latina	Muñoz-Duque, Luz Adriana, Osorno, Margarita María Pérez, Vargas, Angie Betancur
El desarrollo sostenible como política en Colombia: un análisis crítico desde la protección de los páramos	Gómez-Rey, Andrés, Vargas-Chaves, Iván, Rodríguez, Gloria Amparo
Análisis de los costos ambientales en una empresa minera en el Ecuador	López Jara, Ana Alexandra, Mayorga Díaz, Mónica Patricia

Título de la publicación	Autor (es)
Ordenamiento de la minería de materiales para la construcción en Namibe (Angola): escombrera para la cantera Bibala	Guerrero-Almeida, Diosdanis, Hernández-Columbié, Teresa, Fernández-Damiaio, Igor
Tensile strength sensitivity of thin spray-on liners to changes in environmental conditions	Kanda, M.J., Stacey, T.R.
Seasonal and spatial variation of trace elements in sediments of three chilean basins	Copaja, Sylvia V., Tessada, Roxana M.
La actividad minera del siglo xx en el valle de Oaxaca: riesgos de salud pública de hoy	Von Thaden Ugalde, Hugo Adalberto, Robles, Celerino, Fuente Carrasco, Mario Enrique
Mercurio en un arroyo altoandino con alto impacto por minería aurífera artesanal (La Rinconada, Puno, Perú)	Loza del Carpio, Alfredo Ludwig, Ccancapa Salcedo, Yenny
The indigenisation of eco-theology: The case of the Lamba people of the Copperbelt in Zambia	Chibuye, Lackson, Buitendag, Johan
Perceptions of external costs of dust fallout from gold mine tailings: West Wits Basin	Mpanza, Mbalenhle, Adam, Elhadi, Moolla, Raeesa
Crecimiento de <i>fraxinus uhdei</i> inoculado con dos cepas ectomicorrízicas en dos sustratos, uno contaminado con mercurio	Pérez Baltazar, Ivett, Báez-Pérez, Ana Laura, Osuna-Vallejo, Verónica, Armendáriz-Arnez, Cynthia, Lindig-Cisneros, Roberto
Total fungi and yeast distribution in soils over native and modified vegetation in central Brazil	Moreira, Geisianny Augusta Monteiro, Pires, Elisa Catão Caldeira, Barreto, Cristine Chaves, Vale, Helson Mario Martins do
Vivienda saludable en contextos de explotación aurífera: El caso de tres municipios del Occidente Antioqueño	Hoyos-López, Alejandra, Rúa-Vásquez, Luisa Fernanda, Manco, Lorena, Machado, Máxima, Pérez, Margarita, Agudelo, Ruth Marina
Inteligencia artificial para determinar si el empleo de gas natural licuado en el short sea Shipping es una apuesta social	Molina Serrano, Beatriz, González Cancelas, Nicoleta, Soler Flores, Francisco
Poder y crisis: ciclos de explotación y no-explotación minera en Cerro de San Pedro, México, y sus ecos contemporáneos (1950-2009)	Schiaffini, Hernán Horacio
Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental	Ríos, Ricardo Viana
Valor de conservación en bosques de comunidades indígenas: un estudio de caso en la amazonia peruana, San Jacinto y Puerto Arturo	Alarcón Aguirre, Gabriel, Díaz Revoredo, Jorge Luis, Vela Da-Fonseca, Mauro, Quiñonez Almiron, Juan José, Zevallos Pollito, Percy Amílcar, Gutiérrez Alberoni, José Dante
La fiebre del ámbar en Chiapas. La minería en una región agraria	Toledo Tello, Sonia
Evaluación de impacto ambiental de la cantera "La represa", en la provincia de San Luis, Argentina	Marchevsky, Natalia Judith, Giubergia, Andrea Alejandra, Ponce, Néstor Hugo
Minería urbana en San Carlos de Bariloche: identificación y caracterización de canteras	Roncallo, Luciana, Rovere, Adriana E.

Título de la publicación	Autor (es)
Trayectoria multinivel de una coalición promotora e incidencia en la agenda política nacional. El caso del conflicto de Pascua Lama y la Ley de glaciares en Chile	Cortez, Mauricio, Maillet, Antoine
Utilización de microalgas de la división <i>Chlorophyta</i> en el tratamiento biológico de drenajes ácidos de minas de carbón	Devia Torres, Darkys, Cáceres Sepúlveda, Sindy, Roa, Alba Lucía, Suárez Gelvez, Jonh Hermogenes, Urbina Suárez, Néstor Andrés
Aportes teórico-metodológicos para un sistema de alerta temprana de conflictos socioambientales. Experiencias en torno al proyecto mirador, Ecuador	Sánchez Vázquez, Luis, Eguiguren Riofrío, María Beatriz
Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental ciudadana basada en macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del Jequetepeque (Cajamarca, Perú)	Flores Rojas, Diana, Huamantincó Araujo, Ana
Análisis del ciclo de vida de la explotación de carbón en la cuenca del Sinifaná, Antioquia	Cardona Trujillo, Harold, Carmona García, Uriel Fabián
Calidad de vida relacionada con la salud en población minera de Boyacá	Cely-Andrade, José L., García-Ubaque, Juan C., Manrique-Abril, Fred
Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de maltería en Manizales, Colombia	Flórez-Yepes, Gloria Yaneth, Rincón-Santamaría, Alejandro, Cardona, Pablo Santiago, Alzate-Alvarez, Angela María
Estado de derecho y control jurisdiccional: desafíos y tensiones	Candia Falcón, Gonzalo, Urbina, Francisco Javier
Geoquímica y mineralogía de los jales del Distrito minero Tlalpujahua-el oro, México, y sus implicaciones de impacto ambiental	Corona-Chávez, Pedro, Maldonado, Roberto, Ramos-Arroyo, Yann René, Robles-Camacho, Jasinto, Lozano-Santacruz, Rufino, Martínez-Medina, Mónica
Cortezas de <i>Prosopis laevigata</i> (fabaceae) y <i>Schinus molle</i> (anacardiaceae) como bioindicadoras de contaminación por metales pesados	Alcalá Jáuregui, Jorge, Rodríguez Ortiz, Juan C., Hernández Montoya, Alejandra, Díaz Flores, Paola Elizabeth, Filippini, Maria Flavia, Martínez Carretero, Eduardo
The technical hope: noise, silence and proliferation of technical texts in an environmental controversy	Yrivarren, Joaquín
Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del Río Grijalva, frontera México-Guatemala	Laino-Guanes, Rafaela María, Bello-Mendoza, Ricardo, González-Espinosa, Mario, Ramírez-Marcial, Neptalí, Jiménez-Otárola, Francisco, Musálem-Castillejos, Karim
Estudios cts en el desarrollo del sistema de información de incidentes y accidentes ambientales en el sector industrial	Peña González, Yanet, González Roblejo, Magbys, Nuñez Torres, Edgar
El gas de lutitas (shale gas) en México: recursos, explotación, usos, impactos	De La Vega Navarro, Angel, Ramírez Villegas, Jaime
Metodología para la evaluación del impacto paisajístico residual de una mina de carbón a cielo abierto en el valle de Laciana (España)	Alberruche-Del Campo, María Esther, Arranz-González, Julio César, Rodríguez-Gómez, Virginia, Fernández-Naranjo, Francisco Javier,

Título de la publicación	Autor (es)
	Rodríguez-Pacheco, Roberto, Vadillo-Fernández, Lucas
Ecofeminismo, mujeres y desarrollo sustentable: el caso de la Sierra de Santa Rosa en Guanajuato	Saldaña Tejeda, Abril
Procedimiento para la recuperación del área minada en el yacimiento grava - arena Río Sagua, Holguín. Cuba	Oca-Risco, Alexis Montes De, Ulloa-Carcassés, Mayda, García-Cruz, Suraymi
Procesos transnacionales en el salar de atacama-norte de Chile: los impactos de la minería y el turismo en las comunidades indígenas atacameñas	Bolados García, Paola
Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la cantera villa gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.	García Ubaque, César Augusto, García Vaca, María Camila, Agudelo Rodríguez, Carlos Fernando
Percepciones y realidades de la contaminación en la comunidad minera San José de Avino, Durango	Corral-Bermúdez, María De Lourdes, Rivera-Quintero, Noelia, Sánchez-Ortiz, Eduardo
Más allá de las migraciones internas. Destierro y despojo en la guerra	Osorio Pérez, Flor Edilma
Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo, Cuba	Hernández-Jatib, Naisma, Ulloa-Carcasés, Mayda, Almaguer-Carmenate, Yuri, Ferrer, Yiezenia Rosario
Contaminación por mercurio en aire del distrito minero de san martín de loba en el Departamento de Bolívar, Colombia	Olivero-Verbel, Jesús, Young-Castro, Fredys, Caballero-Gallardo, Karina
Entre dos aguas: identidad moral en la relación entre corporaciones mineras y la comunidad indígena de Toconce en el desierto de Atacama	Carrasco Moraga, Anita
El enfoque extractivo del derecho ambiental y los desafíos del concepto de "pueblos indígenas"	López-Zamora, Luis A.
Micromamíferos, cambio climático e impacto antrópico: ¿cuánto han cambiado las comunidades del sur de América del Sur en los últimos 500 años?	Teta, Pablo, Formoso, Anahí, Tammone, Mauro, De Tommaso, Daniela C., Fernández, Fernando J., Torres, Julio, Pardiñas, Ulyses F. J., Santos-Jallath, José E., Coria-Camarillo, Jhonnatan, Huezo-Casillas, José De Jesús, Rodríguez-Cruz, Geovanni
Influencia de jales mineros sobre el río Maconí, Querétaro, y evaluación del proceso de atenuación natural por dispersión	Montes De Oca-Risco, Alexis, Ulloa-Carcassés, Mayda
Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera los guaños, Santiago de Cuba, Cuba	Hernandez Cordoba, Oscar Dario, Castro Herrera, Fernando, Paez Melo, Martha
Bioacumulación de mercurio en larvas de anuros en la zona afectada por la minería de oro en el río Dagua, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia	Delgado Ramos, Gian Carlo
Costos ecológicos de la minería aurífera a cielo abierto y resistencia social: una lectura desde el proyecto caballo blanco en México	Alcalá Jáuregui, Jorge, García Arreola, María Elena, Rodríguez Ortiz, Juan C., Beltrán Morales, F. Alfredo, Villaseñor Zuñiga, María Elena, Rodríguez
Vegetación bioindicadora de metales pesados en un sistema semiárido	

Título de la publicación	Autor (es)
	Fuentes, Humberto, Hernández Montoya, Alejandra
Presencia del oso andino <i>tremarctos ornatus</i> (<i>Carnivora: ursidae</i>) en el corredor de conservación Vilcabamba-amboró, sureste del Perú	Figueroa, Judith, Stucchi, Marcelo
Corteza de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Schinus molle</i> como bioindicador de contaminación atmosférica en cinco usos de suelo, San Luis Potosí, México	Alcalá, Jorge, Rodríguez, Juan C., Tiscareño, Miguel A., Hernández, Alejandra, Tapia, J. Jesús, Lara, J. Luis, Avila, Cecilia
Erosión y manejo costero en las toninas, Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires	Marcominii, Silvia C, López, Ruben A
Cooperación en el campo de la pequeña minería en Sudamérica: el papel de las ONGs	Mesa, Claudia, Alfonso, Pura, Monterde, Eva, Costa, Marc

Fuente: Elaboración propia, con datos de Scielo Scientific Electronic Library Online

2.2.2. Referencias sobresalientes

Una vez analizadas las 62 publicaciones anteriores, se identificaron únicamente los estudios relevantes para la presente investigación, ya que tienen un enfoque directo sobre la actividad minera y sus impactos ambientales, evidenciando metodologías para la evaluación de impacto ambiental e identificado impactos negativos generados por este tipo de actividad, por ende se mencionan a continuación, en el Cuadro 8, las principales aportaciones de cada uno.

Cuadro 8. Estudios con enfoque directo sobre Impacto Ambiental y Minería.

Titulo	Datos relevantes	Referencia
Diagnóstico ambiental de una antigua mina de tungsteno en Argentina	La estimación del impacto ambiental de la mina Los Cóndores, se realizó en su etapa de abandono con una matriz de doble entrada, y las casillas de cruce están en función del Pasivo Ambiental (IM) con la ecuación: $IM=NA(EMG+2EX+DR+PE+RC+RV+PO+TD+TI)$ y los clasifica como irrelevantes, moderados, severos o críticos. Los resultados indicaron que el componente ambiental con afectación severa es el físico.	(Natalia J Marchevsky, Giubergia, & Beninato, 2020)

Titulo	Datos relevantes	Referencia
Desempeño sustentable y resultados de excelencia administrativa en minas pétreas en el Estado de México 2019: un estudio exploratorio	Las minas de material pétreo en el Edo. M��x, se enfocan en los resultados empresariales a corto plazo y no en su desempeño ambiental. Los factores que priorizan son los sociales respecto a los ambientales. A pesar de que las prácticas de desempeño sustentable favorecen los resultados de las mineras, se aplican muy poco pero su efecto es notable en el desempeño sustentable económico.	(Rueda-mijangos & Mercado-salgado, 2020)
Ordenamiento de la minería de materiales para la construcción en Namibe (Angola): escombrera para la cantera Bibala	Se realiza el ordenamiento de la actividad minera de la cantera de materiales de construcción Bibala, para diseñar y habilitar una escombrera para el manejo de los residuos generados por la actividad minera, con el propósito de minimizar el impacto adverso por la disposición de escombros. El desarrollo de la escombrera reduce a 120 m la distancia de trasportación del escombros y disminuye el impacto sobre el paisaje ya que se trabaja sobre las grandes cavidades generadas y se contempla un programa de manejo ambiental con su respectivo monitoreo,	(Guerrero-almeida & Hernández-columbié, 2020)
Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque Socioambiental	A pesar de la relevancia del sector minero en América Latina y el Caribe de no tomarse los aspectos socioambientales, se acumularán conflictos en el desarrollo del sector minero. El precio de los problemas socioambientales ocasiona pérdidas empresariales, inseguridades en el desarrollo, limita la inversión extranjera.	(Viana Ríos, 2018)
Evaluación de Impacto Ambiental de la Cantera "La Represa", en la Provincia de San Luis, Argentina	La evaluación de Impacto ambiental pronostica los efectos que tiene el desarrollo de una actividad en el medio ambiente, para ello se puede utilizar una matriz para valorar los impactos considerando caracteres de los pasivos ambientales que se introducen para generar el índice llamado importancia del pasivo ambiental (IM) para establecer impactos críticos. Con la metodología se determinó que el paisaje es el elemento ambiental con afectación dañina crítica en la explotación de la cantera a pesar de mejorar la calidad de vida de los pobladores.	(Natalia Judith Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018)
Evaluación y Diagnóstico de Pasivos Ambientales Mineros en la Cantera Villa Gloria en la Localidad	La metodología de Gómez Orea consta de una matriz de impacto que correlaciona el pasivo ambiental con los componentes del ambiente, con el esquema de incidencias y dependencias, se considera cada componente con sus indicadores,	(García, García, & Agudelo, 2014)

Titulo	Datos relevantes	Referencia
de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C.	donde los componentes ambientales se sitúan en las columnas y el pasivo a evaluar en filas.	
Evaluación Ambiental asociada a la Explotación del Yacimiento de Materiales de Construcción La Inagua, Guantánamo, Cuba	Esta matriz concede una valoración cualitativa y una cuantitativa de los elementos e identifica el impacto generado. Para la Evaluación de Impacto Ambiental de yacimientos de materiales de construcción se proponen 7 etapas clave: 1. Análisis del proyecto, 2. Definición del ámbito y diagnóstico ambiental, 3. Identificación de acciones 4. Reconocimiento de los factores del medio susceptibles a impactos 5. Identificación y predicción de impactos 6. Valoración de impactos, 7. Medidas de mitigación y correctoras.	(Hernández-Jatib, Ulloa-Carcasés, Almaguer-Carmenate, & Ferrer, 2014)
Análisis Multitemporal de las Coberturas Vegetales en el Área de Influencia de las Minas de Oro Ubicadas en la Parte Alta del Sector de Maltería en Manizales, Colombia	Para analizar impactos ambientales ocurridos a través del tiempo, se puede conocer la evolución de los ecosistemas por medio de Sistemas de Información Geográfica-SIG; mediante la digitalización de fotografías y del programa ArcGIS para procesar la información para conocer las variaciones en el tiempo de las coberturas vegetales y la influencia de las actividades productivas sobre las áreas boscosas.	(Flórez-Yepes, Rincon-Santamaría, Cardona, & Alzate-Alvarez, 2017)
Recuperación de Áreas Dañadas por la Minería en la Cantera Los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba	La minería a cielo abierto es un tipo de disturbio antrópico que perturba todos los factores del ecosistema. Cuando la extracción de materiales se realiza irracionalmente y sin planeación, los problemas después del abandono serán muy severos debido a la inestabilidad de los taludes que producirán deslizamientos, que hasta pueden causar pérdidas humanas así como la del suelo superficial, contaminación de las aguas superficiales, emisiones de polvo y ruido.	(Montes de Oca-Risco & Ulloa-Carcasés, 2013)

Fuente: Elaboración propia, con datos de Scielo Scientific Electronic Library Online.

