

Economic values transfer for the estimation of the environmental restoration impacts of the areas exploited as mines in the Perote Valley, Veracruz

Daniela Ruiz Sandoval¹

Oscar Antonio Arana Coronado^{1*}

Fabiola Sandoval Salas²

Stéphane Godbout³

Nathalie Gravel⁴

José de Jesús Brambila Paz¹

José Jaime Arana Coronado¹

Abstract

Mine closures and restoration of exploited areas do not have a comprehensive methodology that guides the decision making in terms of the final destination of the areas used to extract stone materials. Consequently, it is necessary to have useful tools that allow a better decision making related to the environmental policies and the sustainable development of a region. This process becomes difficult because there is not always information on the goods, services or impacts that generate to the natural patrimony and the of the environmental quality, also, there is not a homogeneous methodology that allows to know its values. Through the economic assessment on the environmental services provided by the ecosystems related to the different restoration systems of the mining areas within the municipalities of Villa Aldama and Perote, it will be possible to obtain an economic value. This value reflects the benefits of the area in terms of production, as well as of ecosystem services, therefore, better decisions can be made for its implementation and in this way, it will be possible to collaborate in environmental conservation and restoration.

Keywords: Environmental assessment, environmental recovery, profit transfer, environmental services, mining.

Transferencia de valores económicos para la estimación de los impactos de la restauración ambiental de los espacios explotados como minas en el Valle de Perote, Veracruz

Resumen

El cierre de minas y la restauración de los sitios explotados, no cuentan con una metodología integral que sirva de guía para tomar decisiones respecto al destino final de las zonas que fueron usadas para la extracción de material pétreo. Es por ello que se vuelve necesario contar con herramientas útiles que permitan una mejor toma de decisiones relacionadas con las políticas ambientales y el desarrollo sustentable de una región. Este proceso se vuelve difícil, pues no siempre se cuenta con la información de los bienes, servicios o impactos que generan al patrimonio natural y la calidad del ambiente,

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, km 36.5 México 136.5, Montecillo, Texcoco Edo. de México, C. P. 56230, México.

²Tecnológico Nacional de México, Campus Perote, carretera Federal México-Perote 140, Centro, C. P. 91270, Perote, Ver., México.

³Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement IRDA. 2700 rue Einstein, Québec, QC G1P 3W8, Canadá.

⁴Université LAVAL, 2405, rue de la Terrasse, local 3103, Québec (Québec) G1V.

*Corresponding author: aranaosc@colpos.mx Tel: 595 95 20200, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5720-7561>.

además, no se cuenta con una metodología homogénea que permita conocer sus valores. A través de la valoración económica sobre los servicios ambientales prestados por los ecosistemas asociados a los diferentes sistemas de restauración de las zonas mineras en los municipios de Villa Aldama y Perote, se podrá obtener un valor económico. Este valor refleja los beneficios del área en términos de producción, así como de servicios eco-sistémicos, por lo que se podrán tomar mejores decisiones para su implementación y de esa manera se podrá colaborar en la conservación y restauración ambiental.

Palabras clave: Valoración ambiental, recuperación ambiental, transferencia de beneficios, servicios ambientales, explotación minera.

Introduction

All economic activity generates a modification in the environment (López and Eslava, 2011). As a consequence, the life quality of the people exposed to changes within their environment has deteriorated. This is the case of the mining activity, which generates an environmental impact in the various stages of its process: exploration, exploitation, and closure (Belloti, 2011). This human activity generates impact on three key components for the sustainable development: economy, society, and environment (Torres et al., 2018). The most visible impacts are those at environmental level because there is not a balance between the exploitation policies of deposits and the preservation of ecosystems (Torres et al., 2018).

The mine closure and restoration of exploited areas do not have a comprehensive methodology that guides the decision making about the final destination of these areas. It is this that the need to have a useful work tool for the decision making related to the environmental policies and sustainable development of the country, emerges (Guerrero and Figueroa, 2010; Montero and Salazar, 2011). Given the natural heritage and environmental quality, it is difficult to have an objective decision making, because most of the public policies are developed based on the economic issues. Which confronts us with a new problem, because the information on the ecosystem goods and services is scattered and does not have a homogenous methodology that allows to know their price (Balbanera et al., 2012; Bastian et al., 2012; Crossman et al., 2013; Sanjurjo and Welsh, 2005).

The lack of a market in which these services can be developed, as well as the need to assess an impact, have caused that specialists implement a tool called "environmental economic assessment," with the aim of assign an amount that reflects the rele-

Introducción

Toda actividad económica genera una modificación en el ambiente (López y Eslava, 2011). Como consecuencia, la calidad de vida de las personas que están expuestas a cambios en su entorno se ve deteriorada. Tal es el caso de la explotación minera, que genera un impacto ambiental en las diversas etapas de su proceso: exploración, explotación y cierre (Belloti, 2011). Esta actividad humana genera incidencia en tres componentes fundamentales del desarrollo sustentable: economía, sociedad y ambiente (Torres et al., 2018). Los impactos más evidentes son a nivel ambiental, ya que no existe un equilibrio entre las políticas de explotación de los yacimientos y la preservación de los ecosistemas (Torres et al., 2018).

El cierre de minas y la restauración de los sitios explotados no cuentan con una metodología integral que sirva de guía para tomar decisiones respecto al destino final de estas zonas. Es entonces que surge la necesidad de contar con una herramienta de trabajo útil para la toma de decisiones relacionadas con las políticas ambientales y el desarrollo sustentable del país (Guerrero y Figueroa, 2010; Montero y Salazar, 2011). Al tratarse de patrimonio natural y calidad del ambiente, es difícil una toma de decisiones objetiva, pues las políticas públicas en su mayoría se desarrollan con base en cuestiones económicas. Lo que nos enfrenta a un nuevo problema, pues la información de los bienes y servicios ecosistémicos es dispersa y no cuenta con una metodología homogénea que permita conocer su precio (Balbanera et al., 2012; Bastian et al., 2012; Crossman et al., 2013; Sanjurjo y Welsh, 2005).

