

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

ENVIRONMENTAL COSTS AS A DETERMINING FACTOR IN THE FRACKING ANALYSIS FOR THE MUNICIPALITY OF CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

John Hernando Escobar Rodríguez^{I*}  <https://orcid.org/0000-0002-8516-2433>

Daniel Isaac Roque^I  <https://orcid.org/0000-0002-7536-025X>

Ángela Yolima Cita Velandia^{II}  <https://orcid.org/0000-0002-5636-0107>

^I Corporación Universitaria Iberoamericana, Bogotá, Colombia

^{II} Universidad de Cundinamarca, Facatativá, Colombia

*Autor para dirigir correspondencia: john.escobar@yahoo.com.ar

Clasificación JEL: L71, M14, M41

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6894709>

Recibido: 16/04/2022

Aceptado: 20/07/2022

Resumen

Esta investigación analiza los factores y variables más importantes que inciden en la valoración y cuantificación de los costos ambientales producidos por el *fracking*, y su impacto en un contexto ambiental, económico y social en el municipio de Chiquinquirá (Boyacá). En la zona rural de Chiquinquirá esta práctica de explotación de hidrocarburos no convencionales ha generado diferentes problemáticas a nivel social, económico y del medio ambiente, ocasionando un detrimento importante en el bienestar de la población de este sector en el país, tanto para el medio ambiente como para la calidad de vida de los habitantes. La metodología se desarrolló bajo un análisis descriptivo con un enfoque cuantitativo. Los resultados obtenidos evidencian los indicadores más relevantes que inciden en la valoración de los costos ambientales por parte de la empresa que está realizando *fracking* en la zona rural del municipio de Chiquinquirá (Boyacá).

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Palabras clave: medio ambiente, valoración ambiental, medición, impacto ambiental

Abstract

This research analyzes the most important factors and variables that affect the assessment and quantification of the environmental costs produced by fracking, and its impact in an environmental, economic and social context in the municipality of Chiquinquirá (Boyacá). In the rural area of Chiquinquirá, this practice of exploiting unconventional hydrocarbons has generated different problems at a social, economic and environmental level, causing a significant detriment to the well-being of the population in this sector in the country, both for the environment as for the quality of life of the inhabitants. The methodology was developed under a descriptive analysis with a quantitative approach. The results obtained show the most relevant indicators that affect the assessment of environmental costs by the company that is carrying out fracking in the rural area of the municipality of Chiquinquirá (Boyacá).

Keywords: environment, environmental assessment, measurement, environmental impact

Introducción

En las últimas cuatro (4) décadas la problemática de la escasez de los recursos se hace cada vez más evidente. Los hidrocarburos convencionales como el petróleo son fuente importante de riqueza, empleabilidad y se convierte en el recurso más importante y apreciado por el entorno empresarial en todo el mundo. De acuerdo con su gran demanda, el incremento de la explotación, generó una crisis de carácter energético en la última década. Es por este aspecto que se desarrolló la técnica de estimulación hidráulica denominada *fracking*, la cual permite la extracción de gas, petróleo, gasolina, y demás combustibles, mediante un proceso de perforación direccionada horizontalmente que potencia la producción a escala industrial. En el caso del gobierno nacional de Colombia, y el de otros países, se ha visto que han tomado la decisión de darle un nuevo impulso al desarrollo de estos yacimientos no convencionales con esta técnica de fracturación hidráulica.¹⁻³

De acuerdo con la problemática ambiental generada por la sobre explotación de recursos naturales como son los hidrocarburos en los países en vía de desarrollo, se hace necesario indagar sobre las externalidades negativas que produce esta nueva técnica empleada en las últimas cuatro décadas. En primer lugar, cabe acotar que el *fracking* determina un punto de partida coyuntural en la mayoría de los países de Suramérica; donde la implementación de esta técnica está sujeta a reglamentaciones estrictas por parte de los gobiernos de cada uno de los países. La explotación masiva de recursos naturales se ha transformado en una de las más importantes y mayores fuentes de riqueza para los países tanto potencias económicamente como emergentes.⁴⁻⁶

En la actualidad la extracción de hidrocarburos se considera como fuente importante para la generación de empleo, aumento de la demanda de consumo, crecimiento de las exportaciones y un mejoramiento importante a nivel de desarrollo económico que contribuyen asimismo al crecimiento y fortalecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) en cada Estado. Hoy en día el afán de los países por la explotación masiva de hidrocarburos como el petróleo, ha generado que se implementen métodos de extracción que no son adecuados para suplir las necesidades inmediatas de la demanda interna y externa que a diario

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

presentan los países para establecer ventajas competitivas eficientes a nivel económico y comercial, que permitan a cada uno de ellos destacarse en un mundo globalizado; en el cual el petróleo se constituye en el producto más importante que engrana y subyace los eslabones de los sectores económicos en el mundo.⁷⁻⁹

En cuando a este nuevo método de extracción hidráulica denominado *fracking* y a las fracturas provocadas por el mismo proceso en los yacimientos petrolíferos, se hace necesario investigar los efectos a nivel social, económico y ambiental que puede generar este nuevo método en la población de la zona rural chiquinquireña y los costos ambientales que se producen al implementar esta nueva técnica. De acuerdo con lo anteriormente descrito, se establece como objetivo general en esta investigación, el analizar los costos ambientales producidos por el *fracking* en la zona rural del municipio de Chiquinquirá (Boyacá) y de esta manera dar respuesta a la pregunta problémica establecida en este proyecto: ¿Cuáles son los costos ambientales producidos por el *fracking* en la zona rural del municipio de Chiquinquirá (Boyacá)?