2.3. LITERATURA CITADA

- Álvarez, A., & Juan, M. (2013). La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), conforme al Reglamento y Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en México. *Revista Desarrollo Local Sostenible*. www.eumed.net/rev/delos/16
- Cacilda-Andre, J., Lastra-Rivero, J. F., & Acevedo-Rodríguez, P. (2019). Impactos ambientales de la explotación mecanizada de materiales para la construcción en Sumbe (Angola). *Minería y Geología*, 35(3), 338–357.
- Chan Yam, J. L., Solís Carcaño, R., & Moreno, É. I. (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería*, 7(2), 39–46.
- Comité Estatal de Normalización Ambiental. (2017). NORMA TÉCNICA ESTATAL AMBIENTAL NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016, QUE REGULA LA EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y TRANSPORTE DE MINERALES NO CONCESIONABLES EN EL ESTADO DE MÉXICO. *Gaceta del Gobierno del Estado de México*.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4º). Madrid, España: MUNDI-PRENSA.
- Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). LEY MINERA. *Diario Oficial de la Federación*.
- Dirección General de Desarrollo Minero. (2015). Estudio De La Cadena Productiva De Los Materiales Pétreos. Coordinación General de Minería. Secretaría de Economía, p. 37.
- Ejecutivo Estatal. (2015). Reglamento del Libro Segundo del Código para la Biodiversidad del Estado de México (p. 85). p. 85. *Gaceta del Gobierno del Estado de México*.
- Flórez-Yepes, G. Y., Rincon-Santamaría, A., Cardona, P. S., & Alzate-Alvarez, A. M. (2017). Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colombia. *DYNA (Colombia)*, 84(201), 95–101. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>
- García, C. A., García, M. C., & Agudelo, C. F. (2014). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. *Investigación*, 18(42), 90–102.
- Gobierno del Estado de México. (2019). Código para la Biodiversidad del Estado de México. *Gaceta del Gobierno del Estado de México*.
- Guerrero-almeida, D., & Hernández-columbié, T. (2020). Ordenamiento de la minería de materiales para la construcción en Namibe (Angola): escombrera para la cantera Bibala. *Minería y Geología*, 36(2), 204–217.

- Guevara, M. L., Téllez, M. B., & Flores, M. de L. (2015). Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales desde la visión de las comunidades indígenas: Sierra Norte del Estado de Puebla Sustainable use of natural resources from the perspective of indigenous communities: Revista Electrónica Nova Scientia, 7, 511–537.
- Hernández-Jatib, N., Ulloa-Carcasés, M., Almaguer-Carmenate, Y., & Ferrer, Y. R. (2014). EVALUACIÓN AMBIENTAL ASOCIADA A LA EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN LA INAGUA, GUANTÁNAMO, CUBA. Revista Luna Azul.
- INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). Minería.
- Íñiguez Dávalos, L., Leonor Jiménez Sierra, C., Sosa Ramírez, J., & Ortega Rubio, A. (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. Investigación y Ciencia, 22(60), 65–70.
- Lara, J. D. (2013). Desviaciones Del Instrumento Formal 'Manifestación De Impacto Ambiental' En México. Luna Azul, (37). <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.14>
- Marchevsky, Natalia J, Giubergia, A., & Beninato, M. Á. (2020). Diagnóstico ambiental de una antigua mina de tungsteno en Argentina. Minería y Geología, 36(3), 328–341.
- Marchevsky, Natalia Judith, Giubergia, A. A., & Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. Tecnura, 22(56), 51–61.
- Milesi, A. (2016). De recursos naturales a bienes comunes: La minería a cielo abierto. Avá, n° 20. <Http://Www.Ava.Unam.Edu.Ar/Images/20/Pdf/N20a02.Pdf>.
- Montes de Oca-Pérez, A., & Rosario-Ferrer, Y. (2014). Ontología de evaluación de impacto ambiental para proyectos mineros. Minería y Geología, 30(1), 104–116.
- Montes de Oca-Risco, A., & Ulloa-Carcassés, M. (2013). Recuperación De Áreas Dañadas Por La Minería En La Cantera Los Guaos, Santiago De Cuba, Cuba. Luna Azul, (37), 74–88. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.6>
- Olivera, B., De la Fuente, A., Llano, M., Benumea, I., Sandoval, A., & Terry, W. (2018). Las Actividades Extractivas en México: minería e hidrocarburos hacia el fin del sexenio. 146. <https://fundar.org.mx/mexico/pdf/AnuarioExtractivas2017.pdf>
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Gestión y Política Pública, 22 (2), 283–312. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-

10792013000200001&lng=es&tlng=es.

- Pinkus Rendón, M. J., Pinkus Rendón, M. Á., & Ortega-Rubio, A. (2014). Recomendaciones para el manejo sustentable en las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia*, (60), 102–110. <http://www.redalyc.org/pdf/674/67431160013.pdf>
- Ramírez Ríos, A., & Polack Peña, A. M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de La Ciencia*, 10(19), 191–208.
- Riemann, H., Santes Álvarez, R. V., & Pombo, A. (2011). El papel de las áreas naturales protegidas en el desarrollo local El caso de la península de Baja California. *Gestión y Política Pública*, 20(664), 141–172. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/133/13321098004.pdf>
- Rueda-mijangos, J. F., & Mercado-salgado, P. (2020). Desempeño sustentable y resultados de excelencia administrativa en minas pétreas en el Estado de México 2019: un estudio exploratorio. *Minería y Geología*, 36(3), 268–283.
- Sánchez-crispin, Á., & Sánchez-salazar, M. T. (1988). LA MINERIA NO-METALICA EN MÉXICO: VISIÓN GEOGRÁFICO-ECONÓMICA CONTEMPORANEA Álvaro SÁNCHEZ-CRISPIN Maria Teresa SÁNCHEZ-SALAZAR *. Instituto de Geografía, UNAM.
- SCT-GACM-AMF. (2014). Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.
- SCT-INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE. (2000). Impacto ambiental de proyectos carreteros . Efectos por la explotación de bancos de materiales y construcción de cortes y terraplenes. (145), 87. <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt145.pdf>
- Secretaría de Comunicaciones y Trasnsportes. (2017). Inventario de Bancos de Materiales 2017 (Información bsica sobre localización y aprovechamiento de bancos de materiales pétreos para construcción y mantenimiento de carreteras).
- Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. (1998). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-120-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN MINERA DIRECTA, EN ZONAS CON CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS EN DONDE SE DESARROLLE VEGETACIÓN DE MATORRAL XEROFILO, BOSQ. Diario Oficial de La Federación DOF, p. 11. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Seretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado del México. (2020). Instructivo para elaborar el expediente de la solicitud para obras y actividades de bajo impacto ambiental, el informe previo, la manifestación de impacto ambiental y el estudio de riesgo (p. 30). p. 30. Gaceta del Gobierno del Estado de México.

- Servicio Geológico Mexicano SGM. (2019). Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2018. (p. 544). p. 544.
- Sonhi-Manassa, M. F., Polanco-Almaza, R. G., & Legrá-Lobaina, A. A. (2019). Optimización económica de la transportación con camiones en una mina a cielo abierto profunda. *Minería y Geología*, 35(1).
- Soriano, Lady, Ruiz, M. E., & Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 18(2), 99. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12102>
- Valencia García, E. A. (2017). Propuesta de Rehabilitación Ambiental con enfoques de Sustentabilidad y Resiliencia en Calimaya, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vargas del Río, D., Brenner, L., SEMARNAT, Schoendube, B. B., Sánchez Jasso, J. M., Abellán, F. C., ... Ojeda Revah, L. (2014). Las áreas naturales protegidas de México Protected Areas of Mexico . *Cuadernos de Turismo*, II(August 2015), 339–365. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572013000100002&script=sci_arttext
- Viana Ríos, R. (2018). Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 617–631. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1066>
- Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28(<https://doi.org/10.18359/rcin.2941>), 121–156.

CAPÍTULO III

EXTRACCIÓN DE MATERIALES PÉTREOS COMO ACTIVIDAD DE APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE EN UN ÁREA NATURAL PROTEGIDA

3.1 RESUMEN

En México como en otros países se implementó un sistema de áreas naturales protegidas con el propósito de conservar la biodiversidad y a su vez promover el aprovechamiento sustentable de recursos naturales siempre y cuando sea compatible con la vocación del ecosistema. Sin embargo, es difícil reconocer un balance entre protección y desarrollo sustentable cuando se refiere a la extracción de material pétreo, ya que la minería en general se ha reconocido por sus efectos negativos al medio ambiente. Sin embargo, en el presente estudio se muestra un caso particular de aprovechamiento de piedra en el Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, México, México, donde con base a la evaluación de impacto ambiental que se realizó por medio de la matriz de Conesa y la valoración del cumplimiento normativo ambiental a través de un checklist, los resultados evidenciaron que la operación de la mina de material pétreo genera un impacto bajo y su desempeño ambiental respecto a sus requerimientos legales es del 86%, por lo que se denominó como una actividad de aprovechamiento sustentable compatible con las directrices establecidas en el Programa de Manejo del Área Natural Protegida a la que pertenece.

Palabras clave: evaluación de impacto ambiental, subzonificación, sustentabilidad, banco de material pétreo, cumplimiento ambiental.

EXTRACTION OF STONE MATERIALS AS A SUSTAINABLE USE ACTIVITY IN A PROTECTED NATURAL AREA

3.2 ABSTRACT

In Mexico, as in other countries, a system of protected natural areas was implemented with the purpose of conserving biodiversity and in turn promoting the sustainable use of natural resources, as long as it is compatible with the vocation of the ecosystem. However, it is difficult to recognize a balance between protection and sustainable development when it comes to the extraction of stone material, since mining in general has been recognized for its negative effects on the environment. However, this study shows a particular case of stone use in the Ejido Sabana del Rosario, Villa Allende, Mexico, Mexico, where, based on the environmental impact assessment that was carried out through the Conesa and the assessment of environmental regulatory compliance through a checklist, the results showed that the operation of the stone material mine generates a low impact and its environmental performance with respect to its legal requirements is 86%, for which it was called an activity of sustainable use compatible with the guidelines established in the Management Program of the Protected Natural Area to which it belongs.

Key words: environmental impact assessment, subzoning, sustainability, stone material bank, environmental compliance.

3.4 INTRODUCCIÓN

Implementar una red de áreas naturales protegidas se considera necesario y de orden principal para las políticas de preservación de la biodiversidad de cualquier nación (Íñiguez Dávalos, Leonor Jiménez Sierra, Sosa Ramírez, & Ortega Rubio, 2014). El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), reconoce internacionalmente a las áreas naturales protegidas como “sitios definidos geográficamente que han sido designados o regulados y administrados para alcanzar objetivos específicos de conservación” (Gillespie, 2009). También buscan reducir impactos ambientales negativos, sobre todo, en regiones más vulnerables (Stone & Nyaupane, 2015) por lo tanto se consideran una pieza clave y de especial relevancia en países megadiversos como México (Vargas del Río et al., 2014).

Por lo que actualmente en la República Mexicana existen más de ciento ochenta áreas naturales protegidas (ANP's) federales, de las cuales: 67 corresponden a parques nacionales, 44 a reservas de la biosfera, 40 son áreas de protección de flora y fauna, 18 son santuarios, cinco son monumentos naturales y las ocho restantes son áreas de protección de recursos naturales (CONANP, 2021).

Estas últimas, buscan preservar y conservar el suelo, las cuencas hidrológicas y los recursos naturales que se hallan en terrenos forestales o de aptitud forestal; al igual que el resto de las ANP's, su territorio es ordenado en función de lo previsto en el instrumento de zonificación que consiste en la planeación del manejo detallado de las zonas núcleo y de amortiguamiento considerando el nivel de conservación y representación de sus ecosistemas, la aptitud nativa del área y su uso presente y viable (DOF, 2018). Sin embargo, dentro de las áreas naturales protegidas existen conflictos generados entre los medios de manutención de las comunidades locales que la componen y los objetivos de conservación que se establecieron para la zona natural (Gyan P. Nyaupane, 2011), debido a que las actividades económicas que se desarrollan pueden generar impactos adversos al entorno natural o bien no siempre están orientadas hacia la sustentabilidad pero influyen significativamente sobre su economía.

Tal es el caso de la minería, una actividad importante para el desarrollo económico y social, esencial en la vida moderna (Viana Ríos, 2018), incluyendo la de minerales no-metálicos que contempla la explotación de materiales pétreos (Sánchez-Crispin & Sánchez-Salazar, 1988) que puede causar daños al medio ambiente (Ferrer, 2015), como: erosión, cambio en el paisaje y topografía del terreno, remoción de cobertura vegetal, escurrimientos, emisiones de ruido elevadas, alteración del microclima, emigración de fauna y contaminación de las aguas por arrastre del suelo (Sosa García, 2012), por lo que existe un rechazo a nivel mundial hacia la minería a cielo abierto (Manfredo, 2012).

Sin embargo, el desafío principal es buscar que la minería se desarrolle de forma sustentable, es decir, que exista la capacidad de cubrir las necesidades actuales sin comprometer los recursos y el patrimonio de las generaciones futuras, desapareciendo la pobreza y promoviendo la igualdad social (Cantú-Martínez, 2015), ya que si bien resulta evidente que existe afectación por su implementación, también es fundamental para el mejoramiento socioeconómico, por lo que se deben establecer estrategias en las que impere el equilibrio entre el beneficio y costo ambiental (Cacilda-Andre, Lastra-Rivero, & Acevedo-Rodríguez, 2019), por lo que se vuelve necesario realizar estudios ambientales enfocados a la planificación ambiental de estos proyectos que permitan llevar a cabo medidas que minimicen los impactos nocivos que origina el aprovechamiento de estos recursos en la biósfera (Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018), como la evaluación de impacto ambiental que permite descubrir tipo, magnitud y cambios potenciales causados alrededor del ambiente por las actividades que conllevan este tipo de proyectos (Ruiz Ochoa, Luque Díaz, & Ramírez Salinas, 2020).

En el presente estudio se reconocen y delimitan geográficamente las actividades productivas y económicas que se desarrollan en el Ejido Sabana del Rosario, que pertenece al área natural protegida federal: ZPFTCC de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Villa de Allende, con el propósito de identificar si existe afinidad con las acciones permisibles de acuerdo con la subzonificación del ANP.

En específico, se califica el impacto ambiental que genera una de ellas (minería a cielo abierto: extracción de material pétreo), a través de la matriz de Conesa, para identificar si es una actividad de impacto ambiental bajo, moderado, severo o crítico; también se muestra la valoración de su cumplimiento ambiental por medio del método de lista de verificación o checklist, considerando únicamente requerimientos legales evaluables en campo aplicables al aprovechamiento de materiales pétreos en el Estado de México, con la información recabada se analiza si existe congruencia con las premisas de un aprovechamiento sustentable en dirección de las políticas establecidas en las reglas administrativas del Programa de Manejo de su Área Natural Protegida.