La ausencia de un mercado en el que se desenvuelvan estos servicios y la necesidad de evaluar su impacto ha generado que los especialistas desarrollen una herramienta denominada "valoración económica ambiental", con el objetivo de asignar

vance of a natural area simply through the fact that it exists. These valuations apply the cost-benefit logic; the social and environmental benefits generated by the green areas, are numerous, but the lack of information in this regard, has complicated the real valorization of the environmental goods (Maes et al., 2011; Ghermandi and Nunes, 2013; Schägner et al., 2013).

Most of the research related to the economic assessment of the natural areas have agreed on making two important distinctions between the use and non-use values to develop a more efficient valuation (Sanjurjo and Welsh, 2005; Barzev, 2002; Aznar and Estruch, 2015). Once the services given by an area were identified, it is possible to develop a new primary valuation study, or the value transfer can be used from similar studies (Navrud and Ready, 2007). The value transfer implies that the calculated values are obtained from one or several previous primary studies, where the service has been assessed in a study area similar to where the new valuation is intended to be conducted.

The benefit transfer methodology allows to use the efforts in pre-existing specific studies, and through them build an approximation to the valuation in other regions or similar areas in less time and with less economic investment, it is evident that this type of valuations cannot be conducted without searching and a deep analysis for each study to be used, because there must be certain similarities between the areas so that the transfer adheres to reality (Brower, 2000; Bruno and Sarmiento, 2016). This method consists of the "adaptation" of the monetary values of environmental goods estimated in an original research known as study area, and it is transferred to a similar context also called policy site, where the value is unknown (Rosenberger and Loomis, 2003; Osorio and Correa, 2004).

Schägner et al. (2013) argue that 84 % of the studies related to the economic assessment of existing ecosystem services, totally or partially use the benefit transfer. This phenomenon occurs either, due to the practicality of the method technique, the cost-efficiency of its use or the potential it has as a tool for information synthesis (Liu et al., 2010; Barbier et al., 2011; De Groot et al., 2012; Valdez et al., 2013)

The aim of this article is to establish the benefit transfer method for the economic assessment of the restoration of exploited sites such as open-cast

una cantidad que refleje la importancia que tiene un área natural por el simple hecho de existir. Estas valoraciones aplican la lógica del costo-beneficio; los beneficios sociales y ambientales que se generan por las áreas verdes son múltiples, pero la falta de información al respecto ha complicado la valorización real de los bienes ambientales (Maes et al., 2011; Ghermandi y Nunes, 2013; Schägner et al., 2013).

La mayoría de las investigaciones relacionadas con la valoración económica de las áreas naturales han coincidido en hacer dos grandes distinciones entre los valores de uso y de no uso para poder realizar una valoración más eficiente (Sanjurjo y Welsh, 2005; Barzev, 2002; Aznar y Estruch, 2015). Una vez identificados los servicios que proporciona un área, se puede realizar un nuevo estudio de valoración primaria, o bien, se puede hacer uso de la transferencia de valores a partir de estudios similares (Navrud y Ready, 2007). La transferencia de valores implica que los valores calculados se obtienen de uno o varios estudios primarios previos en donde el servicio ha sido valorado en un sitio de estudio similar a donde se pretende realizar la nueva valoración.

La metodología de transferencia de beneficios permite aprovechar los esfuerzos en estudios puntuales preexistentes, y a través de ellos construir una aproximación a la valoración en otras regiones o áreas similares en menor tiempo y con una menor inversión económica, es evidente que no se puede realizar este tipo de valoraciones sin una búsqueda y un profundo análisis a cada uno de los estudios a utilizar, pues deben existir ciertas similitudes entre los sitios para que la transferencia se apegue a la realidad (Brower, 2000; Bruno y Sarmiento, 2016). Este método consiste en la "adaptación" de los valores monetarios de bienes ambientales estimados en una investigación original conocida como sitio de estudio, y se lleva a un contexto similar llamado también sitio de política, donde se desconoce el valor (Rosenberger y Loomis, 2003; Osorio y Correa, 2004).

Schägner et al. (2013) argumenta que el 84 % de los estudios relacionados con la valoración económica de servicios ecosistémicos existentes, utilizan la transferencia de beneficios de forma total o parcial. Este fenómeno se da ya sea por la practicidad en la técnica del método, el costo-eficiencia de su uso o por el potencial que tiene como herramien-

mines in the municipalities of the center of the state of Veracruz, prior to its general description.

Methodological approach

Mexico is a country with wide mining tradition, due to its geographical location, its territory has a great wealth and mining potential of both, metallic and non-metallic materials (Nava et al., 2008). According to official figures, May 2010, 26,559 mining concessions had been granted in Mexico, covering an approximate area of 27.1 million hectares, this is, 13.8 % of the national territory (López and Eslava, 2011). This number of concessions has been reduced, because in 2019, there were only 25 221 concession titles, in other words, 20.9 million hectares, however, it is still a high number (SE, 2012). That is to say, the country is the fourth most important destination for mining investment worldwide and the first in Latin America (SE, DGPM, 2012). According to the Secretary of the Environment and Natural Resources, the concessioned area to mining in Mexico, if we consider the period from 1993 to 2012, was 97.86 million hectares, which implies 49.8 % of the national territory, for 2019 there were 20 970 million hectares (SE, 2012).

Mining is present in 26 states of Mexico, and it is alarming that most of them are in states with environmental issues such as water shortage, high carbon indexes, biodiversity loss, among others. *The Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade* (2015) reported the presence of 1 504 cases of environmental conflicts at international level, 33 of them corresponded to Mexico, which places it in the 11th place worldwide in terms of registered conflicts. In Table 1 the state distribution is seen, as well as the types of mining extraction in the country.