En el municipio de Chiquinquirá alrededor del año 2014 se descubrieron dos (2) yacimientos de pozos petrolíferos de gran volumen, que, según investigaciones recientes, evidenciaron en este aspecto que “la implementación del método de extracción mediante fracturación hidráulica es un tema muy polémico, debido a los impactos ambientales negativos que estaba generando esta técnica de explotación no convencional en la zona rural del municipio”.¹⁰ Este tema ha sido estudiado y difundido por diferentes academias científicas entre las cuales se encuentran; instituciones de diferentes áreas geográficas tales como: Estados Unidos, Alemania, Canadá, Reino Unido, Australia, China y Sudáfrica. El Municipio de Chiquinquirá ubicado en Boyacá, es un área geográfica clave en América del Sur donde no se evidencian investigaciones realizadas, a pesar de los grandes esfuerzos del uso, preservación y recuperación de los recursos naturales en esta área geográfica.¹¹⁻¹³

En la actualidad, Colombia presenta un porcentaje importante a nivel de región económica, en el cual las exportaciones de petróleo se convierten en el producto más importante que contribuye al Producto Interno Bruto (PIB) de manera significativa. En algunos países ha generado una discusión importante en lo referente a la disposición y uso de los químicos utilizados para tal proceso y el manejo de los residuos que genera implementar un método de extracción de esta índole, que en la mayoría de las veces no contempla el impacto social y ambiental que puede producir y sus efectos a nivel social y económico para la población directamente afectada y para el país.¹⁴

A continuación, se evidencia en porcentaje el nivel de exportaciones de los tres primeros productos de mayor importancia en la economía colombiana en el año 2019. (ver **Tabla 1**)

Tabla 1. Productos Principales de Exportación en Colombia

Producto	Total % Exportaciones Año 2019
Petróleo	28%
Briquetas de carbón	20%
Café	6,9%

Fuente: elaboración propia

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Nota: Representa un constructo de los productos de mayor relevancia para la economía colombiana a nivel de exportación para el año 2020

De igual manera se ha evidenciado que la contaminación ambiental provocada por el *fracking*, genera una inestabilidad y deterioro en la calidad de vida de los habitantes de la zona afectada por este fenómeno. No obstante, menciona que la práctica denominada *fracking* genera daños ambientales que afectan directamente en el corto plazo a las comunidades que viven en el territorio en que se realiza.¹⁵⁻¹⁷

En este aspecto en el departamento de Boyacá, más específicamente el municipio de Chiquinquirá, para el año 2019, se evidenció que bajo un convenio que comprendía la adquisición de 257 kilómetros autorizados por el gobierno para realizar una exploración sísmica, permitiría identificar yacimientos importantes de estos apreciados recursos de hidrocarburos en Boyacá y Cundinamarca. El convenio fue ejecutado por la compañía polaca Geofizyka Torún, conocida por practicar el *fracking* y que hasta el momento lo realiza en esta zona de afectación. A causa de ello, la calidad de vida de los habitantes de la zona rural del municipio ha venido en deterioro, a causa de la contaminación ambiental generada por esta empresa, que hasta el momento no ha implementado estrategias de mitigación de este fenómeno y tampoco el valorar y cuantificar los costos ambientales que se hacen necesarios establecer en esta clase de industrias.¹⁸⁻²⁰

El bienestar en la calidad de vida de una sociedad se ve afectado cuando los servicios ecosistémicos tienen alguna alteración, trascendiendo por lo económico, lo que condiciona conocer cómo el costo involucra aspectos de abastecimiento, culturales, escénicos y de bioseguridad, cuestión analizada en este artículo. Por lo tanto, se hace necesario establecer estrategias efectivas que logren generar una sinergia entre lo industrial y lo ambiental.⁹ Es importante considerar que, si bien la valoración a nivel de costo ambiental y uso efectivo de los SE (servicios ecosistémicos), la valoración en los Costos Ambientales debe incluir los servicios ecosistémicos que se pierden por las externalidades: “los servicios ambientales o servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los constituyen, sostienen y cumplen la vida humana.”²¹⁻²³

Desde el ámbito jurídico y legal aunque existen normativas para el control y la auditoria para la explotación de recursos naturales en Colombia, muchas veces estas legislaciones son incipientes y quedan a la deriva ya que cada departamento o municipio tiene de acuerdo a sus gobernantes diferentes procedimientos en donde el tema de regalías por parte de la explotación de estos recursos se convierte muchas veces en focos de corrupción de la administración pública en la cual no se rigen ni contemplan las normativas existentes por parte del Estado, obteniendo de esta manera beneficios particulares y no beneficios sociales que determinan un daño a nivel general tanto de recursos monetarios como del mismo medio ambiente.²⁴⁻²⁶

La regulación de este fenómeno no solamente en Colombia es tema de controversia en diferentes países emergentes también han generado un rechazo generalizado. De igual manera se menciona que “por esta nueva práctica que genera un daño ambiental de gran magnitud en donde las transnacionales no realizan los debidos procesos a nivel de contemplación y cálculo de los costos ambientales que se hacen necesarios determinar para cuantificar la relación costo-beneficio al realizar e implementar este método de explotación”²⁷

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

El artículo finaliza con una reflexión que se acerque al concepto de un costo ambiental a partir de la relación que existe entre contabilidad y naturaleza.