3.5 MATERIALES Y MÉTODOS

3.5.1 Ubicación y descripción del área de estudio

La localización del área de estudio se definió con base a los datos geográficos perimetrales de los núcleos agrarios de la entidad federativa mexiquense, disponibles en el Registro Agrario Nacional (RAN) en formato kml. En específico, el polígono 1021, que corresponde al Ejido Sabana del Rosario, se visualizó en ArcGIS 10.5 de forma simultánea con la información espacial de las ANP del país, creada con base a los decretos de su creación anunciados en el Diario Oficial de la Federación, donde se identificó el área natural protegida, las zonas y subzonas de manejo de las que forma parte el sitio de estudio y finalmente se reconocieron las políticas y disposiciones que le son aplicables de acuerdo a su Programa de Manejo, considerando principalmente las acciones que son permisibles y no permisibles en cada subzona.

3.5.2 Reconocimiento y delimitación geográfica de las actividades productivas y económicas

El reconocimiento de las actividades productivas en el Ejido Sabana del Rosario se hizo inicialmente por medio de consultas de información, incluyendo los portales de internet “México en cifras” y “espacio y datos” del Instituto Nacional

de Estadística y Geografía (INEGI) y con Sistemas de Información Geográfica a través del software ArcGIS versión 10.5, donde se ingresó el polígono del ejido y se sobrepuso la colección de datos vectoriales de uso suelo y vegetación, Escala 1:25000, Serie VI, Capa unión de INEGI, pero el resultado no fue detallado como se esperaba, por lo que se empleó la imagen de satélite landsat/copernicus de Google para digitalización manual de los usos de suelo y vegetación en ArcGIS, para obtener mayor precisión y la información resultante se corroboró con recorridos de campo.

3.5.3 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación se realizó por medio de la matriz de Importancia o también conocida como Conesa, ya que logra generar una valoración cualitativa al nivel deseado con una evaluación simplificada (Conesa Fernandez-Vitora, 2010). La metodología demuestra el grado de importancia del impacto sobre el ambiente receptor (García, García, & Agudelo, 2014), por lo que se califica a la interacción que existe entre las actividades del proyecto causales de impacto y los factores ambientales susceptibles a este, y se define la importancia de cada impacto a través de la ecuación:

$$I = \pm[3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB]$$

Compuesta de once atributos, estimados con base a la valoración que se muestra en el Cuadro 9 (Soriano, Ruiz, & Ruiz, 2015). Asimismo cada índice único que se generó e identificó como impacto negativo, se clasificó en cuatro categorías distintas según su valor, véase Cuadro 10 (Marchevsky et al., 2018).

Cuadro 9. Valoración de los elementos de la ecuación de importancia

Elemento	Descripción	Valoración	
Signo	Carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las acciones que intervienen sobre los distintos factores que se tomaron en cuenta.	Positivo	+
		Negativo	-
Intensidad (i)*	Nivel de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en el que actúa.	Baja	1
		Total	12
		Puntual	1
Extensión (EX)	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del Proyecto dividido el porcentaje del área, respecto al entorno, en que se revela el efecto.	Parcial	2
		Extenso	4
		Total	8
		Critica	12

Elemento	Descripción	Valoración	
Momento (MO)	Tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y la apertura del efecto sobre el factor del medio considerado.	Largo plazo	1
		Medio plazo	2
		Inmediato	4
		Critico	8
Persistencia (PE)	Tiempo que duraría el efecto desde su aparcado y a partir del cual el elemento afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.	Fugaz	1
		Temporal	2
		Permanente	4
Reversibilidad (RV)	Probabilidad de regresar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella desiste su actuar.	Corto plazo	1
		Medio plazo	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI)	Consiste en el reforzamiento de dos o más efectos simples. El componente total de la manifestación de los efectos simples, inducidos por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las producen actúan de forma independiente	Sin sinergismo	1
		Sinérgico	2
		Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua la acción que lo genera.	Simple	1
		Acumulativo	4
Efecto (EF)	Relación causa-efecto, forma de manifestación del efecto sobre un factor, derivada de una acción.	Indirecto	1
		Directo	4
Periodicidad (PR)	Regularidad de la manifestación del efecto, ya sea de modo cíclico o recurrente), de forma impredecible en el tiempo, o constante en el tiempo.	Irregular	1
		Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (RB)	Posibilidad de restablecimiento, total o parcial, del factor perjudicado como consecuencia del Proyecto, es decir la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana.	Recuperable inmediato	1
		Recuperable	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8

Cuadro 10. Clasificación de los impactos ambientales según su valor de importancia

Valor de i	Categoría	Significado
>-25	BAJO	La afectación no es relevante en comparado con los objetivos del proyecto.
-25 a -49	MODERADO	El impacto no requiere medidas correctoras intensivas.
-50 a -74	SEVERO	Es fundamental llevar a cabo medidas de prevención y/o corrección. El tiempo de recuperación necesario suele ser prolongado.
<-75	CRITICO	El daño es mayor al umbral permitido. Se producen perdidas permanentes de la calidad en las condiciones ambientales. No hay medio de recuperación.

3.5.4 Evaluación de cumplimiento ambiental

Por último, para calificar el desempeño de los requerimientos legales en materia ambiental competentes a la implementación, operación, mantenimiento y abandono de las minas de material de construcción (también conocidas como bancos de material pétreo) en el Estado de México, se llevó a cabo la identificación del marco legal aplicable considerando requerimientos de nivel federal, estatal, municipal y local, considerando la pirámide de Kelsen, véase Cuadro 11.

Cuadro 11. Marco legal ambiental aplicable al aprovechamiento de material pétreo

Leyes, reglamentos, normas y otros requerimientos
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Evaluación de Impacto Ambiental
Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-1997, que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.
Ley de Protección al Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de México.
Código para la Biodiversidad del Estado de México
Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016, que regula la exploración, explotación y transporte de minerales no concesionables en el Estado de México
Instructivo para elaborar el expediente de la solicitud para obras y actividades de bajo impacto ambiental, el informe previo, la manifestación de impacto ambiental y el estudio de riesgo.
Reglas administrativas del Programa de Manejo del Área Natural Protegida: Zona Protectora Forestal de los Terrenos Constitutivos de las Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Villa de Allende
Fuente: Elaboración propia con base a la normatividad mexicana ambiental vigente

Posteriormente se analizó el marco jurídico que fue identificado y se diseñó una lista de chequeo, para evaluar el cumplimiento de los lineamientos demandados al aprovechamiento de materiales pétreos, señalando únicamente los requerimientos que podían ser calificados mediante inspecciones en campo en las diferentes etapas del proyecto, derivado de ello se identificaron 67 criterios a evaluarse.

El número de criterios a evaluar varía de acuerdo con las condiciones y etapas de operación, no todos los criterios podrán ser evaluados, por ende, según el caso, algunos serán considerados como no aplica. La evaluación del cumplimiento de los criterios aplicables fue cualitativa a través de un panel de expertos y el resultado del desempeño normativo se expresó en porcentaje, considerando al cien por ciento como cumplir con todos los criterios citables.

3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.6.1 Ubicación y descripción del área de estudio

El Ejido Sabana del Rosario se ubica en el municipio Villa Allende, en el Estado de México, México, y colinda con los ejidos San Cayetano, Sabana de San Jerónimo y Mesas de San Martín, corresponde a la Región VII- Valle de Bravo y se ubica en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, pertenece a la región hidrológica RH18 “Río Balsas”, de la cuenca Cutzamala, Subcuenca Río Villa de Allende, su clima es C(w2)(w) Semifrío Húmedo y corresponde al área natural protegida: ZPFTCC de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Villa de Allende, que se declaró el 15 de noviembre de 1941, abarca una superficie de 140,234.42 ha (Diario Oficial de la Federación, 2018) y colinda con las ANP's: Bosquecheve, Mariposa Monarca y Nevado de Toluca (Figura 2).

De acuerdo con la zonificación y subzonificación del área natural protegida, el Ejido se ubica en la Zona de Amortiguamiento del ANP y comprende dos Subzonas: la de “Aprovechamiento sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados” y la de “Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias” (Figura 3).

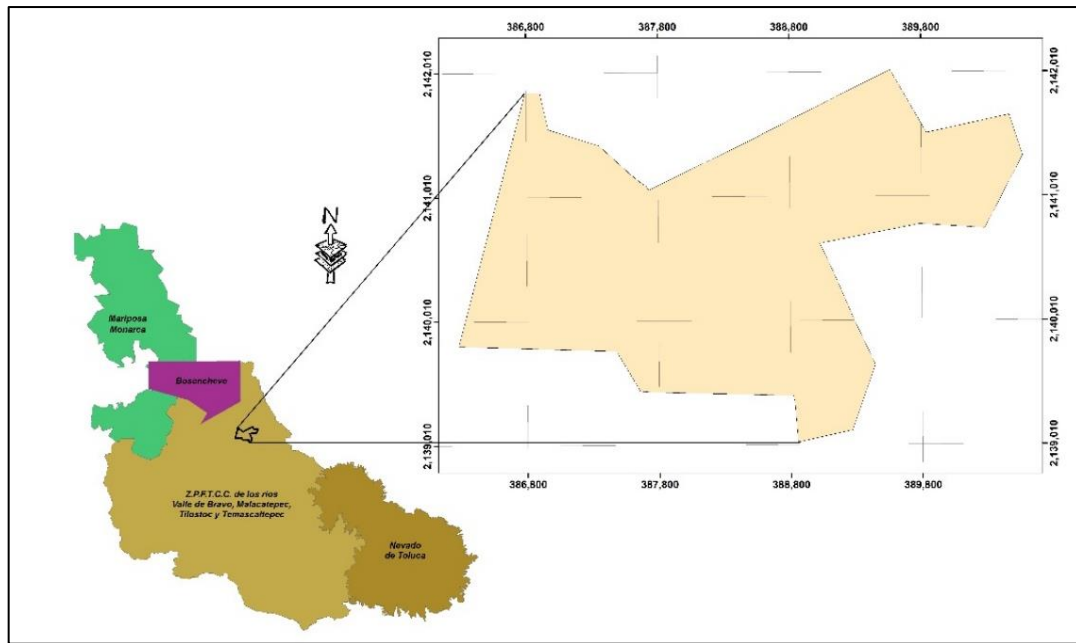


Figura 2. Posicionamiento del Ejido Sabana del Rosario sobre las ANP's colindantes

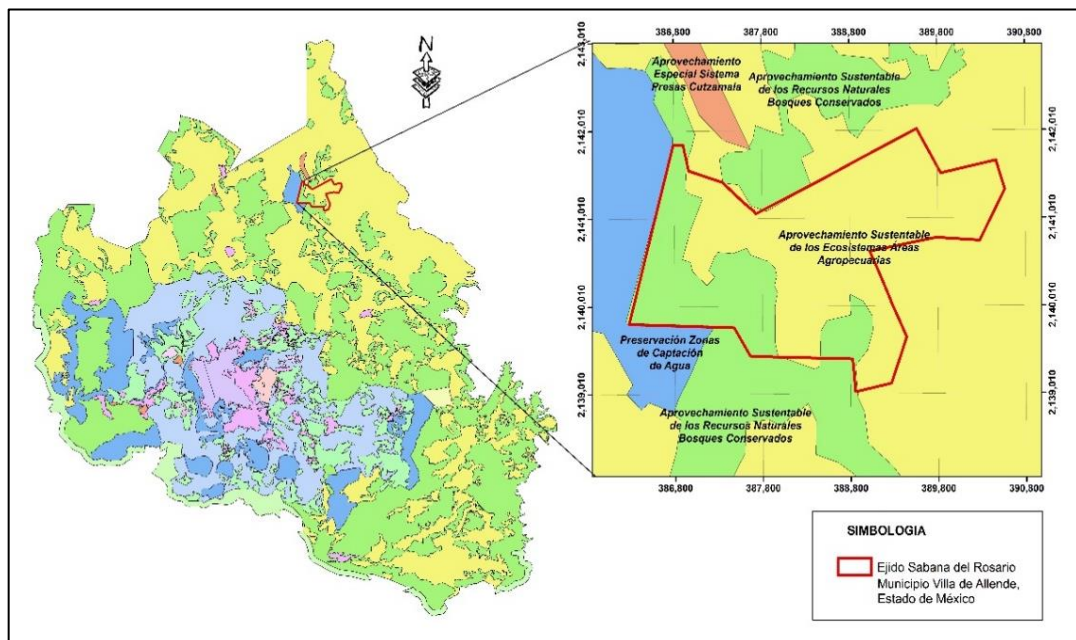


Figura 3. Subzonas de las que forma parte el Ejido Sabana del Rosario

Según el inciso c) de la fracción II del artículo 47 BIS, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su última reforma del 18 de enero de 2021, en las subzonas de Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales (que a nuestro estudio refiere a la de Aprovechamiento

Sustentable de los Recursos Naturales Bosques Conservados), se pueden aprovechar los recursos, pero se requiere que las actividades productivas, se efectúen bajo un esquema de manejo sustentable; permitiendo únicamente el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, siempre que se generen beneficios para pobladores locales, la investigación científica, la educación ambiental y actividades turísticas de bajo impacto.

Por otro lado, de acuerdo con el Programa de Manejo del ANP, en esta subzona se permiten: 1. actividades culturales tradicionales 2. apertura de brechas de saca, 3. colecta científica de recursos biológicos forestales y de ejemplares de la vida silvestre, 4. construcción de infraestructura de apoyo, 5. educación ambiental 6. encender fogatas, 7. Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, 8. filmaciones, fotografía o captura de imágenes o sonidos. 9. investigación científica y monitoreo ambiental, 10. manejo forestal sustentable, 11. mantenimiento de brechas y caminos existentes, sin pavimentar ni modificar, 12. mantenimiento de infraestructura existente, 13. obras de conservación de suelos y captación de agua que no modifiquen el paisaje, 14. turismo de bajo impacto ambiental y de aventura (CONANP, 2018).

No se permite: 1. dañar especies silvestres, 2. agricultura, 3. perturbar o destruir sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de la vida silvestre, 4. abrir nuevos caminos o brechas 5. Arrojar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, o cualquier tipo de sustancias contaminantes en el suelo, subsuelo y cauce, vaso, acuífero o manantial, 6. capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, 7. confinamiento de residuos, así como de materiales y sustancias peligrosas; construir sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, 8. ganadería y pastoreo, 9. dragado o acciones que generen suspensión de sedimentos o provoquen áreas con aguas fangosas o limosas, 10. obras y/o actividades que ponen en riesgo la estructura y dinámica natural de los ecosistemas o poblaciones de especies silvestres, particularmente aquellas en alguna categoría de riesgo y 11. rellenar, interrumpir, desecar o modificar los cauces naturales de los ríos, arroyos,

corrientes y manantiales, entre otros flujos hidráulicos e introducir especies exóticas a la región (CONANP, 2018).

Ahora bien, con base a la LGEEPA, en la subzona “de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas Áreas Agropecuarias”, reconocida en el inciso d) del artículo y fracción antes referidos como “de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistema”, se pueden realizar actividades agrícolas y pecuarias de baja intensidad en terrenos con aptitud para ello, y en los que de manera cotidiana, se realizan actividades de agroforestería y silvopastoriles, compatibles con acciones de conservación del área que ayuden a controlar la erosión, evitar la degradación del suelo y orientarse hacia la sustentabilidad y disminuir el uso de agroquímicos.