At national level, three of the biggest issues generated by the mining are listed in Figure 1, each one of them generates important consequences in the country, for this study, the most important is that linked to the environmental depredation. The open-cast mining leads to high ecological impacts that, in many cases, could be classified as environmental disaster, because causes irreversible effects on the physical environment which almost always ends in the destruction of the ecological balance of the area (Cárdenas, 2013; Hermann and Zappettini, 2014).

ta para la síntesis de información (Liu et al., 2010; Barbier et al., 2011; De Groot et al., 2012; Valdez et al., 2013)

El objetivo de este artículo es establecer el método de transferencia de beneficios para la valoración económica de la restauración de sitios explotados como minas a cielo abierto en tres municipios de la zona centro del estado de Veracruz, previa la descripción de manera general del mismo.

Enfoque Metodológico

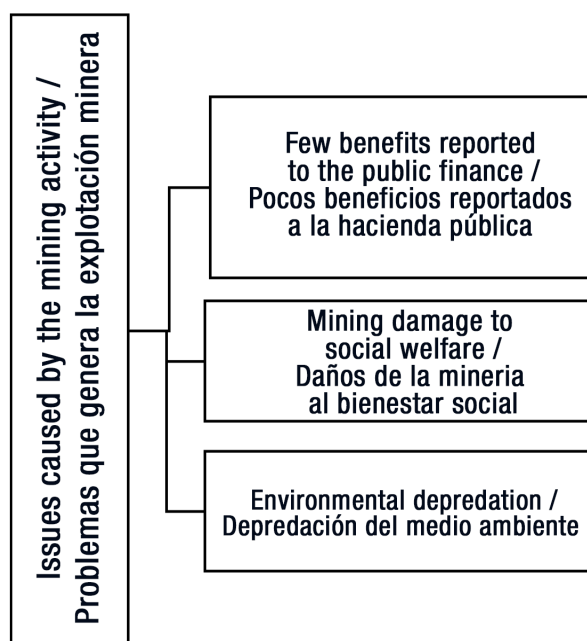
México es un país con una amplia tradición minera, debido a su localización geográfica, su territorio posee una gran riqueza y potencial minero tanto de materiales metálicos como no metálicos (Nava et al., 2008). Según cifras oficiales, en mayo de 2010 se habían otorgado 26 559 concesiones mineras en México, abarcando una superficie aproximada de 27.1 millones de hectáreas, es decir, el 13.8 % del territorio nacional (López y Eslava, 2011). Este número de concesiones se ha visto reducido ya que al 2019 únicamente se contaba con 25 221 títulos de concesión, es decir, 20.9 millones de hectáreas, sin embargo, no deja de ser una cifra elevada (SE, 2012). Es decir, el país es el cuarto destino más importante para la inversión minera a nivel mundial y el primero de América Latina (SE, DGPM, 2012). De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la superficie concesionada a la minería en México si se considera el periodo de 1993 a 2012 fue de 97.86 millones de hectáreas, lo que implica el 49.8 % del territorio nacional, para 2019 se trataba de 20 970 millones de hectáreas (SE, 2012).

La minería tiene presencia en 26 estados de la República Mexicana, y resulta alarmante que la mayor parte se encuentran en estados con problemas ambientales como escasez de agua, altos índices de carbono, pérdida de biodiversidad, entre otros. *The Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade* (2015) reportó la existencia de 1 504 casos de conflictos ambientales a nivel internacional, 33 de ellos correspondían a México, lo que lo coloca en el lugar número 11 a nivel mundial en cuanto a conflictos registrados. En el Cuadro 1 se observa la distribución estatal y los tipos de extracción minera en el país.

Table 1. State distribution and mining extraction.
Cuadro 1. Distribución estatal y tipos de extracción minera.

| Types of mines | States |
|------------------------------|---------------------|
| Metallic / Metálicos | Baja California |
| | Sonora |
| | Chihuahua |
| | Sinaloa |
| | Durango |
| | Zacatecas |
| | San Luis Potosí |
| | Nayarit |
| | Jalisco |
| | Aguascalientes |
| | Guanajuato |
| | Colima |
| | Michoacán |
| | Querétaro |
| | Hidalgo |
| | Estado de México |
| | Guerrero |
| | Oaxaca |
| Non-metallic / No metálicos | Baja California Sur |
| | Nuevo León |
| | Morelos |
| | Puebla |
| | Tlaxcala |
| | Yucatán |
| Oil and gas / Petróleo y gas | Quintana Roo |
| | Tamaulipas |
| | Veracruz |
| | Tabasco |
| | Campeche |
| | Chiapas |
| Coal / Carbón | Coahuila |

Source: INEGI, Economic Censuses 2019.
Fuente: INEGI, Censos Económicos 2019.



Source 1. Issues caused by the mining activity.

Source: Own elaboration with data of Cárdenas (2013).

Figura 1. Problemas provocados por la explotación minera.

Fuente: Elaboración propia con datos de Cárdenas (2013).

The urban growth, as well as the loss of green areas due to human activities, has increased in the last years. Through the economic assessment on the environmental services provided by associated ecosystems, to the different restoration systems of the mining areas in the municipalities of Villa Aldama and Perote, it could be possible to obtain an economic value. This value will reflect the benefits of the area in terms of production, as well as of ecosystem services, therefore, better decisions can be made for its implementation, and it will be possible to help conservation and sustainable development. This research constitutes a progress, because it was possible to assess, from the diagnostic developed in a mining region, through a benefit transfer, the impacts of the different recovery systems that have been developed until now, with this information, recovery plans that better adapted and that can generate the greatest benefit can be created.

Materials and methods

Rosenberger and Loomis (2003) clearly define the benefit transfer "The benefit transfer is the adaptation of information derived from an original research, for

A nivel nacional, tres de los más grandes problemas que genera la explotación minera son los enlistados en la Figura 1, cada uno de ellos genera consecuencias importantes en el país, para esta investigación el más importante, es el vinculado a la depredación del medio ambiente. La explotación minera a cielo abierto conlleva altos impactos ecológicos que, en muchos casos, se podrían catalogar como desastre ambiental, pues ocasionan afectaciones irreversibles al entorno físico lo que concluye casi siempre en la destrucción del equilibrio ecológico de la zona (Cárdenas, 2013; Hermann y Zappettini, 2014).