Materiales y Métodos

La metodología a desarrollar en esta investigación se estableció desde un tipo de estudio de análisis descriptivo con un enfoque cuantitativo, lo que permite identificar los aspectos más relevantes que inciden en la valoración y cuantificación de los costos ambientales Y en la aplicación de los modelos matemáticos de valoración ambiental más adecuados y si estos en realidad se están considerando por parte de las empresas que están implementando la técnica del *fracking* en el sector rural del municipio de Chiquinquirá Boyacá. También se determinó que el diseño a implementar en esta investigación sería bajo una investigación experimental, en donde se determinó la relación que puede existir entre la valoración o no de los costos ambientales por parte de las empresas que implementan el *fracking* para la explotación de hidrocarburos y el impacto que actualmente tiene la zona rural de Chiquinquirá a nivel económico y ambiental. Así mismo se calculó una muestra de carácter representativo de la población rural del municipio de Chiquinquirá que se está viendo afectada por esta nueva técnica de explotación de hidrocarburos para aplicar posteriormente el instrumento que determinará la situación real del *fracking* en esta zona del país y detallar de esta manera los análisis respectivos a la investigación.

En la fase 1, se analizaron los antecedentes teóricos relevantes, así como también los aspectos conceptuales y jurídicos que enmarcan todo lo relacionado con el *fracking* desde un contexto global y a nivel del escenario colombiano.

En la fase 2, se identificaron las variables y las categorías que más inciden de acuerdo con la problemática del *fracking* en la zona rural del Municipio de Chiquinquirá. Se procedieron a analizar cuatro (4) variables de estudio y su respectivo análisis mediante la aplicación del instrumento, tomando una muestra representativa, la cual se calculó por el método y técnica de Muestreo Aleatorio Simple²⁸ con un (K) de confianza del 95% (1,96), determinando una muestra de 263 habitantes en total. (ver **Ecuación 1**).

Muestra Aleatoria Simple

Ecuación 1

$$n = \frac{K^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + K^2 * p * q}$$

Fuente: Zylberberg, 2016

$$\frac{(1,96)^2(0,5)(0,5) (835)}{(0,05)^2 (835 - 1) + (1,96)^2 (0,5)(0,5)}$$

$$Muestra(n) = 263$$

Fuente: elaboración y cálculos propios

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Este instrumento se estructuró con base a doce preguntas en las cuales cada una de ellas se relacionaron dentro de las cuatro categorías de análisis establecidas en esta investigación, las cuales son: Contexto General, Impacto Ambiental, Impacto Social e Impacto Económico. Las preguntas fueron las siguientes:

Tabla 2. Estructura Preguntas del Instrumento Aplicado por Categoría Analizada

Contexto General	Impacto Ambiental	Impacto Social	Impacto Económico
1. ¿Está usted de acuerdo que se realice <i>fracking</i> en la zona rural del municipio de Chiquinquirá?	4. ¿Cree usted que las actividades asociadas al <i>fracking</i> , ha aumentado los niveles de contaminación ambiental: en el aire, ¿en el agua y en el suelo?	7. ¿La salud de su núcleo familiar se ha visto afectada por las actividades asociadas a la práctica del <i>fracking</i> ?	10. Cree usted que se ha disminuido la pobreza con la llegada a la zona rural del municipio de la(s) empresa(s) que practican <i>fracking</i> ?
2. ¿Conoce usted si está autorizada la práctica del <i>fracking</i> en la zona rural del municipio de Chiquinquirá?	5. ¿Cree usted que las actividades asociadas al <i>fracking</i> , generan un impacto ambiental negativo para la zona rural del Municipio de Chiquinquirá?	8. ¿Ha tenido usted o su familia oportunidad de vinculación laboral con la(s) empresa(s) que desarrollan <i>fracking</i> en la zona rural del municipio de Chiquinquirá?	11. ¿Ha aumentado su nivel de ingresos desde que llego a la zona la(s) empresa(s) que realizan <i>fracking</i> ?
3. ¿Conoce usted las causas y consecuencias que trae para la zona rural del municipio la práctica del <i>fracking</i> ?	6. ¿Supone usted que la (s) empresa(a) que realizan <i>fracking</i> toman las medidas y precauciones necesarias para disminuir el impacto ambiental?	9. ¿Cree usted que ha mejorado la calidad de vida de los habitantes de la zona rural del municipio con las empresas(s) que realizan <i>fracking</i> ?	12. ¿Cree usted que el municipio se beneficia económicamente con la práctica del <i>fracking</i> ?