Por su parte, el Programa de Manejo especifica que se permiten: 1. actividades culturales tradicionales, 2. actividades agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles, 3. agricultura orgánica sin extender la frontera agrícola, 4. aprovechamiento forestal no maderable, 5. carreras con vehículos motorizados 6. colecta científica de ejemplares de vida silvestre y recursos biológicos forestales, 7. construcción de infraestructura de apoyo y mantenimiento de la existente 8. Construcciones con fines habitacionales, 9. educación ambiental, 10. plantaciones forestales comerciales con especies nativas, 11. Unidades de Manejo para la conservación de la Vida Silvestre, 12. ganadería sustentable, estabulada y semi estabulada, 13. investigación científica y monitoreo ambiental, 14. mantenimiento de caminos existentes sin modificar sus características, 15. obras de conservación de suelos y captación de agua, 16. cambio de uso agropecuario a forestal, 17. restauración de ecosistemas y reintroducción de especies nativas y 18. turismo de aventura y de bajo impacto (CONANP, 2018).

Y se prohíbe: 1. dañar especies silvestres, 2. alterar o destruir sitios de alimentación, anidación, refugio o reproducción de los ejemplares nativos, salvo con fines de investigación científica, 3. ampliar la frontera agropecuaria y emoción permanente de vegetación natural, 4. apertura de brechas o caminos nuevos, 5. aprovechamiento forestal maderable, 6. arrojar, verter, descargar o depositar desechos orgánicos, residuos sólidos o líquidos, u otro tipo de sustancias

contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso, acuífero y manantial, 7. capturar, remover, extraer, retener o apropiarse de vida silvestre o sus productos, 8. construir infraestructura pública o privada, 9. construir sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial y/o confinamientos de residuos, materiales y sustancias peligrosas, 10. ganadería extensiva, 11. introducir especies exóticas, 12. actividades de dragado que generen suspensión de sedimentos, y 13. rellenar, interrumpir, desecar o modificar cualquier flujo hidráulico (CONANP, 2018).

3.6.2 Reconocimiento y delimitación geográfica de las actividades productivas y económicas

Considerando los usos de suelo y vegetación que fueron identificados a través de Sistemas de Información Geográfica (Figura 4), se reconoció al aprovechamiento forestal sustentable, a la agricultura, las plantaciones forestales comerciales, la ganadería y a la minería, como las actividades económicas principales que se desarrollan en el Ejido Sabana del Rosario, siendo esta última la que ocupa una menor superficie (Cuadro 12).



Figura 4. Usos de suelo y vegetación del Ejido Sabana del Rosario

Cuadro 12. Superficie en hectáreas (ha) que ocupa cada uso de suelo y vegetación

Uso de suelo y vegetación	Área (hectáreas)
Agricultura	193.23
Asentamientos humanos	57.64
Bosque de pino-encino	260.65
Cancha de futbol	1.048
Cuerpos de agua	0.35
Mina de piedra	1.57
Pastizal	0.84
Pastizal inducido	102.85
Plantaciones forestales comerciales	18.35
Sin vegetación aparente	3.99
Vegetación arbórea perturbada	7.18
Vegetación arbustiva	12.42
Superficie total	660.12

3.6.3 Evaluación de impacto ambiental

El impacto ambiental que genera la extracción de piedra en el área de estudio fue calificado por medio de la matriz de Conesa (Cuadro 14), resultado de ello se identificaron 86 impactos diferentes, 36 positivos y 50 negativos. Sin embargo, de estos últimos el 82% se clasificó como bajo y el 18% como moderado, no se reconocieron impactos severos ni críticos y el impacto total de la actividad fue de -37, pero en campo se reconoció que dicho valor se reduce a través de la implementación de diferentes medidas de mitigación, por lo que se consideró a la extracción de material pétreo en el área de estudio como una práctica de bajo impacto.

Cuadro 13. Evaluación de Impacto Ambiental (matriz de Conesa)

MATRIZ DE CONESA																		
$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + RB]$																		
Actividades				Prepara- ción del sitio		Operación y mantenimiento						Suma						
				Delimitación y cercado	Limpieza, deshierbe y desmonte	Extracción del material	Trituración	Cribado (clasificación)	Acarreos internos de material	Comercialización	Mantenimiento y limpieza del área	Mantenimiento y limpieza de caminos	Impactos negativos	Impactos positivos	General			
Factores Ambientales				a	b	c	d	e	f	g	h	i						
Medio físico	Agua	Calidad del agua subterránea	A						-19					1	-19	0	0	-19
		Calidad del agua superficial	B	21	-21	-17	-15					-15	-17	5	-85	1	21	-64
	Aire	Calidad de aire	C	46	-30	-28	-19		-26			-21	-24	6	-148	1	46	-102
		Ruido y vibraciones	D		-16	-26	-21	-17	-23				-23	6	-126	0	0	-126
	Suelo	Fisiografía	E	30		-35								1	-35	1	30	-5
		Calidad de suelo	F	30	-31	-44			-23					3	-98	1	30	-68
Medio biótico	Flora	Diversidad	G		-13								1	-13	0	0	-13	
		Abundancia de especies	H		-14	-15	-13					-13	-15	5	-70	0	0	-70
		Alteración de hábitat	I		-16	-20								2	-36	0	0	-36
	Fauna	Diversidad	J		-13									1	-13	0	0	-13
		Abundancia de especies	K		-14	-16	-13		-16				-16	5	-75	0	0	-75
		Especies terrestres	L		-13	-15	-13		-15				-15	5	-71	0	0	-71
		Aves	M		-13	-15	-13		-15				-15	5	-71	0	0	-71
Medio socioeconómico	Económico	Generación de empleo	N	16	32	32	34	31	35	18	21		0	0	8	219	219	
		Cambio en los ingresos de la población	O	14	22	21	20		41				0	0	5	118	118	
		Incremento de impuestos o cuotas	P						-23				1	-23	0	0	-23	
		Incremento de índice demográfico	Q			16	16	16	22				0	0	4	70	70	
		Cambio en las actividades económicas	R			24	20	20	27				0	0	4	91	91	
	Social	Modo de vida	S			21	20	20	28				0	0	4	89	89	
		Cambio en el valor de la tierra	T	33	43								0	0	2	76	76	
	Espacial	Cambio en el uso de la tierra	U	33	26								0	0	2	59	59	
		Cambio en accesos y movilidad	V						-17				1	-17	0	0	-17	
Estético/paisajístico		W	29	-32	-36						25	28	2	-68	3	82	14	
													50	-968	36	931	-37	

3.6.4 Cumplimiento ambiental

El desempeño ambiental respecto a los requerimientos legales aplicables en las diferentes etapas de proyecto de extracción de piedra en el área de estudio, se consideró alto, debido a que de los 67 criterios evaluables en campo, fueron aplicables únicamente 42 y de estos se cumplió con el 86%, el resto se atendió parcialmente o no se obedeció según los lineamientos (Cuadro 15), ya que se identificó que la actividad se realiza en un ANP y no existe un técnico responsable permanente en sitio para asistir en caso de emergencias ambientales; tampoco existe un control total de los residuos, ya que si bien se realiza la recolección de PET y otros desechos reciclables, también se muestran malas prácticas como quema de plásticos; en el predio no existen sanitarios portátiles para los trabajadores, ni se emplea equipo de protección personal, por otro lado, no solo se usan especies nativas o rescatadas en el área de influencia para reforestar sino que se emplean las que brinda Probosque y por último, las notas de remisión que se emiten para la comercialización del material extraído no cumplen totalmente con lo que indica la Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-017-SeMAGEM-DS-2016, que regula la exploración, explotación y transporte de materiales pétreos en el Estado de México.

Cuadro 14. Checklist de evaluación del cumplimiento legal ambiental aplicable al aprovechamiento de materiales pétreos

Etapas	Criterio	Cumplimiento				Observación
		Si	No	Parcial	N/a	
EXPLORACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO	Existe un técnico en la mina para identificar aspectos críticos ambientales y tomar decisiones, definir estrategias o modificar actividades nocivas.			x		El técnico da asesoramiento telefónico y acompaña durante inspecciones
	De ubicarse el proyecto dentro de área de tránsito de pobladores, se colocó señalización referente a los trabajos que se realizan.	x				
	No se quema maleza, ni se usan herbicidas o productos químicos durante el desmonte o deshierbe.	x				
	El material removido se deposita en sitios seleccionados garantizando que no se arrastre por el drenaje pluvial o por cuerpos de agua, tampoco obstruye cauces naturales ni afecta a la vegetación.	x				Se usa para el revestimiento de caminos
	Se troza y esparce en espacios preseleccionados los residuos vegetales generados de la limpieza del terreno, a fin de facilitar su integración al suelo, en caso de no ser utilizado en la reforestación.	x				Se amontona

Etapa	Criterio	Cumplimiento				Observación
		Si	No	Parcial	N/a	
	Se prohíbe cazar y extraer especies de flora y fauna por el personal.	x				
	Se evita dañar flora y fauna silvestre con alguna categoría de protección	x				
	Se recupera la capa superficial del suelo vegetal con el material removido sin mezclarse en un área de almacenamiento temporal para evitar pérdidas de erosión	x				
	No se realizan trabajos de excavación, nivelación, compactación o relleno de terrenos fuera de los límites autorizados	x				
	Se revisa y da mantenimiento periódico a los vehículos y maquinaria que se utiliza.				x	No se emplea maquinaria y los vehículos son externo
	En caso de realizar mantenimiento y reparación en el sitio del proyecto, se toman medidas para evitar contaminar el suelo con aceites, grasas, combustibles o similares				x	No se emplea maquinaria y los vehículos son externo
	Los combustibles se almacenan en recipientes cerrados, en perfectas condiciones, sin fugas y se con las medidas de seguridad para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles de acuerdo con la normatividad vigente.				x	No se almacenan combustibles
	Existe un manejo adecuado de los residuos generados y se disponen en el lugar que destina la autoridad local competente.			x		Se recolecta semanalmente, el PET se comercializa pero plásticos son quemados en sitio
	Se usan sanitarios portátiles, o letrinas construidas higiénicamente.		x			
	En el caso de utilizar letrinas que demanden agua, se posee fosa séptica con la capacidad adecuada y se evita contaminar el subsuelo por infiltración.				x	No se utilizan letrinas y tampoco se cuenta con fosas sépticas
	Al término de las actividades las fosas sépticas fueron cubiertas e inactivas, de conforme las normas oficiales mexicanas competentes.				x	No se utilizan letrinas y tampoco se cuenta con fosas sépticas
	Los materiales de consumo, aditivos, aceites, grasas y combustibles (y sus residuos), no se dispersan o derraman; su recolección es periódica y la disposición se hace en recipientes cerrados y resguardados en sitios aislados y seguros, y su manejo está sujeto a las disposiciones normativas.				x	No se emplean este tipo de materiales
	En las campañas de restauración, se utilizan solo individuos de especies locales y el material recuperado durante el desmonte.			x		Se emplean los proporcionados a través de otros programas de aprovechamiento
	Los residuos de material y sobrantes de muestras producidas se disponen dentro de las áreas de depósito de material removido y en el caso de barrenación inversa dentro de los barrenos realizados.	x				
	Se sellan los hoyos de perforación cuando se concluyen las actividades de exploración				x	No se realizaron perforaciones de exploración
	Se usan caminos existentes, si se requiere abrir nuevos deben ser de la menor longitud y amplitud posible, sin cruzar corrientes de agua, pendientes pronunciadas y corredores biológicos.	x				

Etapa	Criterio	Cumplimiento				Observación
		Si	No	Parcial	N/a	
	Los caminos son menores a 5.0 m de ancho y 150 m de longitud.	x				
	El trazo de caminos de acceso evita afectar especies de flora de difícil regeneración, que no pudieron reubicarse.	x				
	La ampliación o rehabilitación de caminos no rebasa los 5.0 m de ancho	x				
	Los caminos cuentan con obras para conducir el agua de lluvia hacia un dren natural	x				
	El material obtenido en la apertura, remodelación o ampliación de caminos se usa en las mismas obras y si existe excedente se deposita en sitios donde no se arrastra por el drenaje pluvial o por cuerpos de agua ni obstruye cauces naturales.	x				
	Se restauran los caminos de acceso y áreas desmontadas con vegetación nativa una vez completadas las actividades de exploración.				x	No se realizan actividades de exploración
	El área de campamento no excede los 500 m ² /ha.				x	No hay campamentos en el sitio
	Los campamentos no están aledaños a cuerpos de agua y ni presentan vegetación densa.				x	No hay campamentos en el sitio
	Patios de maniobras con una superficie menor o igual a 300 m ² /ha	x				
	Socavón de 2 m de alto x 1.5 m de ancho x 40 m de longitud. El número de metros cúbicos de material removido es 120 m y la superficie afectada por el depósito de material extraído por socavón: 60 m, por apertura del socavón 3 m ² y la superficie máxima a afectar es de 150 m.	x				
	Se respetan los límites con terrenos colindantes y el derecho de vía, dejando libre de explotación una franja de amortiguamiento de 20 metros.	x				
	Los taludes finales con alturas superiores a 15 metros cuentan con una berma en proporción 3:1 y/o con taludes que correspondan al ángulo natural de reposo del material suelto.	x				
	En caso de colindar con un área natural protegida, se respeta una franja de amortiguamiento de 50 metros a partir del límite del polígono del predio		x			El banco se ubica dentro de un ANP
	La mina se localiza fuera de zonas de inundación y no existe obstrucción de flujo de áreas de escurrimiento o inundación ni posibilidades de deslaves o erosión.	x				
	No existen ni generan asentamientos diferenciales que provocan fallas o fracturas del terreno.	x				
	No se desvía el curso original en cauces ni lechos de los cuerpos de aguas permanentes e intermitentes.	x				
	Se llevan a cabo medidas de ingeniería necesarias para no afectar la dinámica de los escurrimientos de aguas pluviales.	x				
	Si existe suelo fértil del despalme, esta almacenado dentro del predio para luego utilizarlo en las actividades de rehabilitación del terreno y se prohíbe su venta o donación.	x				

Etapa	Criterio	Cumplimiento				Observación
		Si	No	Parcial	N/a	
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Se construye barreras físicas en los frentes y partes laterales, con materiales de la mina conforme ésta avanza, para prevenir el aproximarse al voladero o frente de explotación, evitar disposición de residuos sólidos urbanos de forma clandestina y reducir el riesgo de accidentes.	x				
	El patio de mantenimiento de la maquinaria tiene piso de concreto ≥ 10 centímetros de espesor, con una superficie mínima que evite la infiltración de aceites y grasas al subsuelo por la permanencia de maquinaria.				x	No existe patio de mantenimiento de maquinaria
	Se utilizan vehículos ligeros, equipos portátiles y desarmables para reducir los impactos.	x				Solo se emplean vehículos de carga para retirar material
	Se aplican medidas de ingeniería, para evitar o disminuir procesos erosivos en los taludes terminales, con base a las características geológicas.	x				
	Se impide afectar cauces de ríos, arroyos o manantiales, cuerpos de agua y zonas de derecho federal, estatal o municipal.	x				
	Existe barrera física que impida el arrastre de material disgregado hacia el cauce o lecho del cuerpo de agua.	x				
	Los sistemas de desagüe desembocan en una fosa de recepción ubicada en la parte más baja de la mina para propiciar la infiltración.	x				
	Las excavaciones, evitan llegar al nivel freático, dejando mínimo 3 m de la zona no saturada para evitar contaminar el acuífero.	x				
	Queda prohibido depositar residuos producto de la explotación en cauces y zonas de escurrimientos. En caso de encontrarse se limpia y desazolva antes del inicio de la temporada de lluvias.	x				
	En el caso de instalaciones fijas, por seguridad y prevención de accidentes, la estructura de la cribadora está firmemente asentada				x	No hay instalaciones fijas
	Si la mina se ubicada en la ZMVM y ZMVT, se cuenta con sistemas cubre polvos en los procesos que lo requieran para evitar dispersión de material particulado.				x	La mina no se ubica en la ZMVM ni en la ZMVT
	En el caso de contar con tanques de almacenamiento de combustible, el suministro se hace en un área predeterminada que evita derrames o fuga, que pudiese provocar contaminación del suelo y subsuelo.				x	No se cuenta con tanques de almacenamiento de combustible
	El almacenamiento de combustibles se realiza en un sitio ventilado, cubierto, con piso de concreto, con un dique de contención de una altura sin exceder un metro y suficiente para captar un 10% adicional del volumen total a almacenar. Los tanques deben estar conectados a tierra, para evitar cargas estáticas.				x	No se cuenta con tanques de almacenamiento de combustible
	Se cuenta con instalaciones que eviten descargas de aguas residuales a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.				x	No se generan aguas residuales