El crecimiento urbano, así como la pérdida de espacios verdes debido a actividades humanas ha ido en aumento en los últimos años. A través de la valoración económica sobre los servicios ambientales prestados por los ecosistemas asociados a los diferentes sistemas de restauración de las zonas mineras en los municipios de Villa Aldama y Perote, se podrá obtener un valor económico. Dicho valor reflejará los beneficios del área en términos de producción, así como de servicios eco-sistémicos, por lo que se podrán tomar mejores decisiones para su implementación y se podrá ayudar a la conservación

this to be applied in a different context of study”, in other words, the method involves the benefit transfer estimated in an area (study area) to the area of interest (policy site). It is necessary to consider that the values derived from the benefit transfer constitute a first approach, valuable for those who make decisions about the benefits or social costs of ecosystem services (Osorio and Correa, 2004).

To explain the methodology of the benefit transfer, Rosenberger and Loomis (2003) define as V_s , the measure obtained in the study area; V_p , the information needed in the policy site. In the process, estimations of V_{pj} result for the policy site j , from the values obtained in an original research in the study area i , V_{si} . The values of the study area V_{si} transfer the value V_{ti} to apply the policy in the area j : $V_{si} = V_{ti}$.

Osorio (2006) points out that the benefit transfer method is basically divided into three classes: fixed values transfer, transfer of functions and functions of meta-regression analysis. However, Ruiz-Agudelo et al. (2011) argue that there are two approaches for the benefit transfer a) value transfer and b) transfer of functions (Figure 2).

y desarrollo sustentable. Esta investigación constituye un avance, ya que se logró valorar, a partir del diagnóstico realizado en una región minera, a través de una transferencia de beneficios los impactos de los diferentes sistemas de recuperación que se han desarrollado hasta el momento, con esta información se pueden crear planes de recuperación que mejor se adapten y que mayor beneficio puedan generar.

Materiales y métodos

Rosenberger y Loomis (2003) definen de manera clara la transferencia de beneficios “La transferencia de beneficios es la adaptación de información derivada desde una investigación original para la aplicación de ésta en un contexto diferente de estudio”, es decir, el método involucra la transferencia del beneficio estimado en un sitio (sitio de estudio) al sitio de interés (sitio de política). Es necesario considerar que los valores derivados de la transferencia de beneficios constituyen una primera aproximación, valiosa para tomadores de decisiones acerca de los beneficios o costos sociales de los servicios ecosistémicos (Osorio y Correa, 2004).

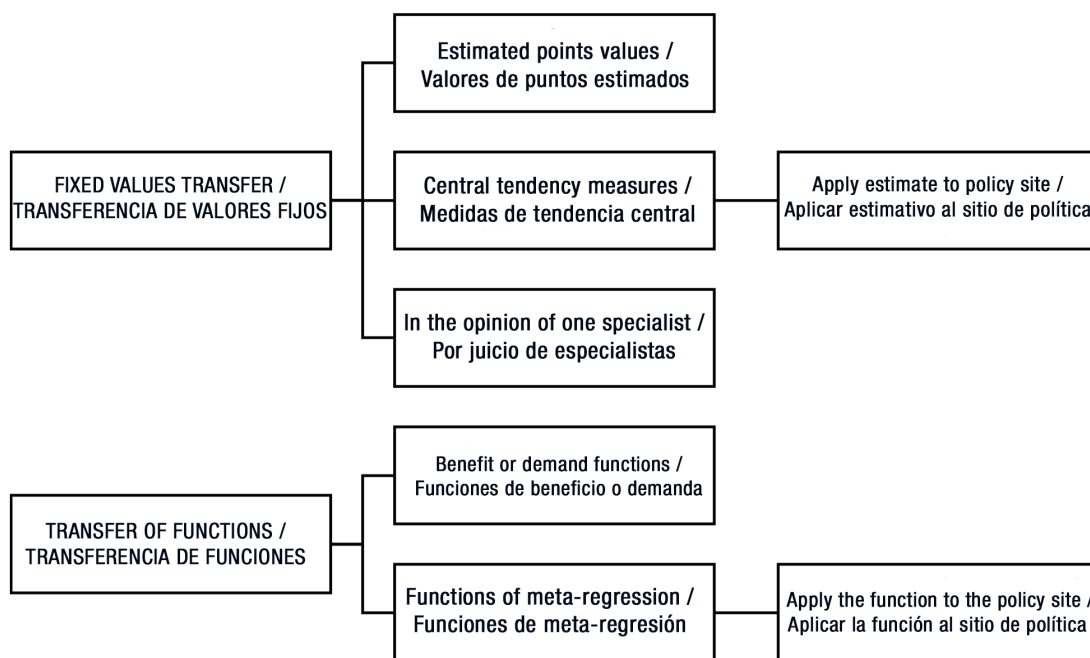


Figure 2. Benefit transfer methods.

Source: Own elaboration from the information of Rosenberger and Loomis 2001; Correa, 2005 and Osorio, 2006.

Figura 2. Métodos de transferencia de beneficios.

Fuente: Elaboración propia a partir de información de Rosenberger y Loomis 2001; Correa, 2005 y Osorio, 2006.

The fixed values transfer estimates the total benefits of the policy site, based on unit values from the study area data (Osorio, 2006). In other words, values from an original research are directly applied to a policy site or of intervention (Osorio, 2006). According to the literature, there are three ways of applying the benefit transfer method: transfer of estimated points, of central tendency measures and of opinion of specialists (Table 2).

Transfer of functions: It transfers functions or models that define the relation between data vectors collected in a study area (Correa, 2005). The transfer of functions is considered a better option than the one of values, because it allows to control the differences in the study area and in the intervention site and, thus, more adjusted values to the context are obtained (Carriazo e Ibáñez, 2003; Correa et al., 2011). One of its disadvantages is the great amount of needed data because, in general, the published studies do not have information on the socioeconomic and cultural characteristics of the studied population (Carriazo and Ibáñez, 2003).