Fuente: elaboración propia

Nota: Representa unas las preguntas que se estructuraron en la aplicación del instrumento para el año 2020

El Instrumento mencionado anteriormente se aplicó a los 263 individuos habitantes de la vereda Varela y en Chiquinquirá, determinando de esta manera el impacto observado y analizado en las variables y categorías ya definidas que ha producido el *fracking* tanto de manera individual, social y empresarial en la zona de estudio. Posteriormente después de tener toda la información recolectada se procedió a tabular cada una de las respuestas para así determinar qué variables poseen mayor incidencia a la hora de

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Analizar de los Costos Ambientales Producidos por el *fracking* en la zona rural del municipio e Chiquinquirá en Boyacá.

La distribución de las categorías por cada pregunta se convierte en aspectos importantes dentro del análisis de cada variable. (ver **Tabla 3**).

Tabla 3. Variable-Categoría

Variable - Categoría	Asociación por Pregunta
1. Contexto General	1, 2,3
2. Impacto Ambiental	4, 5,6
3. Impacto Social	7, 8,9
4. Impacto Económico	10, 11,12

Fuente: elaboración propia

Nota: Representa las variables que se determinaron en el correspondiente estudio y su asociación por categoría analizada

Resultados

De acuerdo con la información obtenida a través del instrumento aplicado, se puede evidenciar la siguiente distribución porcentual a partir de las respuestas de los individuos encuestados por cada categoría relacionada con su correspondiente variable. (ver **Figura 1**)

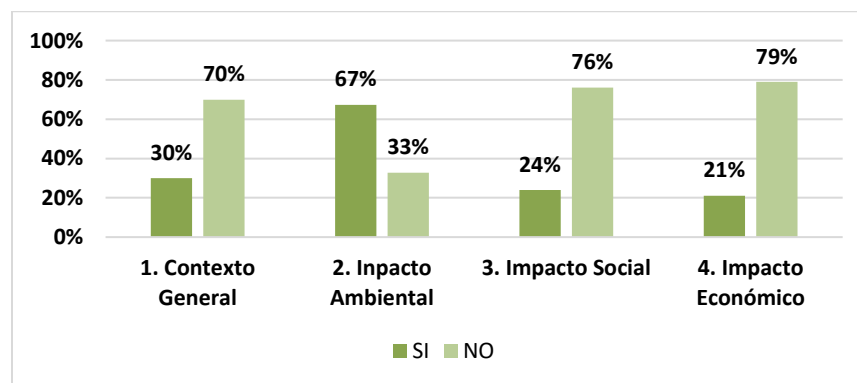


Figura 1. Porcentajes por Variable - Categoría Asociada

Fuente: elaboración y cálculos propios

Nota: Establece la porcentualidad por cada variable en la categoría respectiva

En la variable Contexto General se analizó la percepción que tienen los individuos del sector rural del municipio de Chiquinquirá (Boyacá) con respecto a la técnica de explotación de hidrocarburos denominada *fracking* en el sector. Para ello en las preguntas 1, 2 y 3 que están directamente relacionadas con la variable-categoría Contexto General se evidenció que el 70% de los encuestados manifiestan que no están de acuerdo con la práctica de este método de extracción en la zona, no saben de una manera

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

certera si esta práctica está autorizada en el municipio y tienen un total desconocimiento de las causas y consecuencias que puede ocasionar la práctica del *fracking* en este sector, en comparación del 30% de los encuestados que manifiestan conocer la práctica y las causas y consecuencias que se desarrollan al implementar este método de extracción.

En la *Variable Impacto Ambiental* se puede determinar que los encuestados bajo los interrogantes asociados a esta variable en las preguntas 4, 5 y 6; el 67% declaran que son conscientes y tienen conocimiento que la técnica del *fracking* tiene un impacto negativo y que se relaciona con los mayores niveles de contaminación tanto en el aire, agua y suelo en el sector donde se encuentra la empresa que implementa esta técnica, generando actividades asociadas que causan un daño ambiental en gran magnitud en la zona de explotación. De igual manera los individuos objetos de estudio de la zona rural del municipio de Chiquinquirá expresan que la empresa que utiliza esta técnica no procede a realizar las medidas y precauciones necesarias para disminuir o mitigar el daño ambiental. Por otra parte, el 33% de los habitantes encuestados manifiestan que el *fracking* no tiene mayor incidencia en la generación de daños ambientales en el sector y por el contrario la empresa es consciente de establecer las medidas necesarias para no afectar de manera negativa en mayor grado al medio ambiente.

En la *Variable Impacto Social* se determinó la incidencia que tiene la empresa generadora de *fracking* en la zona a nivel social, enfocando este análisis en tres dimensiones: salud, empleo y calidad de vida. En este apartado el 76% de los habitantes manifiestan que la llegada de esta empresa extranjera a explotar el petróleo de la zona no ha generado un impacto positivo a nivel de empleabilidad y progreso de la calidad de vida de los pobladores, al contrario expresan que no han encontrado oportunidades de vinculación laboral ya que esta empresa requiere de personal altamente calificado para realizar sus funciones, al ser una zona rural del municipio, el nivel de educación de sus habitantes en la mayoría no alcanza ni siquiera a la educación media tradicional. En cuanto a la pregunta si el *fracking* afecta a la salud de su círculo familiar la percepción esta equilibrada en un 50% a favor y 50% en contra de acuerdo con la pregunta formulada.