Etapa	Criterio	Cumplimiento				Observación
		Si	No	Parcial	N/a	
ABANDONO	Si se excede la superficie de explotación autorizada y pone en riesgo asentamientos humanos, se estabilizan los taludes existentes a través de obras de ingeniería				x	Excede muy poco y no afecta o pone en riesgo asentamientos humanos
	Se impide que la mina sea empleada como tiradero clandestino	x				
	Los residuos peligrosos generados por los mantenimientos se disponen temporalmente en tambos tapados y clasificados; su transporte y disposición final se realiza por medio de empresas autorizadas por la SEMARNAT, conforme a la regulación ambiental vigente.				x	No se generan Residuos Peligrosos
	Los camiones que transportan el material mantienen la caja tapada con una lona, para no derramar éstos en los caminos, conforme a lo marcado en la normatividad correspondiente.	x				
	Al momento de expender el material, se proporciona una factura y/o nota de remisión, con los datos que indica la norma.			x		Solo notas de remisión con precio, nombre y volumen
	Se rehabilita y tiene en buenas condiciones de circulación los caminos de acceso a la mina	x				
	Se realizan buenas prácticas para impedir o disminuir los efectos perjudiciales de las actividades sobre la biodiversidad y los servicios ambientales del ANP	x				
	Concluida la explotación, se nivela el piso de la mina en la zona explotada evitando dejar montículos, rampas, ondulaciones, pozos ni cárcavas, exceptuando las obras para conducir el agua pluvial.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	Se restituyen las superficies que hayan sido sometidas a explotación, plantando especies nativas, se evita utilizar especies exóticas y la plantación de árboles se lleva a cabo al inicio de la temporada de lluvias, con técnicas que garanticen su supervivencia.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	La capa superficial de suelo fértil que se almacenó (en el caso de que exista), se usa para recubrir las bermas y el piso de la mina, de tal forma que recubre una capa de espesor similar y no menor a la preexistente en el sitio.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	Se prohíbe la roza, quema y/o utilizar de productos químicos para la limpieza del terreno.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	Al finalizar la explotación, en el plazo de 90 días hábiles, se retiran las instalaciones que ocupadas en la operación. Se desmantela y demuele la tolva, cribadora, su basamento y cualquier otro dispositivo. El piso deja liberado de obstáculos.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	Los residuos sólidos, fruto de la limpieza, desmantelamiento o demolición de las instalaciones, debe ser depositado en el lugar que la autoridad correspondiente asigne.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	En el caso de que se concluyan las actividades de explotación en la mina y se amplié la superficie, el área de ampliación debe ser de una superficie menor o igual a la autorizada que ya ha concluido su explotación.				x	No se ha llegado a la etapa de abandono
	SUMA	36	2	4	25	
	PORCENTAJE (%)	86	5	10	37	

En términos generales, en el presente estudio se identificó que las actividades productivas que se realizan en el Ejido Sabana del Rosario son compatibles con las permisibles en las subzonas establecidas en el Programa de Manejo del ANP a la que pertenece, a excepción de la extracción de piedra, que si bien no está explícitamente negada o aceptada en la lista de actividades permisibles de dichas subzonas, si se enuncia como inaceptable ya que se indica que no se deben abrir o aprovechar bancos de materiales ni extraer materiales para la construcción, en el capítulo xi de prohibiciones de las reglas administrativas.

Sin embargo, en las mismas reglas también se reconoce que se permiten actividades de exploración y explotación minera únicamente a concesiones vigentes que se gestionaron antes de la implementación del Programa de Manejo del ANP y exclusivamente en subzonas donde no están expresamente prohibidas, por lo tanto según la autorización DFMARNAT/1317/2018 que compete al aprovechamiento de piedra en el Ejido Sabana del Rosario, esta actividad se permitió previo a la publicación oficial del Programa.

Ahora bien, retomando el artículo 47 BIS, fracción II de la LGEEPA, se considera aceptable el aprovechamiento de los recursos en dichas subzonas si se garantiza como una actividad sustentable. Por lo tanto, con la evaluación de impacto ambiental se demostró que la extracción de piedra es una actividad de bajo impacto, que produce beneficios a la población, generando 22 empleos directos y aumentando el valor de la tierra, donde además se mitigan, en medida de lo posible, los impactos negativos por medio de prácticas como: cuidado y protección de la fauna silvestre, extracción y clasificación manual del material, se prohíben las voladuras y el uso de explosivos, se realizan campañas de reforestación, se da mantenimiento periódico a los caminos, no se manejan combustibles ni sustancias peligrosas en el sitio, se mantiene en óptimas condiciones a la jolla, que funge como dique para retener agua y suelo que arrastra el aire y la lluvia (Gómez Díaz & Lozano Trejo, 2019), y se recolectan periódicamente los residuos generados.

3.7 CONCLUSIONES

La extracción de material pétreo en el Ejido Sabana del Rosario es una actividad de aprovechamiento sustentable, de bajo impacto con un cumplimiento de los requisitos legales aplicables en materia ambiental alto, por lo que se considera una práctica compatible con las políticas y directrices previstas en el manejo del Área Natural Protegida: Zona Protectora Forestal de los Terrenos Constitutivos de las Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Villa de Allende.

3.8 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento del presente estudio a través de la beca para estudiantes de posgrado; a la Universidad Autónoma Chapingo por los recursos brindados por medio del proyecto 305 “Apoyo a la investigación de tesis” y al Comisariado ejidal 2019-2021 del Ejido Sabana del Rosario por las facilidades ofrecidas durante la elaboración del este estudio.

3.9 REFERENCIAS

- Cacilda-Andre, J., Lastra-Rivero, J. F., & Acevedo-Rodríguez, P. (2019). Impactos ambientales de la explotación mecanizada de materiales para la construcción en Sumbe (Angola). *Minería y Geología*, 35(3), 338–357.
- Cantú-Martínez, P. C. (2015). Ética y sustentabilidad. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 15, 130–141. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127033012012>
- CONANP. (2018). PROGRAMA DE MANEJO ÁREA DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES CUENCAS DE LOS RIOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC, TILOSTOC Y TEMASCALTEPEC. Diario Oficial de La Federación DOF, p. 425.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4°).
- Diario Oficial de la Federación. (2018). ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con la categoría de área de protección de recursos naturales cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tílostoc y Temascaltepec, Estado de México. (p. 91). p. 91.
- Ferrer, Y. R. (2015). Seguimiento En El Tiempo De La Evaluación De Impacto Ambiental En Proyectos Mineros. *Luna Azul*, (42), 256–269. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.16>
- García, C. A., García, M. C., & Agudelo, C. F. (2014). Evaluación y diagnóstico de pasivos ambientales mineros en la Cantera Villa Gloria en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. *Investigación*, 18(42), 90–102.
- Gillespie, A. (2009). Defining internationally protected areas. *Journal of International Wildlife Law & Policy*, 11 (4), 240–258.
- Gómez Díaz, J., & Lozano Trejo, S. (2019). La jolla, una estrategia campesina basada en el manejo del arrastre hídrico de sedimentos y la diversidad vegetal. *Idesia (Arica)*, (ahead), 93–99. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019005000501>
- Gyan P. Nyaupane, S. P. (2011). Linkages among biodiversity, livelihood, and tourism. *Annals of Tourism Research*, 38(4), 1344–1366. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.annals.2011.03.006>
- Íñiguez Dávalos, L., Leonor Jiménez Sierra, C., Sosa Ramírez, J., & Ortega Rubio, A. (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 65–70.
- Manfredo, F. (2012). El futuro de Panamá y la minería. *Tareas*, (142), 85–93.
- Marchevsky, N. J., Giubergia, A. A., & Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51–61.

- Ruiz Ochoa, M. A., Luque Díaz, G. Y., & Ramírez Salinas, L. C. (2020). Técnicas difusas para la evaluación de impactos ambientales en el transporte de hidrocarburos en Colombia. *Tecnura*, 24(64), 48–65. <https://doi.org/10.14483/22487638.15762>
- Sánchez-crispin, Á., & Sánchez-salazar, M. T. (1988). LA MINERIA NO-METALICA EN MÉXICO: VISIÓN GEOGRÁFICO-ECONÓMICA CONTEMPORANEA Álvaro SÁNCHEZ-CRISPIN Maria Teresa SÁNCHEZ-SALAZAR *. Instituto de Geografía, UNAM.
- Soriano, Lady, Ruiz, M. E., & Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 18(2), 99. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12102>
- Sosa García, A. O. (2012). IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR LOS BANCOS DE MATERIAL EN LA ZONA MEDIA Y DE LA HUASTECA DEL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ FACULTAD.
- Stone, M. T., & Nyaupane, G. P. (2015). Protected areas, tourism and community livelihoods linkages: a comprehensive analysis approach. *Journal of Sustainable Tourism*, 24(5), 673–693. <https://doi.org/10.1080/09669582.2015.1072207>
- Vargas del Río, D., Brenner, L., SEMARNAT, Schoendube, B. B., Sánchez Jasso, J. M., Abellán, F. C., ... Ojeda Revah, L. (2014). Las áreas naturales protegidas de México Protected Areas of Mexico . *Cuadernos de Turismo*, II(August 2015), 339–365. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-45572013000100002&script=sci_arttext
- Viana Ríos, R. (2018). Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 617–631. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1066>.

CAPÍTULO IV

COMPARACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE MÉTODOS MATRICIALES DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN UN PROYECTO DE MINERÍA

4.1 RESUMEN

El presente estudio muestra la evaluación de impacto ambiental de una mina de material pétreo (piedra) en el Ejido Sabana del Rosario, Municipio de Villa Allende, Estado de México, México; mediante dos métodos distintos: la matriz de Leopold y la matriz de Conesa, así como la comparación de las calificaciones asignadas a cada impacto identificado para determinar si existe una diferencia significativa entre los métodos por medio de la prueba estadística no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon. Con las dos metodologías se identificaron 86 impactos diferentes: 36 positivos y 50 negativos; de estos últimos, en el caso de Leopold 46 fueron bajos y cuatro moderados, mientras que con Conesa 41 y nueve respectivamente; en ambos casos no se identificaron impactos severos ni críticos y se reconoció que la extracción del material y la limpieza, deshierbe y desmonte, son las actividades que generan el mayor impacto tanto benéfico como perjudicial, afectando principalmente la calidad del suelo y del aire, pero incrementando considerablemente el valor económico de la tierra, por lo tanto se concluyó que la extracción de piedra en el área de estudio, es una actividad sustentable de bajo impacto. Por último, con un p-valor = 0.7085 en la prueba de Wilcoxon, no se rechazó la hipótesis nula que indica que no existe diferencia significativa entre las calificaciones asignadas con ambos métodos de evaluación y que de acuerdo con los coeficientes de correlación de Pearson y el estadístico de correlación con la transformación z de Fisher, existe una similitud del 87%.

Palabras clave: mina de piedra, matriz de Leopold, matriz de Conesa, prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

STATISTICAL COMPARISON BETWEEN MATRIX METHODS FOR EVALUATING THE ENVIRONMENTAL IMPACT IN A MINING PROJECT

4.2 ABSTRACT

This study shows the environmental impact assessment of a stone material mine (stone) in the Ejido Sabana del Rosario, Municipality of Villa Allende, Estado de Mexico, Mexico; using two different methods: the Leopold matrix and the Conesa matrix, as well as the comparison of the ratings assigned to each impact identified to determine if there is a significant difference between the methods by means of the non-parametric statistical test of signed ranks. Wilcoxon. With the two methodologies, 86 different impacts were identified: 36 positive and 50 negative; Of the latter, in the case of Leopold, 46 were low and four were moderate, while with Conesa were found 41 and nine, respectively. In both cases, no severe or critical impacts were identified and it was recognized that the extraction of the material and the cleaning, weeding and clearing, are the activities that generate the greatest impact, both beneficial and harmful, mainly affecting the quality of the soil and air, but considerably increasing the economic value of the land. Therefore it was concluded that the extraction of stone in the study area is a sustainable activity with low impact. Finally, with a p-value = 0.7085 in the Wilcoxon test, the null hypothesis was not rejected, which indicates that there is no significant difference between the scores assigned with both evaluation methods and that according to the correlation coefficients of Pearson and the correlation statistic with Fisher's z transformation, there is a similarity of 87%.

Key words: stone mine, Leopold matrix, Conesa matrix, Wilcoxon signed rank test.

4.3 INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades más antiguas que ha desarrollado el hombre, es el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de los minerales sobre la superficie terrestre con fines comerciales (Soriano, Ruiz, & Ruiz, 2015) y ha sido necesaria e influyente en el desarrollo económico de la humanidad y el bienestar social, aunque su intervención está vinculada a la explotación de recursos naturales y a modificaciones negativas sobre el medio ambiente, en específico, se le atribuye el deterioro de los suelos (Montes de Oca-Risco & Ulloa-Carcassés, 2013). Por ende, es oportuno estudiar, de forma específica, a las acciones que generan el deterioro ambiental con base a cada tipo de mineral y método de explotación (Hernández-Jatib, 2014), para un mayor acercamiento al cumplimiento del reto principal que enfrenta la minería, que es llevarla a cabo cuidando los ecosistemas e ir detectando con anticipación los posibles conflictos que se puedan dar en el área de influencia para su mitigación (Viana Ríos, 2018).

En México se clasifica a la minería en tres grupos: metálicos como oro y plata, energéticos (petróleo y gas) y no metálicos: elementos de la corteza terrestre (INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2009), que se caracterizan por no tener brillo propio ni conducir electricidad. Entre este último, existe una subcategoría que se denomina como “de construcción”, que se encuentra generosamente en la naturaleza en los tres tipos geológicos de rocas, por lo que poseen peculiaridades que les definen distintos usos principalmente en la industria de la construcción a pesar de ser menos densos que los metálicos, (Olivera et al., 2018), a estos minerales también se les nombra “no concesionables”, ya que su autorización de aprovechamiento no depende de la Secretaría de Economía y se reconoce que su extracción se hace a cielo abierto (Olivera et al., 2018), una práctica que se ha llevado a cabo a lo largo del tiempo y que (Sonhi-Manassa, Polanco-Almaza, & Legrá-Lobaina, 2019), la describen como una de las dos formas más importantes de explotación de minerales de la corteza terrestre, y económicamente más atractiva.

En distintos países incrementó la demanda de los minerales no metálicos en los últimos decenios y se reconoció su participación significativa en el volumen de producción y valor económico de la minera nacional, por ello se consideran básicos en la industrialización y crecimiento económico (Sánchez-Crispin & Sánchez-Salazar, 1988). En el 2018, México produjo 340,726,053,406.75 toneladas de minerales no metálicos, de las cuales el 25.71% (87,615,265,478.08 t) corresponden a basalto, el segundo material pétreo con mayor volumen de extracción reportado (Servicio Geológico Mexicano SGM, 2019).

El estudio se realizó en una mina de basalto, comúnmente denominada como de piedra, en el Estado de México, entidad donde se reportan más de cien sitios de extracción de materiales pétreos. Sin embargo, existen variaciones en los datos, la Dirección General de Ordenamiento e Impacto Ambiental enlistó 101 minas con autorizaciones ambientales vigentes (Secretaría del Medio Ambiente, 2020), mientras que el Servicio Geológico Mexicano señaló 261 (Subsecretaría de Minería, 2018) y el Centro SCT en su último inventario registró 226 bancos de material (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2017).