Transfer of functions of meta-regression analysis: A meta-regression is a statistical synthesis of the results of a number of studies, only when they are developed in a systematic way (Borenstein et al., 2009). Meta-regressions have some advantages over other benefit transfer techniques: for example, as they have the ability to combine and summarize enormous amounts of information of previous studies, they capture the heterogeneity between and in the studies (differences in the value measure, population and valuation methods) (Bergstrom and Taylor, 2006; Osorio, 2006). This analysis avoids the loss of important valuation details through the time and space in the aggregation process, which is one of the biggest weaknesses of other methodologies (Rosenberger and Loomis, 2001; Bergstrom and Taylor, 2006). Additionally, it provides a more rigorous measure and sensitive to varying study conditions (Rosenberger and Loomis, 2001), because “when a meta-regression is conducted, the measure of systematic relationship between the values of a study and the attributes of the study that generated that estimate, is sought” (Borenstein et al., 2009).

Para explicar la metodología de la transferencia de beneficios Rosenberger y Loomis (2003) definen, como V_s , la medida obtenida en el sitio de estudio; V_p , la información que se necesita en el sitio de política. En el proceso derivan estimaciones de V_{pj} , para el sitio de la política j , desde los valores obtenidos en una investigación original en el sitio de estudio i , V_{si} . Los valores del sitio de estudio V_{si} transfieren el valor V_{ti} para aplicar la política en el sitio j : $V_{si} = V_{ti}$.

Osorio (2006), plantea que el método de transferencia de beneficios se divide básicamente en tres clases: transferencia de valores fijos, transferencia de funciones y transferencia de funciones de análisis de meta regresión. Sin embargo, Ruiz-Agudelo et al. (2011) sostienen que existen dos aproximaciones para la transferencia de beneficios a) transferencia de valores y b) transferencia de funciones (Figura 2).

La transferencia de valores fijos estima los beneficios totales del sitio de política, a partir de los valores por unidad provenientes de los datos del sitio de estudio (Osorio, 2006), es decir, se aplican directamente los valores de una investigación original a un sitio de la política o de intervención (Osorio, 2006). Según la literatura existen tres formas de aplicar el método de transferencia de beneficios: transferencia de puntos estimados, de medidas de tendencia central y de juicio de especialistas (Cuadro 2).

La transferencia de funciones: Transfiere funciones o modelos que definen la relación entre los vectores de datos recolectados en un sitio de estudio (Correa, 2005). La transferencia de funciones es considerada una mejor opción que la de valores, ya que permite controlar las diferencias en el sitio de estudio y el sitio de intervención y, por lo tanto, se obtienen valores más ajustados al contexto (Carriazo e Ibáñez, 2003; Correa et al., 2011). Una de sus desventajas es la enorme cantidad de datos necesarios ya que, por lo general, los estudios publicados no contienen información suficiente sobre las características socioeconómicas y culturales de la población estudiada (Carriazo e Ibáñez, 2003).

Transferencia de funciones de análisis de meta-regresión: Una meta-regresión es una síntesis estadística de los resultados de un número de estudios, solo cuando estos se realicen de forma

Table 2. Value transfer applications.
Cuadro 2. Aplicaciones de la transferencia de valores.

| Transfer of estimated points / Transferencia de puntos estimados | Transfer of central tendency measures / Transferencia de medidas de tendencia central | Opinion of specialists / Juicio de especialistas |
|---|--|--|
| Consists of using measures obtained in the original study developed in a context <i>i</i> to estimate the measures needed in the policy site with a context <i>j</i> . / Consiste en usar mediciones obtenidas en el estudio original realizado en un contexto <i>i</i> para estimar las medidas que se necesitan en el sitio de política con un contexto <i>j</i> . | Takes an average or other measure of central tendency from numerous studies available in the literature. / Toma un promedio u otra medida de tendencia central a partir de numerosos estudios disponibles en la literatura. | The total benefits of the site where the policy will be established are estimated by taking the values per unit from an opinion of a specialist or from an opinion process. / Los beneficios totales del sitio donde se establecerá la política se estiman tomando los valores por unidad provenientes de un juicio de un especialista o de un proceso de opinión |

Source: Own elaboration with information of Bruno and Sarmiento (2020).

Fuente: Elaboración propia con información de Bruno y Sarmiento (2020).

Description of the study area

The study area is located in the capital region of the state of Veracruz and is made up of Jalacingo, Perote and Villa Aldama (Figure 3).

The municipality of Villa Aldama is found in the Central area of Veracruz, in the coordinates 19° 39' North latitude and 97° 14' West longitude, at an altitude of 2 400 meters above sea level. It has an area of 79.0 km², a figure that represents 0.11 % of the total of the state. To the north it borders Altotonga, to the east with Las Minas, Tatatila and Las Vigas de Ramírez, to the south with Perote, to the west with Altotonga.

Perote is located in the coordinates 19° 34" North latitude and 97° 15" West longitude, at an altitude of 2 400 meters above sea level. The National Institute of Statistics and Geography (INEGI by its name in Spanish: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), points out that Perote has an area of 614.66 km², a figure that represents 0.85 % of the total of the state. To the north it borders Altotonga, Villa Aldama, Jalacingo, Las Vigas de Ramírez; to the east with Acajete and Tlalnelhuayocan; to the southeast with Xico; to the south with Ayahualulco, to the west with the state of Puebla.

sistemática (Borenstein et al., 2009). Las meta-regresiones tienen algunas ventajas sobre otras técnicas de transferencia de beneficios: por ejemplo, al tener la habilidad de combinar y resumir grandes cantidades de información de estudios previos, capturan la heterogeneidad entre y dentro de los estudios (diferencias en la medida del valor, la población y los métodos de valoración (Bergstrom y Taylor, 2006; Osorio, 2006). Este análisis evita la pérdida de importantes detalles de valoración a través del tiempo y del espacio en el proceso de agregación, lo cual es una de las mayores debilidades de otras metodologías (Rosenberger y Loomis, 2001; Bergstrom y Taylor, 2006). Además, provee una medida más rigurosa y sensible a las condiciones variantes de los estudios (Rosenberger y Loomis, 2001), ya que “cuando se hace una meta-regresión se busca la medida de relación sistemática entre los valores de un estudio y los atributos del estudio que generaron ese estimativo” (Borenstein et al., 2009).

Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la región capital del estado de Veracruz y está formada por Jalacingo, Perote y Villa Aldama (Figura 3).

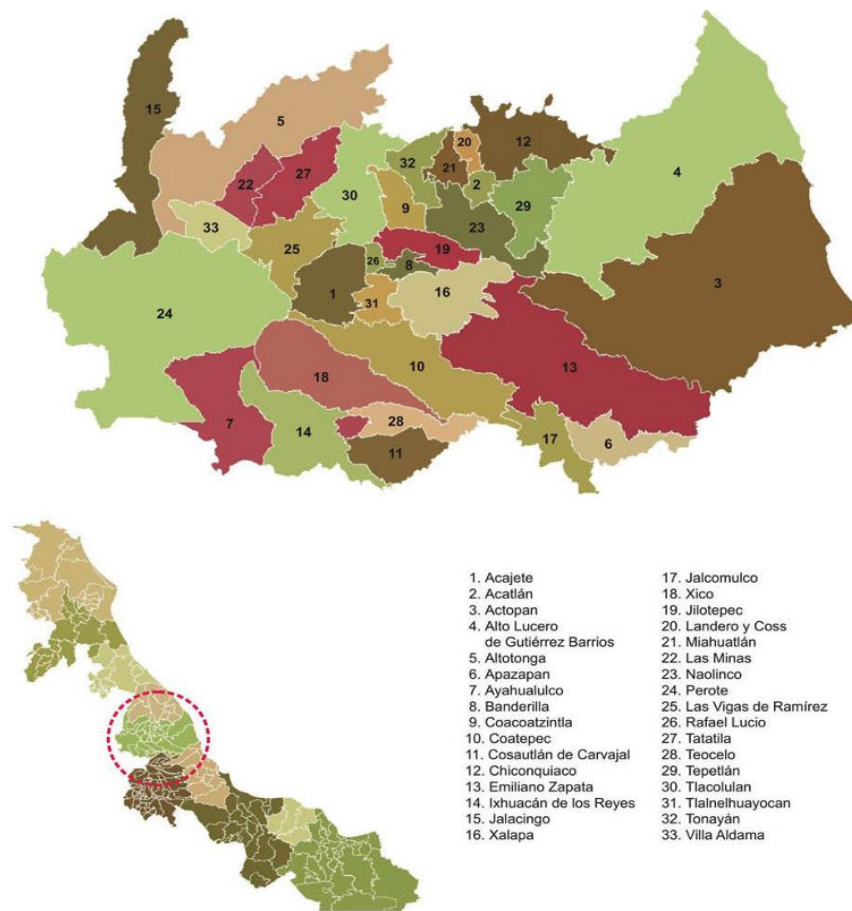


Figure 3. Capital Region.

Fuente: Government of the State of Veracruz, 2011.

Figura 3. Región Capital.

Fuente: Gobierno del Estado de Veracruz, 2011.

Jalacingo is located in the coordinates 19° 48' North latitude and 97° 18' West longitude, at an altitude of 1 944 meters above sea level. It has an approximate total area of 208 496 km². To the north it borders Tlapacoyan; to the east with Atzalan and Altotonga; to the south with Perote; to the west with the state of Puebla.

Physical characterization of the ecosystems

The municipality of Jalacingo is located in the central and mountainous area of the state, being its topography quite hilly. It is watered by the Xoloco rivers and others, tributaries of the Nautla river, its weather is temperate-humid with an average temperature of 13.9 °C. The ecosystems that coexist in the municipality are the deciduous forest, mountain cloud forest and oak forest, made up of pine trees with a fauna consisting of species such as armadil-

El municipio de Villa Aldama se encuentra en la zona Centro de Veracruz, en las coordenadas 19° 39' de latitud Norte y 97° 14' de longitud Oeste, a una altura de 2 400 msnm. Tiene una superficie de 79.0 km², cifra que representa un 0.11 % del total del Estado. Limita al Norte con Altotonga, al Este con Las Minas, Tatatila y Las Vigas de Ramírez, al Sur con Perote, al Oeste con Altotonga.

Perote se encuentra ubicado en las coordenadas 19° 34' latitud Norte y 97° 15' longitud Oeste, a una altura de 2 400 msnm. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), indica que Perote tiene una superficie de 614.66 km² cifra que representa un 0.85 % total del estado. Limita al norte con Altotonga, Villa Aldama, Jalacingo, Las Vigas de Ramírez; al este con Acajete y Tlalnahuayocan; al sureste con Xico; al sur con Ayahualulco, al oeste con el estado de Puebla.

los, rabbits, raccoons, birds and reptiles. 70 % of its territory is agricultural (INEGI,2017; Márquez and Márquez, 2009).

Perote has a rugged topography; the Cofre de Perote is located in the southern part of the Sierra Madre Oriental. Its hydrography is particularly important because in the Cofre de Perote three slopes are formed, those from the Huitzilapan and Nautla rivers, due to the numerous streams; there are short streams such as the Coccozatl, Tinimil, Aninilla, Obispo and the Venero de Pinaguztepec; in the others the Tilapa, Tecajete, Carnestolenda, Tonaco and Negra highlight. Its weather is cold-dry-regular with an average temperature of 12 °C. The three ecosystems that coexist are oyamel forest in the upper part, pine-oak forest; Juniperus forest in the middle part and xerophytic shrublands in the lower part, with fauna made up of rabbits, foxes, wild cats, among others (INEGI, 2017; Márquez and Márquez, 2009).