En la *variable Impacto Económico* se evidencia; que el 79% de los encuestados de acuerdo con las preguntas asociadas a este ítem (10, 11 y 12) expresaron que la llegada de esta empresa extranjera al municipio no ha ocasionado que se genere un impacto positivo en la disminución de la pobreza y aún más, no ha mejorado el nivel de ingreso de sus habitantes y mucho menos beneficio para el municipio. De acuerdo con la viabilidad de explotación de estos recursos, manifiestan que toda la utilidad la recauda la empresa extranjera para su propio beneficio, aprovechándose en gran nivel de los recursos naturales y más específicamente del petróleo con el que cuenta el municipio.

De acuerdo con el análisis de las cuatro (4) variables que se establecieron en la investigación, se puede determinar que el *fracking* de una manera importante, según la percepción de la comunidad del sector rural del municipio de Chiquinquirá, es un método que causa un daño ambiental importante del sector, evidenciando también que la empresa de explotación de hidrocarburos que se encuentra en la zona no demuestra que realice algún proceso o procedimiento para tomar las medidas necesarias para mitigar el daño ambiental que está ocasionando. Por otra parte, el establecimiento en el municipio de esta empresa transnacional no ha ejecutado acciones que permitan un cambio importante en la calidad de vida de los individuos, las oportunidades de vinculación laboral han sido nulas, por consiguiente, el nivel de ingresos para los habitantes del sector se ha mantenido igual y no ha generado ningún bienestar a nivel social o

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

económico. De igual manera, se analiza según la percepción que manifiestan los encuestados, que el municipio no ha tenido los beneficios económicos correspondientes por parte de la empresa explotadora de hidrocarburos. Desde que llegó la empresa, las obras urbanas o sociales que implementa la alcaldía siguen igual, los niveles de pobreza no han disminuido, no se observa la inversión en ningún sector por las regalías que debería dejar esta empresa trasnacional al municipio para la correspondiente inversión social.

En la Fase 3, de manera paralela también se empleó un instrumento de recolección de información a los trabajadores de la empresa Geofizyca Torún que realiza *fracking* en el municipio de Chiquinquirá, específicamente en la vereda de Varela. Este instrumento se les aplicó a 50 trabajadores evaluando tres categorías (3) categorías (1. Impacto Ambiental, 2. Impacto Social y 3. Impacto Económico) para determinar la precepción de los colaboradores frente a esta investigación. De acuerdo con lo anterior se evidenció lo siguiente:

Impacto Ambiental

De acuerdo con la primera categoría establecida, y a las tres preguntas asociadas a la misma se evidenciaron los resultados siguientes. (ver **Tabla 4**).

Tabla 4. Análisis Impacto Ambiental

Ítem	Categorización	Total Numérico	Total %
Ítem 1 Nivel de Impacto:(Alto, Medio o Bajo)	Alto	44	88%
	Medio	5	10%
	Bajo	1	2%
	TOTAL	50	100%
Ítem 2 Siendo 5 el nivel de más alto impacto y 1 el de más bajo impacto	1	12	24%
	2	4	8%
	3	8	16%
	4	7	14%
	5	19	38%
	TOTAL	50	100%
Ítem 3 Siendo 5 el nivel de más alto impacto y 1 el de más bajo impacto	1	17	34%
	2	10	20%
	3	10	20%
	4	1	2%
	5	12	24%
	TOTAL	50	100%

Fuente: Elaboración y cálculos propios

Nota: Se evidencia el total porcentual en la incidencia de la categoría impacto ambiental

De acuerdo con la evidencia de la tabla 3, se puede apreciar que los trabajadores de la empresa sostienen y reafirman que los químicos utilizados en la técnica de explotación mediante el *fracking* sí causan un

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

daño ambiental irreversible manifestando en la categorización que tiene un efecto nocivo Alto en un 88%. De igual manera los empleados manifiestan en un 38% en la segunda pregunta asociada, que la empresa si realiza procesos para mitigar el daño ambiental pero que estos procedimientos, en un 34%, no son los más efectivos para mitigar el daño causado por la empresa explotadora.

Impacto Social

En este variable los trabajadores de la empresa transnacional manifestaron lo siguiente en las preguntas asociadas de la 4 a la 6. (ver **Tabla 5**)

Tabla 5. Análisis Impacto Social

Contexto	ítem 4	ítem 5	ítem 6
SI	50%	68%	58%
NO	50%	32%	42%
TOTAL	100%	100%	100%

Fuente: elaboración y cálculos propios

Nota: Se evidencia el total porcentual en la incidencia de la categoría impacto social

De acuerdo con información de la tabla anterior, se puede evidenciar en el ítem 4 con un 68% que los empleados encuestados, que tienen conocimiento de qué son los Costos Ambientales en su fundamentación teórica y aplicativa. En el ítem 6 con un 58% los colaboradores expresan que tienen conocimiento que las empresas si cuantifican y valoran estos costos ambientales y expresan que cuantificar estos costos de alguna manera positiva impulsa y contribuye a la mitigación ambiental y al desarrollo sostenible del municipio.