Actualmente los problemas medioambientales y el desarrollo sostenible son de las principales preocupaciones políticas, económicas, sociales y educativas de las naciones (Ferrer, 2016), por lo que se trabaja constantemente en su regulación normativa en el sector público y privado, con el propósito de proteger el entorno natural. Los estudios de impacto ambiental son de los instrumentos más importantes para ello, ya que permiten identificar los posibles efectos negativos de una obra o proyecto, como los de minería, y las acciones que se pueden realizar para evitarlos (Andia, 2012). En específico, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un mecanismo eficaz de prevención de daños ambientales que se fundamenta en el precepto de obrar de manera preventiva en el campo ambiental y se emplea en la toma de decisiones, ya que permite realizar predicciones precisas que facilitan la tomar la decisión en momentos específicos del proyecto y favorecer el desarrollo sustentable de la minería (Ferrer, 2016).

Existen distintos instrumentos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para valorar el estado del entorno ambiental en general o específicamente solo alguno de sus factores, tales como: listas de chequeo, indicadores de simulación, redes de interacciones, análisis multicriterio, matrices causa-efecto, sistemas cartográficos, Ad-Hoc y software de predicción. Sin embargo, no están estandarizados, aunque los matriciales suelen ser más comunes destacando la matriz de Leopold y la matriz de Importancia de Conesa, la primera se emplea con frecuencia en proyectos de infraestructura y de minas a cielo abierto (Viloria Villegas, Cadavid, & Awad, 2018), y la segunda no solo contempla los elementos ambientales como en la de Leopold, sino que determina la importancia de cada impacto identificado con base a la definición de once criterios que son calificados por el evaluador (Cacilda-Andre, Lastra-Rivero, & Acevedo-Rodríguez, 2019); no obstante, existen pocos estudios que demuestren estadísticamente la diferencia entre ambos métodos.

Por lo tanto, en el presente estudio se identifica, califica y clasifica a los impactos producidos por la extracción de basalto en el Ejido Sabana del Rosario, con dos métodos matriciales distintos: el de Leopold y el de Conesa, para identificar si es una actividad sustentable y se determina si existe diferencia significativa entre los métodos. Para ello, los resultados de las evaluaciones con ambas metodologías se comparan a través de la prueba estadística no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, alterna a la prueba t pareada para verificar la hipótesis nula de igualdad entre dos medianas poblacionales y probar si los datos emparejados de individuos en una sola población muestran una tendencia de cambio en las dos mediciones (Ramírez Ríos & Polack Peña, 2020).

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.1 Ubicación de la zona de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el Ejido Sabana del Rosario, del Municipio Villa Allende, al noreste del Estado de México, México, que colinda en norte y sur con el Ejido San Cayetano, al sur con el Ejido Sabana de San Jerónimo y al este con

el Ejido Mesas de San Martín. Pertenece a la Región VII-Valle de Bravo y partes competencia del área natural protegida denominada: zona protectora forestal de los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Villa de Allende (Diario Oficial de la Federación, 2018) .

4.4.2 Descripción general del área de estudio

La descripción del medio abiótico, biótico, económico y social se hizo por medio del Sistema de Información Geográfica para la Evaluación del Impacto Ambiental (SIGEIA), una herramienta digital gubernamental que funciona a través del análisis espacial de geometrías, un instrumento con diseño amigable, libre y de fácil acceso (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

Para generar el análisis espacial, primero se ubicó al área de estudio en el SIGEIA, para ello se adjuntó la geometría vectorial del sitio (polígono 1021 en formato kml de los datos geográficos perimetrales de los núcleos agrarios de la entidad federativa a la que pertenece el Ejido, que ofrece el Registro Agrario Nacional), después por medio del menú Análisis Espacial y en específico el panel de Incidencias (simulación) se realizó la sobreposición de capas de información espacial (de: impacto ambiental, instrumentos normativos, información abiótica, biótica, división política, entre otros). En el mismo menú se ejecutó el Análisis de cercanía para reconocer objetos espaciales próximos al área y con influencia sobre ella. Por último, los resultados finales del Sistema se complementaron con datos de búsqueda en los portales de internet “México en cifras” y “espacio y datos” del INEGI y entrevistas a habitantes del Ejido, para generar una tabla de datos con la descripción general del área de estudio.

4.4.3 Evaluación de Impacto Ambiental

La evaluación se hizo con dos métodos matriciales distintos: la matriz de Leopold y la matriz de importancia de Conesa. Para ambos, se diseñó la misma matriz, la cual consta de un cuadro de entrada doble, en el que en las filas se ubicaron

veintitrés factores ambientales susceptibles al impacto (Cuadro 15) y en las columnas nueve acciones causales de impactos ambientales (Cuadro 16).

Cuadro 15. Factores ambientales susceptibles al impacto

Medio físico	Agua	Calidad del agua subterránea Calidad del agua superficial
	Aire	Calidad de aire Ruidos y vibraciones
	Suelo	Fisiografía Calidad de suelo
Medio biótico	Flora	Diversidad Abundancia de especies Alteración de hábitat
	Fauna	Diversidad Abundancia de especies
		Especies terrestres Aves
Medio socioeconómico	Económico	Generación de empleo Cambio en los ingresos de la población Incremento de impuestos o cuotas Incremento de índice demográfico Cambio en las actividades económicas
	Social	Modo de vida Cambio en el valor de la tierra
	Espacial	Cambio en el uso de la tierra Cambio en accesos y movilidad Estético/paisajístico

Cuadro 16. Actividades de impacto ambiental por etapa del proyecto

Preparación del sitio	Delimitación y cercado Limpieza, deshierbe y desmonte
Operación y mantenimiento	Extracción del material
	Trituración
	Cribado (clasificación)
	Acarreos internos de material
	Comercialización
	Mantenimiento y limpieza del área Mantenimiento y limpieza de caminos

4.4.4 Calificación del Impacto

Cada celda de la matriz diseñada representa el impacto ambiental causado por la interacción concreta entre una acción causal y un factor ambiental, inicialmente se identificaron solamente las casillas en las que existe un efecto provocado por

una actividad sobre el medio ambiente y posteriormente el efecto se evaluó de manera independiente.

La calificación de los impactos difirió en cada metodología, con Leopold se asignó un valor a cada impacto considerando únicamente su magnitud (M) e importancia (i), mientras que con Conesa se evaluó con base a su naturaleza (positiva o negativa), intensidad (i), extensión (EX), momento (MO), periodicidad (PE), reversibilidad (RV), sinergia (SI), acumulación (AC), efecto (EF), persistencia (PR) y recuperabilidad (MC) (Soriano et al., 2015).

Para el presente estudio, se calificó a los impactos de forma individual, asignando un valor único para cada uno, para ello, en el caso de la matriz de Leopold, fue necesario obtener el producto de la magnitud e importancia ($M * i$) de cada impacto, por ende, el valor máximo que se podía alcanzar era ± 100 , equivalente a $\pm 10 \times 10$. Por su parte, con la matriz de Conesa, únicamente se desarrolló la fórmula de importancia del impacto ($I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$) que el propio método establece (Conesa Fernandez-Vitora, 2010), en el que la calificación máxima que se podía registrar también era ± 100 . Entonces, con los supuestos anteriores, para ambos métodos, se consideró factible clasificar a cada impacto de la misma forma, según su puntuación, con base a la siguiente tabulación (Cuadro 17):

Cuadro 17. Clasificación de los impactos con base a su valor de importancia

Valor	Categoría	Significado
<25	Bajo	El daño es irrelevante comparado con los fines y objetivos del proyecto.
25-49	Moderado	El impacto no obliga prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50-74	Severo	Obligatoriamente se deben trazar medidas de mitigación. Comúnmente el tiempo de recuperación necesario es prolongado
>75	Critico	La afectación es superior al umbral aceptable. Se origina una pérdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. No existe posibilidad de recuperación.

Fuente: Clasificación de impactos de (Marchevsky, Giubergia, & Ponce, 2018)

4.4.5 Comparación estadística entre los métodos de evaluación

Debido a que con los dos métodos se consideraron las mismas acciones causales y los mismos factores ambientales susceptibles al impacto, con ambos se identificó la existencia de los mismos impactos ambientales. Sin embargo, la calificación y clasificación de cada uno fue distinta, debido a la fórmula planteada para cada matriz.

Para reconocer si existe una diferencia estadística significativa entre valorar los impactos con el método de Leopold y el Conesa, se decidió emplear una prueba no paramétrica, a través del software estadístico SAS versión 9.4, para ello, se plantearon tres variables diferentes y se ingresó el código del Cuadro 19.

Cuadro 18. Variables planteadas para el análisis estadístico en SAS 9.4

Variable	Descripción
Leopold:	Calificación del impacto a través del método de Leopold
Conesa:	Calificación del impacto a través del método de Conesa
Diferencia:	Diferencia entre las calificaciones con el método de Leopold y con el de Conesa

Cuadro 19. Código de simulación para el análisis estadístico en SAS 9.4

Conjunto de comandos ingresados al software SAS versión 9.4

```
*Ingreso de datos;
proc import datafile='C:\Users\MayRa\Desktop\EIAsas.csv'
out=work.caff
dbms=csv
replace;
run;
*Cálculo de la diferencia entre las calificaciones;
data caff;
set work.caff;
Diferencia=Conesa-Leopold;
run;
*Generación de estadísticas descriptivas;
proc means data=caff n nmiss mean std stderr lclm uclm median min max qrange
maxdec=2;
var Leopold Conesa;
run;
*Prueba de normalidad;
proc univariate data=caff normal cipctldf plots;
var Diferencia;
histogram Diferencia /normal;
qqplot /normal (mu=est sigma=est);
run;
*Coeficientes de correlación entre los métodos;
proc corr data=caff Fisher;
var Leopold Conesa;
run;
```

Con la instrucción PROC MEANS se generaron las estadísticas descriptivas básicas y con el código PROC UNIVARIATE se realizaron diferentes pruebas estadísticas, entre ellas, las de normalidad, incluyendo la de Shapiro-Wilk, los gráficos QQ de diferencias de grupo y también se estimaron los intervalos de confianza no paramétricos alrededor de la mediana.

Para que la prueba estadística seleccionada fuese adecuada y confiable, primero se probó la normatividad de los datos a través de los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk y se complementó con el análisis de la gráfica QQ para tamaño de muestras grandes y con los histogramas y diagrama de caja vertical de la diferencia entre las calificaciones de los impactos, para identificar visualmente si existen valores atípicos.

Con la información generada se identificó que las diferencias entre las calificaciones de los impactos no se distribuyen normalmente y que no existen valores atípicos en los datos, por lo tanto, se consideró pertinente realizar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon que se utiliza como alternativa a la prueba apareada t de Student. Con dicha prueba se identificó si existe diferencia estadísticamente significativa entre la calificación del impacto con el método de Leopold y con el método de Conesa; para ello fue necesario que debajo de PROC UNIVARIATE se especificará la variable DIFERENCIA, explícitamente en la instrucción VAR para realizar la comparación con precisión. El resultado que arrojó SAS, incluía la prueba t sobre las diferencias y la prueba de signo regular. Sin embargo, el resultado considerado fue el proporcionado por la prueba de rangos con signo de Wilcoxon.

Para determinar el resultado de la prueba se consideró el p-valor asociado a la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En consideración del valor de $Pr > |S|$, menor o mayor a 0.05, se definió si existe o no una diferencia estadísticamente significativa en la calificación del impacto entre el método de Leopold y el método de Conesa.

Por último, se analizó la correlación entre los métodos, para saber de forma precisa que tan asociados están los valores de las calificaciones con el método de Leopold respecto a los valores de las calificaciones con el método de Conesa, para ello se ingresó el procedimiento CORR que gestiona los coeficientes de correlación de Pearson y con la opción FISHER se generan las estadísticas de correlación usando la transformación z de Fisher.

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Caracterización del área de estudio

El análisis espacial del sitio, que arrojó el SIGEIA en conjunto con la información complementaria de la base de datos del INEGI y la recabada en campo, reveló sus principales características abióticas, bióticas, económicas y sociales (Cuadro 21), que permitieron reconocer el entorno del proyecto.

Cuadro 20. Recopilación de las características generales del área de estudio

Geología	Agrupación	• Ígnea
	Entidad	• Unidad cronoestratigráfica
	Era	• Cenozoico
	Clase	• Ígnea extrusiva
	Tipo de roca	• Ígnea extrusiva básica
	Sistema	• Cuaternario
Edafología	Clave geológica	• Q(lgeb)
	Clave	• ANumlep+LVdy+ANDy/2 • ANumlep+ANDy+LPdyli/2
	Descripción	• Andosol úmbrico epiléptico + Luvisol dístrico + Andosol dístrico /2
		• Andosol úmbrico epiléptico + Andosol dístrico + Leptosol dístrico lítico /2
Clima	Tipo	• Templado subhúmedo, Clave: C(w2)
	Temperatura	• Temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.
	Precipitación	• Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual
Acuífero	Nombre	• Clave 1505 Villa Victoria-Valle de Bravo

	Características	• Sin disponibilidad y sobreexplotado
Hidrológica	Región	• (RH – 18) Balsas
	Cuenca	• Cuenca: Río Cutzamala
	Subcuenca	• Subcuenca: San José Matcaltepec,
	Microcuenca	• Microcuenca: San Agustín de Las Palmas
Corrientes hidrológicas	Perennes e intermitentes	• Canales de irrigación • Acueductos subterráneos
	Grupo tipo desarrollo	• Bosque de coníferas • Bosque de pino-encino (BPQ) • Desarrollo primario con Cambio de Uso de Suelo
Vegetación		• Encino <i>Quercus spp</i> • Madroño <i>Arbutus glandulosa</i> • Aile <i>Alnus firmifolia</i>
	Especies presentes	• Pino <i>Pinus leiophylla</i> • Capulín <i>Prunus spp</i> • Escoba <i>Baccharis conferta</i> • Pasto <i>Panicum maximum</i> • Zacatón <i>Muhlenbergia macroura</i>
Fauna	Aves	• Colibrí <i>Hylocaris leucutis</i> • Pájaro carpintero <i>Colaptes melanochloros</i> • Gorrión <i>Passer domesticus</i> • Chipe <i>Cardellina rubra</i> • Tecolote <i>Glaucidium sp</i> • Ojo de lumbre <i>Junco phaeonotus</i>
		• Lagartija <i>Sceloporus bicanthalis</i>
		• Culebra <i>Crotalus triseriatus</i> • Víboras de cascabel <i>Crotalus triseriatus</i>
	Mamíferos	• Conejo <i>Sylvilagus floridanus</i> • Tlacuache <i>Didelphis marsupialis</i> • Tuza <i>Thomomys umbrinus</i>
		• Tejón <i>Nasua narica</i> • Ardilla <i>Sciurus oculatus</i> • Zorrillo <i>Mephitis sp.</i> • Armadillo <i>Dasypus novemcinctus</i>
Área Natural Protegida	Nombre	• ZPFTCC. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec
	Nivel	• Federal
	Categoría	• APRN
	Zonificación-uso	• De aprovechamiento sustentable de los recursos naturales
Ordenamiento ecológico	Región ecológica	• 18.17 • 14.14
	Unidad ambiental biofísica	• UAB 55 Sierra Mil Cumbres • UAB 120 Depresión de Toluca
	Política ambiental	• Clave 18 Restauración y Aprovechamiento Sustentable

Ordenamiento ecológico del Estado de México		• Clave 14 Aprovechamiento Sustentable, Protección, Restauración y Preservación
	Nivel de atención prioritaria	• Media
	Rectores del desarrollo	• Forestal y Desarrollo Social-Industria
	Coadyuvantes del desarrollo	• Desarrollo Social-Minería y Forestal
	Asociados del desarrollo	• Agricultura-Ganadería • Agricultura-Ganadería-Minería
	Otros sectores de interés	• PEMEX-SCT • Preservación de flora y fauna
	Región indígena	• Mazahua-Otomí
	Escenario	
	Corto plazo (2012)	• Inestable
	Mediano plazo (2023)	• Inestable a critico
	Largo plazo (2033)	• Inestable a critico
	Nombre	• Programa de Ordenamiento Ecológico de la Región Mariposa Monarca en el Territorio del Estado de México • Programa de Ordenamiento Ecológico Local de Villa de Allende
	Tipo	• Regional • Local
	Unidad de Gestión Ambiental	• U 73-2 • 35
Municipio	Política ambiental	• Protección • Aprovechamiento
	Uso predominante	• Agrícola
	Nombre	• Villa de Allende
	Problemática ambiental	• Vulnerabilidad al Cambio Climático y Sequias severas
	Vías de comunicación cercanas	• Carretera Federal Ramal A Valle de Bravo a 533 m • Carretera Municipal Sabana del Refugio-e.k. 6.5(monumento-Valle de Bravo) a 827 m • Carretera Municipal La Peña- E.k. 9.5 (monumento-Valle de Bravo) a 1759 m • Carretera Federal Ramal A Valle de Bravo a 1759 m • Carretera Municipal E.k. 13.0 Monumento-Valle de Bravo)-San Martin Obispo-San Simón de La Laguna a 2697 m
	Localidad indígena	• Sabana del Rosario (San Miguel)

Servicios e infraestructura de la localidad	% de población indígena	• Menos del 40%
	Polígonos urbanos	• Sabana del Rosario
	Habitantes	• 1700 aproximadamente
	Núm. de viviendas	• 499
	Servicios públicos	• Red de agua entubada • Energía eléctrica • Red de telefonía móvil • Centro de salud
	Escuelas	• Prescolar • Primaria • Secundaria
	Escolaridad Promedio	• Secundaria
	Problemas socioeconómicos	• Empleos deficientes y desempleo
	Actividades económicas	• Agricultura de temporal, aprovechamiento forestal y ganadería
	Primarias	• Minería
	Secundarias	• Comercio
	Terciarias	

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2018; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2014; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020

4.5.2 Evaluación de Impacto Ambiental

Con base al método de la matriz de Leopold, se identificaron 86 impactos diferentes, de los cuales 36 fueron positivos y 50 negativos (46 con categoría de bajo impacto y 4 de moderado) que evidenciaron que los factores aire y suelo son los más afectados por las actividades que conlleva la extracción de material pétreo en el área de estudio. La suma de los impactos benéficos fue 588 (destacando el efecto positivo en la generación de empleos e incremento en los ingresos) y la de los negativos -633, por lo tanto el general se consideró de -48 por lo que se denominó a la mina de piedra como un proyecto de bajo impacto (Cuadro 21).