Villa Aldama is located on the foothills of Cofre de Perote; is watered by small rivers coming from the Altotonga river. Its weather is temperate-regular, with an average annual temperature of 18 °C. The soil distribution is 82 % agricultural territory, 18 % urban use. In terms of the ecosystems, it must be highlighted that it is a territory transformed, so there is no relevance in its biodiversity (INEGI, 2017; Márquez and Márquez, 2009).

Knowing the economic value of the area will allow to define which is the most convenient recovery strategy for the areas from the economic point of view, and with greater acceptance on the part of the mining companies, municipalities and general population. It will also leave the municipalities to have information that allows them to make decisions during the process and closing of authorizations for the exploitation of new mining areas.

Economic assessment method

The aim of the benefit transfer is to calculate the economic assessment of the impact on the recovery of mining areas for a better decision making (Hernández et al., 2013; Barrantes, 2016).

A review of web portals such as Scielo, Scholar Google, Scopus was developed, and Redalyc and Elsevier were visited to know studies that assessed the economic value of the forest or recovery of ag-

Jalacingo se encuentra ubicado en las coordenadas 19° 48' latitud Norte y 97° 18' longitud Oeste, a una altura de 1 944 msnm. Cuenta con una superficie total aproximada de 208 496 km². Limita al norte con Tlapacoyan; al este con Atzacan y Altotonga; al sur con Perote; al oeste con el estado de Puebla.

Caracterización física de los ecosistemas

El municipio de Jalacingo se encuentra ubicado en la zona central y montañosa del estado, siendo su topografía bastante accidentada. Está regado por los ríos Xoloco y otros, tributarios del río Nautla, su clima es templado-húmedo con una temperatura promedio de 13.9 °C. Los ecosistemas que coexisten en el municipio son el de bosque caducifolio, bosque mesófilo de montaña y bosque de encinos, formado por pinos con una fauna compuesta por especies como armadillos, conejos, mapaches, aves y reptiles. El 70 % de su territorio es agrícola (INEGI,2017; Márquez y Márquez, 2009).

Perote cuenta con una topografía quebrada; el Cofre de Perote se localiza en la parte sur de la Sierra Madre Oriental. Su hidrografía es muy importante puesto que en el Cofre de Perote se forman tres vertientes, las de los ríos Huitzilapan y Nautla, debido a los numerosos arroyos; existen arroyos de corto caudal como el Coccozatl, Tinimil, Aninilla, Obispo y el Venero de Pinaguztepec; en otros destacan el Tilapa, Tecajete, Carnestolenda, Tonaco y Negra. Su clima es frío-seco-regular con una temperatura promedio de 12 °C, Los 3 ecosistemas que coexisten son bosque de oyamel en la parte alta, bosque de pino-encino; bosque de juniperus en la parte media y matorral xerófilo en la parte baja, con fauna compuesta por conejos, zorros, gato montés, entre otros (INEGI, 2017; Márquez y Márquez, 2009).

Villa Aldama se encuentra situado sobre las estribaciones del Cofre de Perote; es regado por pequeños ríos provenientes del río Altotonga. Su clima es templado-regular, con una temperatura media anual de 18 °C. La distribución de su suelo es 82 % territorio agrícola, 18 % uso urbano. En cuanto a los ecosistemas, es de destacar que es un territorio transformado, por lo que no hay relevancia en su biodiversidad (INEGI, 2017; Márquez y Márquez, 2009).

Conocer el valor económico del área permitirá definir cuál es la estrategia de recuperación de

ricultural areas. The criteria to select the study cases for the benefit transfer were: 1) estimated measure of well-being (WTP marginal unit); 2) contingent valuation application for contingent valuation of impact; 3) similarity with the policy site; 4) econometric model used to estimate economic values.

For this research, the use of transfer of functions was selected; in this way, more information on the differences between the policy site and the study area and the effect on the population, can be used. The benefit function estimated is (Saldarriaga and Patiño, 2016):

$$(1) \quad DAP_{ij} = f(G_j, H_i)$$

Where:

DAP_{ij} : is the willingness to pay of the population i in an area j :

G_j : are the environmental characteristics of the area j .

H_i : are the characteristics of the population i .

Alternatively, the benefit function can value the average WTP for the population in the area j based on the aggregated measure for H_i . The function is also applicable for environmental goods and services.

Finally, as part of the method, the called viability test was estimated, which allowed to contrast the validity of the results obtained through the benefit transfer method (Rosenberger and Loomis, 2001). For this, it is assumed that the estimated value in the baseline or developed study in certain study area is observable, or the study when calculating said value approximates the real value of the environmental asset.

Therefore, it is established that V_{pp} is the value of the observed environmental good and V_{ps} the approximate value estimated by the study. In the application of the benefit transfer V_{ps} represents an estimated value, which refers to a value similar to the real value of the environmental asset. V_{ps} is the value transferred to a different area, but with similar characteristics:

$$(2) \quad V_{ps} = V_{pp} + \delta_{ps}$$

las áreas que más conviene desde el punto de vista económico y con mayor aceptación por parte de las empresas mineras, los municipios y la población en general. También permitirá a los municipios contar con información que les permita la toma de decisiones durante el proceso y cierre de autorizaciones para la explotación de nuevos sitios mineros

Método de valoración económica

El objetivo de la transferencia de beneficios es estimar el valor económico del impacto sobre la recuperación de los sitios minados para una mejor toma de decisiones (Hernández et al., 2013; Barrantes, 2016).

Se realizó una revisión de portales como Scielo, Scholar Google, Scopus y se visitaron Redalyc y Elsevier para conocer los estudios que estimaron el valor económico de la recuperación de bosques o zonas agrícolas. **Los criterios para la selección** de los estudios de caso para la transferencia de beneficios fueron: 1) medida de bienestar estimada (unidad marginal DAP); 2) aplicación de valoración contingente para la valoración contingente del impacto; 3) similitud con el sitio de política; 4) modelo econométrico empleado para la estimación de los valores económicos.