Impacto Económico

En este variable los trabajadores de la empresa transnacional manifestaron lo siguiente en las preguntas asociadas de la 7 a la 9. (ver **Tabla 6**).

Tabla 6. Análisis Impacto Económico

Contexto	ítem 7	ítem 8	ítem 9
SI	84%	88%	80%
NO	16%	12%	20%
TOTAL	100%	100%	100%

Fuente: elaboración y cálculos propios

Nota: Se evidencia el total porcentual en la incidencia de la categoría impacto económico

De acuerdo con información de la tabla anterior, se puede evidenciar en el ítem 7, 8 y 9, que los encuestados manifiestan que las empresas que realizan *fracking* mejoran la calidad de vida en los aspectos como la empleabilidad, el nivel de ingreso impulsa el comercio y la economía alrededor de la zona de explotación y lo más importante que generan responsabilidad social empresarial y contribuyen al desarrollo sostenible de la vereda, del municipio y de la región.

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Como resultados se evidencian que la mayoría de la población se encuentra en desacuerdo con el *fracking*, dadas las consecuencias que puede sufrir el suelo y el subsuelo, un recurso necesario para el desempeño de su actividad económica. En este sentido se observa que se están vulnerando derechos colectivos y se hace necesaria la aplicación de uno de los principios más relevantes como lo es la precaución ante la ausencia real de información frente a los efectos nocivos que conlleva la práctica del *fracking*, tanto por la utilización de químicos radioactivos de alta exposición y que causan una afectación considerable a la salud humana, como en todo lo relacionado con el medio ambiente.

A medida que la dependencia económica de hidrocarburos se intensifica, la explotación de estos también, extendiéndose así sobre áreas protegidas, territorios y zonas naturales sin conocer a profundidad los daños irreversibles que esta ocasiona. La alerta por falta de una normativa eficiente en el país se intensifica, pues los pocos estudios frente a los costos y consecuencias ambientales son percibidos como una forma de favorecer intereses privados dado que al no ser muy clara la autorización de una explotación diferente a la tradicional, se emiten permisos y licencias sin un debido control. Aún hace falta estructurar una legislación adecuada y eficiente que gire en torno al control ambiental y se enfoque en reglamentar la valoración y cuantificación real de los costos ambientales por parte de las empresas que practican esta técnica de *fracking*, esto en pro del cuidado de los ecosistemas naturales y en el desarrollo y progreso económico de la población.

Discusión

De acuerdo con los estudios de caso e investigaciones mencionados anteriormente, como referentes y antecedentes importantes sobre la temática de valoración de los costos ambientales por parte de las empresas que explotan hidrocarburos no convencionales, desde las últimas cuatro (4) décadas hasta la actualidad, se hace necesario enfatizar que la afectación ambiental por parte de las multinacionales que realizan *fracking* en los países emergentes en Suramérica es evidente y el daño ambiental es considerable. Por esta razón se realizó el análisis respectivo de los costos ambientales que produce el *fracking* en el sector rural del municipio de Chiquinquirá (Boyacá), una zona petrolífera por excelencia en hidrocarburos en Colombia en los últimos años; lo que permitió determinar en esta investigación los aspectos y variables más relevantes y que inciden en todo el proceso que realiza este método no convencional de explotación de hidrocarburos en la zona de estudio, así como su impacto en cuatro (4) aspectos o contextos en los cuales se realizaron los análisis pertinentes a este estudio, los cuales son: un contexto general, social, ambiental y económico.

Cuando se habla de valorar los costos ambientales, se hace necesario traer a la discusión la visión social en la que se evalúan las relaciones del ser humano con la naturaleza por medio de la consideración como parte de ella, por tanto, la contabilidad como disciplina debe realizar un control ambiental en el que se asigna y representa un papel a la naturaleza en la dinámica social y al mismo tiempo se establecen las formas en las cuales el hombre se apropia de ella. A partir de esta teoría, y tal como se evidencia a través del documento, la naturaleza es tratada como una fuente de recursos económicos, en la que, a partir de una visión capitalista, se legitima la producción de nuevas formas de renta, por lo que se convierte en un problema público, generando grandes afectaciones sobre el interés común a escalas locales, regionales y/o globales.

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

Hay que tener en cuenta que este método de explotación de hidrocarburos al ser un proceso de extracción rápida del recurso natural, las probabilidades de afectación a la zona son altas. Para ello la valoración y cuantificación de los costos ambientales se convierten en un método que cobra gran relevancia dentro de la mitigación del impacto ambiental, contribuyendo en gran medida en generar una conciencia administrativa, a reinventar procesos en pro de un desarrollo sostenible eficiente en todos los aspectos en lo concerniente a lo económico, social y ambiental.