Cuadro 21. Matriz de Evaluación de Impacto ambiental, método de Leopold

MATRIZ DE LEOPOLD MAGNITUD*IMPORTANCIA																	
Actividades Factores Ambientales				Prepara ción del sitio		Operación y mantenimiento						Suma					
				Delimitación y cercado	Limpieza, deshierbe y desmonte	Extracción del material	Trituración	Cribado (clasificación)	Acarreos internos de material	Comercialización	Mantenimiento y limpieza del área	Mantenimiento y limpieza de caminos	Impactos positivos	Impactos negativos	General		
																a	b
Medio físico	Agua	Calidad del agua subterránea	A						-8				0	0	1	-8	-8
		Calidad del agua superficial	B	8	-16	-16	-4					-8	-8	1	8	5	-52
	Aire	Calidad de aire	C	16	-36	-36	-24		-24		-24	-24	1	16	6	-168	-152
		Ruido y vibraciones	D		-8	-8	-4	-4	-4			-4	0	0	6	-32	-32
	Suelo	Fisiografía	E	8		-24							1	8	1	-24	-16
		Calidad de suelo	F	16	-36	-36			-24				1	16	3	-96	-80
Medio biótico	Flora	Diversidad	G		-8								0	0	1	-8	-8
		Abundancia de especies	H		-16	-8	-4				-4	-8	0	0	5	-40	-40
		Alteración de hábitat	I		-16	-16							0	0	2	-32	-32
	Fauna	Diversidad	J		-4								0	0	1	-4	-4
		Abundancia de especies	K		-8	-8	-4		-4			-4	0	0	5	-28	-28
		Especies terrestres	L		-8	-8	-4		-4			-4	0	0	5	-28	-28
		Aves	M		-4	-4	-4		-4			-4	0	0	5	-20	-20
Medio socioeconómico	Económico	Generación de empleo	N	16	36	24	4	4	4	4	4	8	96	0	0	96	
		Cambio en los ingresos de la población	O	16	36	36	36		24				5	148	0	0	148
		Incremento de impuestos o cuotas	P						-24				0	0	1	-24	-24
		Incremento de índice demográfico	Q			4	4	4	4				4	16	0	0	16
		Cambio en las actividades económicas	R			8	8	4	24				4	44	0	0	44
	Social	Modo de vida	S			16	16	16	24				4	72	0	0	72
		Cambio en el valor de la tierra	T		24	36							2	60	0	0	60
	Espacial	Cambio en el uso de la tierra	U		24	16							2	40	0	0	40
		Cambio en accesos y movilidad	V						-24				0	0	1	-24	-24
Estético/paisajístico		W	16	-24	-24						24	24	3	64	2	-48	16
													36	588	50	-636	-48

Con el método de Conesa, también se identificaron 86 impactos diferentes (50 perjudiciales y 36 beneficiosos). Sin embargo, entre los de naturaleza negativa, 41 fueron clasificados como bajos y 9 como moderados, pero de igual forma los factores con calificaciones negativas más altas fueron aire y suelo. En recuento, la suma de las calificaciones de los impactos fue -37 por lo tanto también se asumió que la minería en el Ejido es una actividad de bajo impacto ambiental.

Cuadro 22. Matriz de Evaluación de Impacto ambiental, método de Conesa

MATRIZ DE CONESA																		
$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$																		
Actividades				Prepara ción del sitio		Operación y mantenimiento						Suma						
				Delimitación y cercado	Limpieza, deshierbe y desmonte	Extracción del material	Trituración	Cribado (clasificación)	Acarreos internos de material	Comercialización	Mantenimiento y limpieza del área	Mantenimiento y limpieza de caminos	Impactos positivos	Impactos negativos	General			
Factores Ambientales				a	b	c	d	e	f	g	h	i						
Medio físico	Agua	Calidad del agua subterránea	A						-19				1	-19	0	0	-19	
		Calidad del agua superficial	B	21	-21	-17	-15					-15	-17	5	-85	1	21	-64
	Aire	Calidad de aire	C	46	-30	-28	-19		-26			-21	-24	6	-148	1	46	-102
		Ruido y vibraciones	D		-16	-26	-21	-17	-23				-23	6	-126	0	0	-126
	Suelo	Fisiografía	E	30		-35								1	-35	1	30	-5
		Calidad de suelo	F	30	-31	-44			-23					3	-98	1	30	-68
Medio biótico	Flora	Diversidad	G		-13								1	-13	0	0	-13	
		Abundancia de especies	H		-14	-15	-13					-13	-15	5	-70	0	0	-70
		Alteración de hábitat	I		-16	-20								2	-36	0	0	-36
	Fauna	Diversidad	J		-13									1	-13	0	0	-13
		Abundancia de especies	K		-14	-16	-13		-16				-16	5	-75	0	0	-75
		Especies terrestres	L		-13	-15	-13		-15				-15	5	-71	0	0	-71
		Aves	M		-13	-15	-13		-15				-15	5	-71	0	0	-71
Medio socioeconómico	Económico	Generación de empleo	N	16	32	32	34	31	35	18	21		0	0	8	219	219	
		Cambio en los ingresos de la población	O	14	22	21	20		41				0	0	5	118	118	
		Incremento de impuestos o cuotas	P						-23				1	-23	0	0	-23	
		Incremento de índice demográfico	Q			16	16	16	22				0	0	4	70	70	
		Cambio en las actividades económicas	R			24	20	20	27				0	0	4	91	91	
	Social	Modo de vida	S			21	20	20	28				0	0	4	89	89	
		Cambio en el valor de la tierra	T		33	43							0	0	2	76	76	
	Espacial	Cambio en el uso de la tierra	U		33	26							0	0	2	59	59	
		Cambio en accesos y movilidad	V						-17				1	-17	0	0	-17	
		Estético/paisajístico	W	29	-32	-36						25	28	2	-68	3	82	14
													50	-968	36	931	-37	

4.5.2 Comparación de los métodos matriciales

Para comparar los dos métodos se consideraron las calificaciones de los 86 impactos ambientales diferentes que fueron identificados tanto con la matriz de Leopold como por la de Conesa y su diferencia (Cuadro 23).

Cuadro 23. Calificación de cada impacto con el Método de Leopold y con el de Conesa

Clave del impacto	Calif. método Leopold	Calif. método Conesa	Diferencia	Clave del impacto	Calif. método Leopold	Calif. método Conesa	Diferencia
Af	-8	-19	-11	Li	-4	-15	-11
Ba	8	21	13	Lf	-4	-15	-11
Bb	-16	-21	-5	Mb	-4	-13	-9
Bc	-16	-17	-1	Mc	-4	-15	-11
Bd	-4	-15	-11	Md	-4	-13	-9
Bh	-8	-15	-7	Mf	-4	-15	-11
Bi	-8	-17	-9	Mi	-4	-15	-11
Ca	16	46	30	Nb	16	16	0
Cb	-36	-30	6	Nc	36	32	-4
Cc	-36	-28	8	Nd	24	32	8
Cd	-24	-19	5	Ne	4	34	30
Cf	-24	-26	-2	Nf	4	31	27
Ch	-24	-21	3	Ng	4	35	31
Ci	-24	-24	0	Nh	4	18	14
Db	-8	-16	-8	Ni	4	21	17
Dc	-8	-26	-18	Ob	16	14	-2
Dd	-4	-21	-17	Oc	36	22	-14
De	-4	-17	-13	Od	36	21	-15
Df	-4	-23	-19	Oe	36	20	-16
Di	-4	-23	-19	Og	24	41	17
Ea	8	30	22	Pg	-24	-23	1
Ec	-24	-35	-11	Qc	4	16	12
Fa	16	30	14	Qd	4	16	12
Fb	-36	-31	5	Qe	4	16	12
Fc	-36	-44	-8	Qg	4	22	18
Ff	-24	-23	1	Rc	8	24	16
Gb	-8	-13	-5	Rd	8	20	12
Hb	-16	-14	2	Re	4	20	16
Hc	-8	-15	-7	Rg	24	27	3
Hd	-4	-13	-9	Sc	16	21	5
Hh	-4	-13	-9	Sd	16	20	4
Hi	-8	-15	-7	Se	16	20	4
Ib	-16	-16	0	Sg	24	28	4
Ic	-16	-20	-4	Tb	24	33	9
Jb	-4	-13	-9	Tc	36	43	7
Kb	-8	-14	-6	Ub	24	33	9
Kc	-8	-16	-8	Uc	16	26	10
Kd	-4	-13	-9	Vf	-24	-17	7
Kf	-4	-16	-12	Wa	16	29	13
Ki	-4	-16	-12	Wb	-24	-32	-8
Lb	-8	-13	-5	Wc	-24	-36	-12
Lc	-8	-15	-7	Wh	24	25	1
Ld	-4	-13	-9	Wi	24	28	4

Considerando que la calificación del impacto con el método de Leopold se restó de la calificación del impacto con el método de Conesa, es decir, Diferencia = Conesa – Leopold; las puntuaciones de diferencia por encima de cero representan que la calificación de los impactos con el método de Conesa supera a la del método de Leopold y las puntuaciones de diferencia por debajo de cero significan que las calificaciones de los impactos con el método de Leopold superan a las del método de Conesa.

Los datos fueron procesados con el software SAS 9.4 e inicialmente se generaron las estadísticas descriptivas de las variables planteadas: Leopold, Conesa y Diferencia (Cuadro 24 y Cuadro 25).

Cuadro 24. Estadísticas descriptivas de las variables Leopold y Conesa

Variable	N	Número de valores ausentes	Media	Dev std	Error estándar	LC inferior del 95% para la media	LC superior del 95% para la media	Mediana	Mínimo	Máximo	Rango intercuartil
Leopold	86	0	-0.56	17.85	1.92	-4.38	3.27	-4.00	-36.00	36.00	24.00
Conesa	86	0	-0.43	23.64	2.55	-5.50	4.64	-13.00	-44.00	46.00	38.00

Cuadro 25. Estadísticas descriptivas de la variable diferencia

Momentos				Medidas estadísticas básicas			
N	86	Sumar pesos	86	Ubicación		Variabilidad	
Media	0.12790698	Observ suma	11	Media	0.1279	Desviación std	11.98705
Desviación std	11.9870484	Varianza	143.68933	Mediana	-1.5000	Varianza	143.68933
Asimetría	0.64660211	Curtosis	-0.1645213	Moda	-11.0000	Rango	50.00000
SC no corregida	12215	SC corregida	12213.593			Rango intercuartil	17.00000
Coef. Variación	9371.6924	Media error std	1.29259667				

Cuadro 26. Intervalos de confianza del 95% sin distribución en diferentes percentiles

Percentil	100%	99%	95%	90%	75% Q3	50% Mediana	25% Q1	10%	5%	1%	0%
Cuantil	31	31	22	16	8	-1.5	-9	-12	-16	-19	-19
Límite superior e inferior de confianza		30	16	12	4	-7	-11	-17	-19	-19	
		31	31	27	13	3	-8	-11	-12	-18	
Rango de límite inferior de intervalo de confianza		84	78	72	57	34	14	4	1	1	
Rango de límite superior de intervalo de confianza		86	86	83	73	53	30	15	9	3	
Cobertura		52.3	96	95.42	95.47	96.01	95.5	95.4	96	52	

Con las estadísticas descriptivas se observó que la mediana de las diferencias de calificaciones de los impactos entre métodos es -1.5. Sin embargo, con respecto a los intervalos de confianza nominales del 95% sin distribución en diferentes percentiles, se identificó que con un 95% de certeza, se puede afirmar que la mediana de la diferencia entre las calificaciones de los impactos ambientales entre los métodos se sitúa entre -7 y 3, con una cobertura real del intervalo igual a 96.01 (Cuadro 26).

Por otro lado, la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, mostró un valor del estadístico W de 0.948397 con un p-valor ($Pr < W$) igual a 0.0018, consecuentemente al ser menor que el nivel 0.05 preestablecido, se rechazó el supuesto de normalidad y se concluyó que los datos no se distribuyen normalmente (Cuadro 27).

Cuadro 27. Resultados diferentes pruebas de normalidad en SAS

Test	Estadístico		p valor	
Shapiro-Wilk	W	0.948397	$Pr < W$	0.0018
Kolmogorov-Smirnov	D	0.130933	$Pr > D$	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.216928	$Pr > W-Sq$	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	1.339016	$Pr > A-Sq$	<0.0050

El resultado de la prueba de Shapiro-Wilk también fue apoyado por el histograma de las diferencias (entre las calificaciones con el método de Leopold y las de con el método de Conesa) al revelar una clara falta de simetría en la forma del histograma, que se traduce en falta de normalidad (Figura 5). Asimismo, con en el gráfico QQ de las diferencias entre métodos, se observaron puntos separados de la línea normal teórica (Figura 6), por lo que este gráfico también evidencia la falta de normalidad de tales diferencias.