Conclusiones

La práctica del *fracking* genera impactos negativos considerables, tanto para el medio ambiente como para la población circundante a la empresa que implementa la técnica de explotación de hidrocarburos no convencionales, entre otros efectos adversos. Se requiere una mayor profundización con respecto a la temática de desarrollo sostenible y su importancia a la hora de generar un equilibrio entre la economía y el medio ambiente, los cuales deben ser plasmados en normativas claras; en donde las empresas que practican este método, cuantifiquen y realicen una valoración evidente de los costos ambientales, determinen procesos eficientes con el medio ambiente y generen el desarrollo económico y el bienestar social pertinente para toda la zona afectada por el *fracking*.

Aunque existen normativas internacionales en las cuales algunos países tienen reglamentado la explotación de sus recursos naturales mediante el método del *fracking*, otros no lo permiten, ya que el daño ambiental producido por esta técnica es bastante considerable. En Colombia en la actualidad no existe una normatividad clara al respecto de la utilización de esta técnica, cada departamento a través de su gobernación y de instituciones ambientales otorgan las licencias o no de explotación de los recursos mediante esta técnica, de acuerdo con las regalías que pueden generar la explotación de dichos recursos para la nación y para el departamento.

Los análisis respectivos determinaron que en realidad el *fracking* es un método o técnica de explotación de recursos no convencionales, que genera un impacto negativo a nivel social y ambiental expresado y evidenciado por los habitantes de la zona que no ha generado ni crecimiento ni desarrollo económico para la vereda ni para sus habitantes. De igual manera los colaboradores de la empresa que realizan *fracking* en la zona, expresan y son conscientes que los químicos empleados sí generan un daño ambiental importante siendo concluyentes que en realidad los costos ambientales representan un factor relevante a la hora de valorar el daño ambiental producido por una organización.

Referencias bibliográficas

1. Lin J, Chen Y, Chang C. Costs and environmental benefits of watershed conservation and restoration in Taiwan. *Ecological Engineering*. [Internet]. 2020; 142(1): 1-8. [consultado 24 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105633>
2. Ziety E, Stolarky M, Krzyzaniak M, et al. Environmental external cost of poplar wood chips sustainable production. *Journal of Cleaner Production*. [Internet]. 2020; 252(1): 1-12. [consultado 18 Ene 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119854>
3. Pinto J, Valderrama A. Fracking, yacimientos en roca generadora y salud humana; entre la incertidumbre y la precaución. *Revista de la Universidad Industrial de Santander, Salud*. [Internet].

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

- 2019; 55(4): 1-4. [consultado 06 Jun 2022]; Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v51n2/0121-0807-suis-51-02-99.pdf>
4. Ortega A, Marín D. Fracking como garantía de Seguridad Energética en países con bajas reservas de petróleo convencional. INGEUCUC. [Internet]. 2020; 17(1): 201-215. [consultado 15 May 2022]; Disponible en: DOI: <http://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.16>
 5. García de Jalón S. FlowRegEnvCost: Un paquete R para evaluar el costo ambiental de regulación de caudal del río. Gestión de Recursos Hídricos. [Internet]. 2020; 34(2): 675-684. [consultado 23 May 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1007/s11269-019-02466-7>
 6. Spelda P, Stritecky V. The future of human-artificial intelligence nexus and its environmental costs. Futures. [Internet]. 2020; 117(1): 1-5. [consultado 23 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102531>
 7. Martínez-Sánchez D, Jiménez G. Hydraulic fracturing considerations: Insights from analogue models, and its viability in Colombia. Earth Sciences Research Journal. [Internet]. 2019; 23(1): 5-15. [consultado 22 Jun 2022]; Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/esrj/article/view/69760/pdf>
 8. Wyzczykier G, Acacio J. Controversias ambientales y producción de energía extrema en Vaca Muerta: apuntes para el debate. Política y Sociedad. [Internet]. 2020; 10(2): 1-22. [consultado 10 Feb 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.5209/poso.65320>
 9. Méndez-Paz F, Rodríguez-Villamizar L, Idrovo A. Fracking and glyphosate amid COVID-19 pandemic in Colombia. Revista de Salud Pública. [Internet]. 2021; 23(3): 1-2. [consultado 07 Mar 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.15446/rsap.v23n3.96204>
 10. Tascón M, Castro P, Andez-Cuesta C, et al. Environmental transaction costs and speed of adjustment to target debt in European carbon emitters. Journal of Cleaner Production. [Internet]. 2020; 256(1): 1-10. [consultado 08 Ene 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120483>
 11. Salomone M. El conflicto por el fracking en Mendoza (2013-2019). Aportes para una periodización. Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Jujuy. [Internet]. 2020; 57(3): 117-146. [consultado 25 Jun 2022]; Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cfhycs/n57/n57a05.pdf>
 12. Reboratti C. Tensiones geográficas: controversias y conflictos ambientales en Argentina. Investigaciones Geográficas. [Internet]. 2019; 100(2): 1-9. [consultado 15 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.14350/rig.60015>
 13. Droni G. Costos ambientales-sociales en el marco de la mercantilización de los recursos naturales. Contextos de vulnerabilidad social-ambiental. Derecho Global. Estudios Sobre Derecho y Justicia. [Internet]. 2021; 6(17): 77-06. [consultado 10 Abr 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.32870/dgedj.v6i17.356>
 14. Chen X, Wang Z, An Y, et al. Environmental Pollution Cost Model for Land Development Projects. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. [Internet]. 2019; 358(1): 1-8. [consultado 08 Ene 2022]; Disponible en: DOI: <doi:10.1088/1755-1315/358/2/022061>
 15. Paris M, Civit B, Corica L. Valoración Económica de los Impactos Ambientales por el uso del suelo con enfoque de Ciclo de Vida. Estado del Arte. Ambiente Construido. [Internet]. 2020; 20(2): 367-383 [consultado 02 Abr 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200404>
-