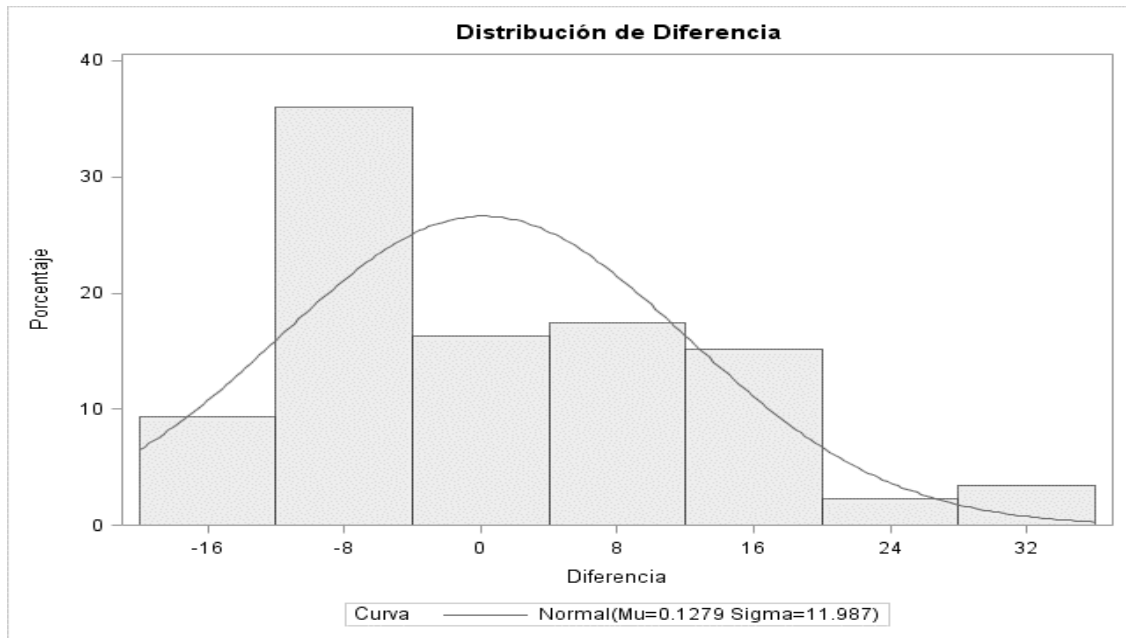


Figura 5. Histograma de las diferencias entre las calificaciones con el método de Leopold y las del método de Conesa

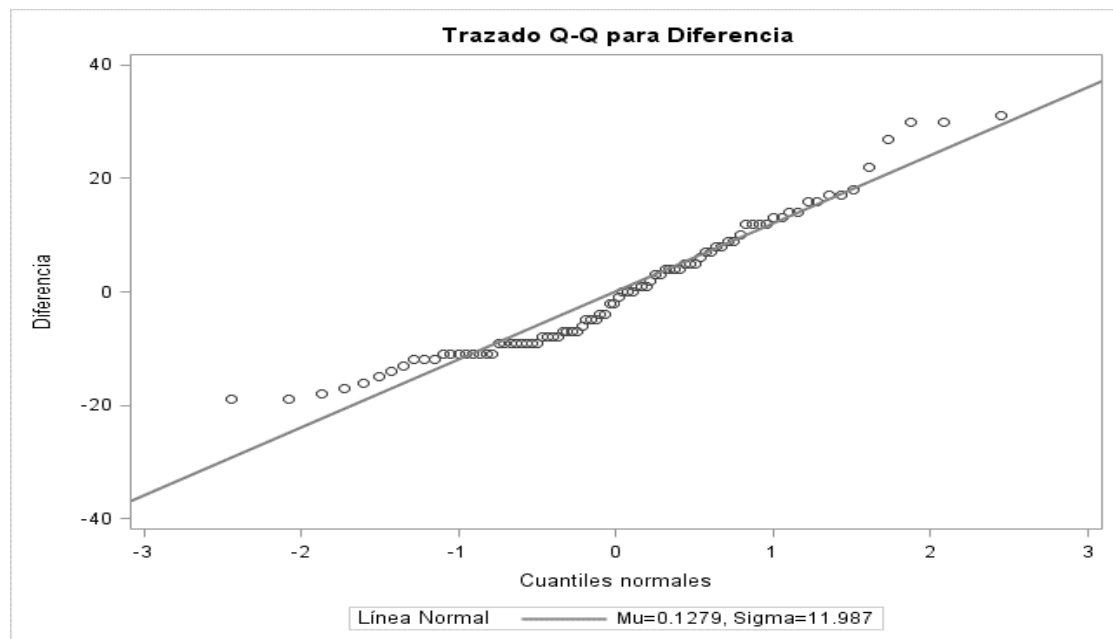


Figura 6. Gráfico QQ generado en SAS 9.4, de las diferencias entre los niveles de diferencia entre los métodos

En el software estadístico también se generó un diagrama de caja vertical de la diferencia entre las calificaciones de los impactos, en el que no se observaron puntos fuera, revelando que no existen valores atípicos en las diferencias en la calificación de los impactos entre los métodos (Figura 7).

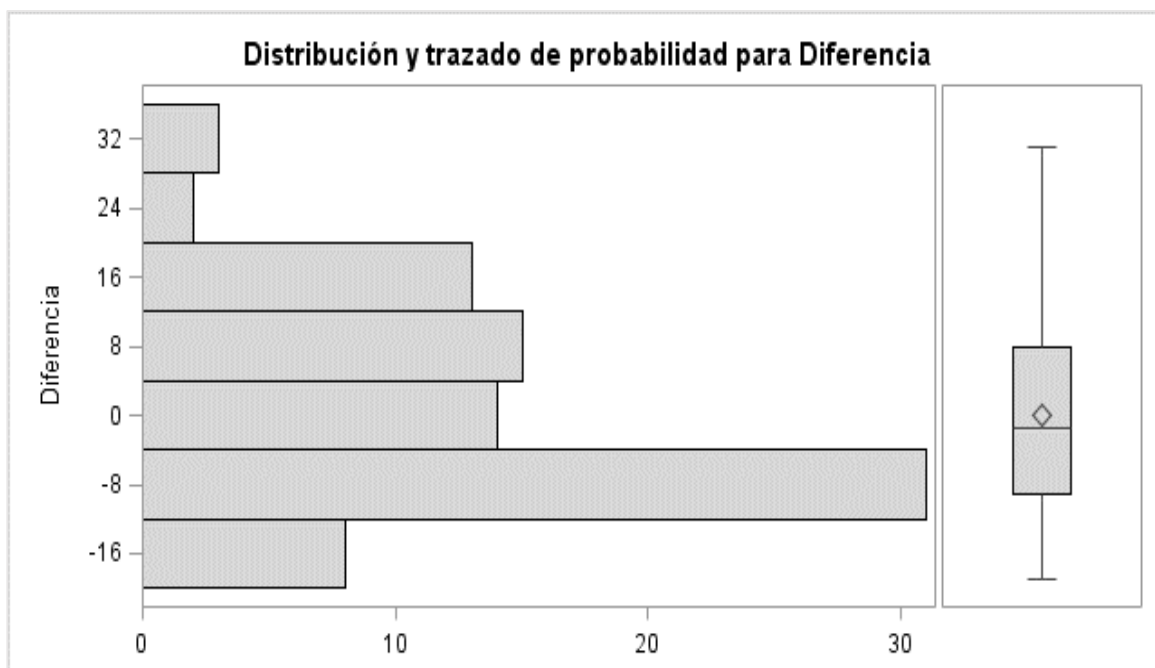


Figura 7. Diagrama de caja vertical de la distribución de probabilidad, variable diferencia

Ahora bien, recopilando, con la evidencia mostrada por la significancia de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (Cuadro 28), la falta de simetría del histograma (Figura 5) y la falta de linealidad del gráfico QQ (Figura 6) se concluye que la suposición de normalidad de las diferencias en las calificaciones de impacto entre ambos métodos es violada. Por lo tanto, la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon se considera la más apropiada para la comparación entre métodos y determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre la calificación del impacto con la matriz de Leopold y la matriz de importancia de Conesa.

Cuadro 28. Resultados de diferentes pruebas de comparación que generó SAS, incluyendo la prueba de rangos con signo de Wilcoxon

Tests para posición: $\mu_0=0$				
Test	Estadístico		p valor	
T de Student	T	0.098954	Pr > t	0.9214
Signo	M	-2.5	Pr >= M	0.6609
Rangos con signo	S	-83	Pr >= S	0.7085

Los resultados que arroja SAS, respecto a las pruebas para la comparación (Cuadro 29), incluyen el estadístico de la prueba t sobre las diferencias y la prueba de signo regular. Sin embargo, solo el resultado de la prueba de Rangos con signo, con estadístico de prueba “S”, fue considerado para probar la hipótesis de igualdad entre las calificaciones de los dos métodos.

Como puede observarse en el Cuadro 29, el estadístico de prueba S fue de -83 con un p-valor ($Pr > |S|$ igual a 0.7085, lo que significa que no se rechaza la hipótesis nula y concluimos que no existe una diferencia en las calificaciones o valores de los impactos ambientales. En otras palabras, no existe una diferencia en la calificación o valoración del impacto cuando se utiliza el método de Leopold y cuando se utiliza el método de Conesa.

Por último, de acuerdo con los resultados de los coeficientes de correlación de Pearson y sus estadísticos con la transformación z de Fisher, se identificó que existe una correlación del 0.86948 ~ 0.87 entre el método de Leopold y el método de Conesa (Cuadro 30). Asimismo, con un 95% de confianza podemos decir que hay una correlación entre 0.8043 y 0.9122 entre las calificaciones de los dos métodos y que debido a que el p-valor para $H_0: \rho=0$ es <0.0001 , se rechazó la hipótesis nula que establece que no existe correlación, por lo tanto se concluyó que los métodos están linealmente correlacionados (Cuadro 31).

Cuadro 29. Coeficientes de correlación Pearson

Coeficientes de correlación Pearson, N = 86 Prob > r suponiendo $H_0: \rho=0$		
	Leopold	Conesa
Leopold	1.00000	0.86948 <.0001
Conesa	0.86948 <.0001	1.00000

Cuadro 30. Estadísticos de correlación Pearson con la transformación z de Fisher

Pearson Estadísticos de correlación (Transformación z de Fisher)								
Variable	Con variable	N	Correlación de muestra	Z de Fisher	Ajuste sesgado	Estimador de la correlación	95% Límites de confianza	p valor para $H_0: \rho=0$
Leopold	Conesa	86	0.86948	1.33095	0.00511	0.86823	0.804309 0.912283	<.0001

Para identificar y calificar los impactos ambientales generados en obras y proyectos mineros, se reconoce a los métodos matriciales entre los más empleados, por su practicidad. Sin embargo, para seleccionar adecuadamente el mejor y más eficiente, se deben tener claros los objetivos y alcance del proyecto y considerar factores como: tamaño (área de influencia) y disponibilidad de recursos (tiempo, capital económico y capital humano).

La selección no debería ser tan compleja, pero hasta el momento los criterios de comparación se basan en supuestos subjetivos dados por expertos en Evaluación de Impacto Ambiental, el presente trabajo, evidencia estadísticamente la diferencia entre dos de los métodos matriciales más conocidos, a través de la prueba no paramétrica de rangos con signo de Wilcoxon, dejando claro que para el estudio de caso no existe diferencia significativa entre calificar con el método de la matriz de Leopold y con el de la matriz de Conesa y que la correlación, es decir, la similitud en la valoración de los impactos, entre ambos métodos es mayor al 85%, esto significa que estadísticamente resulta igual evaluar con la matriz de Leopold que con la matriz de Conesa.

Aunque, calificar con la matriz de Conesa, requiere mayor tiempo y especialización, ya que su fórmula evalúa once términos independientes, mientras que con Leopold solo dos, por lo que es preferible que el calificador tenga juicio pleno y experiencia en la valoración de cada expresión; lo que también permite un mejor reconocimiento de los impactos, que a su vez establecer medidas de mitigación oportunamente; con lo anterior se recalca que lo necesario para seleccionar el método de EIA es tener claro el propósito, el alcance y los recursos disponibles.

En el presente estudio, tanto con el método de Conesa como con el de Leopold, se reconoció que el aprovechamiento de piedra en el Ejido Sabana del Rosario genera 86 impactos diferentes, de los cuales 50 son negativos pero ninguno es severo o crítico, esto se debe principalmente a que la operación de la mina se realiza de forma manual, lo que disminuye la generación de ruido, compactación

de suelo y la emisión de partículas suspendidas en el aire; evita emisión de gases contaminantes, uso y almacenamiento de combustibles, derrames de hidrocarburos y generación de residuos peligrosos.

Los impactos adversos identificados se pueden mitigar fácilmente a través de prácticas como: rescate de flora y fauna, manejo integral de los residuos, obras de conservación de suelo, reforestación y por último, la restauración del sitio en la etapa de abandono. Los 36 impactos restantes resultaron benéficos para la población, principalmente por el incremento en el valor de la tierra y la generación de empleos directos, por lo que se puede definir como un proyecto sustentable de bajo impacto ambiental.

4.6 CONCLUSIONES

No existe diferencia estadísticamente significativa entre evaluar el impacto ambiental con la matriz de Conesa y la matriz de Leopold, con ambos métodos se identificó que la mina de piedra en el Ejido Sabana del Rosario genera un impacto negativo mínimo y poco representativo respecto a los beneficios económico y sociales que trae consigo su desarrollo, por lo que se puede denominar una actividad de aprovechamiento sustentable.

4.7 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la comunidad mexicana, que a través del Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACyT), apoyó el desarrollo del presente estudio por medio de la beca para estudiantes de Maestría; a la Universidad Autónoma Chapingo; al C. José Javier Urbina Reyes, Comisariado Ejidal del ejido Sabana del Rosario 2019-20212 y al C. José Félix Solís Urbina, trabajador de la mina la Pedrera.

4.7 REFERENCIAS

- Cacilda-Andre, J., Lastra-Rivero, J. F., & Acevedo-Rodríguez, P. (2019). Impactos ambientales de la explotación mecanizada de materiales para la construcción en Sumbe (Angola). *Minería y Geología*, 35(3), 338–357.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4°). Madrid, España: MUNDI-PRENSA.
- Diario Oficial de la Federación. (2018). ACUERDO por el que se da a conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con la categoría de área de protección de recursos naturales cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tílostoc y Temascaltepec, Estado de México. (p. 91). p. 91.
- INEGI- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2009). Minería.
- Marchevsky, N. J., Giubergia, A. A., & Ponce, N. H. (2018). Evaluación de impacto ambiental de la cantera “La Represa”, en la provincia de San Luis, Argentina. *Tecnura*, 22(56), 51–61.
- Montes de Oca-Risco, A., & Ulloa-Carcassés, M. (2013). Recuperación De Áreas Dañadas Por La Minería En La Cantera Los Guaos, Santiago De Cuba, Cuba. *Luna Azul*, (37), 74–88. <https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.6>
- Olivera, B., De la Fuente, A., Llano, M., Benumea, I., Sandoval, A., & Terry, W. (2018). Las Actividades Extractivas en México: minería e hidrocarburos hacia el fin del sexenio. 146. Retrieved from <https://fundar.org.mx/mexico/pdf/AnuarioExtractivas2017.pdf>
- Ramírez Ríos, A., & Polack Peña, A. M. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de La Ciencia*, 10(19), 191–208.
- Sánchez-crispin, Á., & Sánchez-salazar, M. T. (1988). LA MINERIA NO-METALICA EN MÉXICO: VISIÓN GEOGRÁFICO-ECONÓMICA CONTEMPORANEA Álvaro SÁNCHEZ-CRISPIN Maria Teresa SÁNCHEZ-SALAZAR *. Instituto de Geografía, UNAM.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2017). Inventario de Bancos de Materiales 2017 (Información bsica sobre localización y aprovechamiento de bancos de materiales pétreos para construcción y mantenimiento de carreteras).
- Secretaría del Medio Ambiente. (2020). Listado de minas autorizadas (vigentes) (pp. 1–12). pp. 1–12. Gobierno del Estado de México.
- Servicio Geológico Mexicano SGM. (2019). Anuario Estadístico de la Minera Mexicana 2018. (p. 544). p. 544.
- Sonhi-Manassa, M. F., Polanco-Almaza, R. G., & Legrá-Lobaina, A. A. (2019). Optimización económica de la transportación con camiones en una mina a cielo abierto profunda. *Minería y Geología*, 35(1).

- Soriano, Lady, Ruiz, M. E., & Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 18(2), 99. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i2.12102>
- Subsecretaría de Minería. (2018). Panorama Minero del Estado de México. 1–45. http://www.sgm.gob.mx/pdfs/EDO_MEXICO.pdf
- Viana Ríos, R. (2018). Minería en América Latina y el Caribe, un enfoque socioambiental. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 617–631. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.1066>
- Viloria Villegas, M. I., Cadavid, L., & Awad, G. (2018). METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EN COLOMBIA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 28. (<https://doi.org/10.18359/rcin.2941>), 121–156
-