LOS COSTOS AMBIENTALES COMO FACTOR DETERMINANTE EN EL ANÁLISIS DEL FRACKING PARA EL MUNICIPIO DE CHIQUINQUIRÁ (BOYACÁ)

16. Isaac D, Escobar J, Oliva de Cón F, et al. Los Costos Ambientales en los Proyectos de Inversión. Palermo Bussines Review. [Internet]. 2020; 22(2): 85-100 [consultado 17 Ene 2022]; Disponible en: https://www.palermo.edu/negocios/cbrs/pdf/pbr22/PBR_22_05.pdf
17. Capurro V, Martínez J, Bustamante C, et al. Daño Ambiental en el Litoral Marino peruano causado por el derrame de petróleo (enero 2022) en la refinería de Pampilla. Manglar. [Internet]. 2022; 19(1): 67-75 [consultado 22 Jun 2022]; Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/303/430>
18. Guevara J.. Entre el Petróleo y el Medio Ambiente: La Lucha Ambiental de la Corporación Regional Yariguíes-GEAM en Barrancabermerja, Colombia. Clivatge. [Internet]. 2021; 9(1): 1-44 [consultado 05 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://revistes.ub.edu/index.php/clivatge/article/view/CLIVATGE2021.9.4/34289>
19. Egorova S, Bogdanovich I, Kistaeva N, et al. Environmental costs as an indicator of sustainable development. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019). [Internet]. 2019; 140(3): 1-7 [consultado 12 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201914009007>
20. Zhang L, Zhang Z, Ma Y, et al. Assessment of Environmental Degradation Costs: A Case Study of Beijing and Tianze Agricultural Parks. Journal of Physics: Conference Series. [Internet]. 2019; 1419(5): 1-18 [consultado 01 Jun 2022]; Disponible en: DOI: [10.1088 / 1742-6596 / 1419/1/012007](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1419/1/012007)
21. Dieile B. Escenario de Fracking en Brasil. Estudios Latinoamericanos. Nueva Época. [Internet]. 2019; 44(1): 129-146 [consultado 10 Abr 2022]; Disponible en: <http://revistas.unam.mx/index.php/rel/article/view/77203>
22. Charry-Ocampo S, Pérez A. Efectos de la Estimulación Hidráulica (Fracking) en el Recurso Hídrico: Implicaciones en el Contexto Colombiano. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. [Internet]. 2019; 28(1): 135-164 [consultado 07 Abr 2022]; Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2549>
23. Wagner L. Fracking en el Sur de Mendoza: Riesgos Incertidumbres y Resistencias en Contexto de una Mega-Sequía. Punto Sur 5. [Internet]. 2021; 10(1): 91-111 [consultado 20 May 2022]; Disponible en: DOI: [doi: 10.34096/ps.n5.11001](https://doi.org/10.34096/ps.n5.11001)
24. Saravia J. Benito Juárez Sin Fracking...O cómo un Movimiento Vecinal Evitó la Aplicación de la fractura Hidráulica. MILLCAYAC - Revista Digital de Ciencias Sociales. [Internet]. 2020; 7(12): 255-276 [consultado 11 Maz 2022]; Disponible en: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/millca-digital/article/view/1708/2150>
25. Pakhtigian E, Jeuland M. Valuing the Environmental Costs of Local Development: Evidence From Households in Western Nepal. Ecological Economics. [Internet]. 2019; 158(1): 158-167. [consultado 15 May 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.021>
26. Bejarano M, Sordo-Ward A, Gabriel-Martin I, et al. Tradeoff between economic and environmental costs and benefits of hydropower production at run-of-river- diversion schemes under different environmental flows scenarios. Journal of Hydrology. [Internet]. 2019; 572(2): 790-804 [consultado 07 Jun 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.048>
27. Tovar B, Tichavska M. Environmental cost and eco-efficiency from vessel emissions under diverse SOx regulatory frameworks: A special focus on passenger port hubs. Transportation Research Part D: Transport and Environment. [Internet]. 2019; 69(1): 1-12. [consultado 17 May 2022]; Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.01.019>

28. Zilberberg A. Probabilidad y Estadística. New York: Editorial MacGraw Hill; 2016.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no presentar conflictos de intereses

Contribución de los autores

- John Hernando Escobar Rodríguez: conceptualización, contribuyó en la recogida y el procesamiento y análisis de los datos, escritura-borrador original, redacción: revisión y edición.
- Daniel Isaac Roque: analizó los datos y escritura-borrador original.
- Ángela Yolima Cita Velandia: conceptualización y escritura-borrador original.