Para esta investigación se seleccionó el uso de la **transferencia de funciones**, de esta manera se puede utilizar más información sobre las diferencias que existen entre el sitio de política y el sitio de estudio y el efecto en la población. La función de beneficio estimada es (Saldarriaga y Patiño, 2016):

$$(1) \quad DAP_{ij} = f(G_j, H_i)$$

Donde:

DAP_{ij} : es la disposición a pagar de la población i en un sitio j :

G_j : son las características ambientales del sitio j .

H_i : son las características de la población i .

Alternativamente, la función de beneficio puede predecir la DAP media para la población en el sitio j basado en la medida agregada para H_i . La función es igualmente aplicable para bienes y servicios ambientales.

Finalmente, como parte del método, se estimó la denominada prueba de viabilidad que permitió

Where:

V_{ps} is the transferred value.

V_{pp} is the value of the environmental good.

δ_{ps} is the error associated to the benefit transfer of the area i to the area j .

The empirical feasibility convergence test allows to calculate the percentage difference between V_{ps} and V_{pp} :

$$(3) \quad \% \Delta V_{ij} = \left[\frac{(V_{ps} - V_{pp})}{V_{pp}} \right] * 100$$

Where $i \neq j$, with the equations (2) and (3), it is concluded that the feasibility convergence measure is δ_{ps}/V_{pp} .

Therefore, δ_{ps} have two events that can explain the transfer error: (i) differences in the characteristics of a study area to a policy site than can be denoted as ϕ_{ps} and (ii) errors associated to the estimation of V_{ps} through V_{pp} (ϵ_i) (Woodward and Wui, 2001). The assumption of any of the two typical errors that explain the feasibility of transfer through this test adheres to the particularities of the exercise (Navrud and Ready, 2007).

In the literature, estimations for the parameters of the WTP functions were sought, with these data for the independent groups of variables G and H in the policy site described in the equation (1), and the WTP of the population in the policy site, was calculated (Rosenberger and Loomis, 2001).

In this study, the aforementioned methodological alternative is feasible since the literature review found studies that estimated the economic value of the loss of forests and agricultural areas related to the valuation of ecosystem services (Barzev, 2002; Barrantes, 2016; Hernández et al, 2013), some articles assessed the willingness to pay for the forest restoration (Muller et al., 2018; Mazgebo, 2012; Van Khuc et al., 2016), others assessed the willingness to pay for the existence of forest (Herrera et al., 2018; Bamwesigye et al., 2020) and, finally, a few more assessed the willingness to pay for the restoration in mining areas (Lévesque et al., 2020; Zou, 2019). All of them were identified as proper, due to the characteristics of the studies and the application areas for the benefit transfer.

contrastar la validez de los resultados obtenidos a través del método de transferencia de beneficios (Rosenberger y Loomis, 2001). Para ello se asume que el valor estimado en el estudio base o desarrollado en cierto sitio de estudio es observable, o el estudio al calcular dicho valor se aproxima al valor real del activo ambiental.

Por lo tanto, se plantea que V_{pp} es el valor del bien ambiental observado y V_{ps} el valor aproximado estimado por el estudio. En la aplicación de la transferencia de beneficios V_{ps} representa un valor estimado, el cual refiere a un valor similar al valor real del activo ambiental. V_{ps} es el valor transferido a un sitio diferente, pero con características similares:

$$(2) \quad V_{ps} = V_{pp} + \delta_{ps}$$

Dónde:

V_{ps} es el valor transferido

V_{pp} es el valor del bien ambiental

δ_{ps} es el error asociado con la transferencia de beneficios del sitio i al sitio j .

La prueba empírica de convergencia de viabilidad permite calcular el porcentaje de diferencia entre V_{ps} y V_{pp} :

$$(3) \quad \% \Delta V_{ij} = \left[\frac{(V_{ps} - V_{pp})}{V_{pp}} \right] * 100$$

Donde $i \neq j$, con las ecuaciones (2) y (3), se concluye que la medida de convergencia de viabilidad es δ_{ps}/V_{pp} .

Por lo tanto, δ_{ps} contiene dos sucesos que pueden explicar el error en la transferencia: (i) diferencias en las características de un sitio de estudio a un sitio de política que se puede denotar como ϕ_{ps} y (ii) errores asociados a la estimación de V_{ps} mediante V_{pp} (ϵ_i) (Woodward y Wui, 2001). La asunción de cualquiera de los dos errores típicos que explican la viabilidad de transferencia mediante este test se adhiere a las particularidades del ejercicio (Navrud y Ready, 2007).

Se buscó en la literatura estimaciones para los parámetros de la función de DAP. Con estos datos para los grupos independientes de variables G y H en el sitio de política descritas en la ecuación (1), y se calculó

Table 3. Selection of studies for the benefit transfer.
Cuadro 3. Selección de estudios para la transferencia de beneficios.

| Study / Estudio | Country / País | Year of the study / Año del estudio |
|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Zhen et al. (2014) | China | 2012 |
| Muller et al. (2018) | United States / Estados Unidos | 2017 |
| Sardana (2019) | India | 2016 |
| Bamwesigye et al. (2020) | Uganda | 2019 |
| Lévesque et al. (2020) | Canada / Canadá | 2019 |

Source: Own elaboration (articles quoted within the document).

Fuente: Elaboración propia (artículos citados dentro del documento).

The studies considered match the before mentioned criteria. Five studies are selected for the benefit transfer, each one of them is mentioned in Table 3.

Results and discussion

In each one of the selected studies, the willingness to pay (WTP) for the restoration areas were identified. The article developed by Lévesque, et al. (2020) specifically references the restoration in mining areas, while those developed by Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al. (2014) and Bamwesigye et al. (2020) only mention the recovery of the sites in environmental terms. The most relevant studies obtained in each one of the articles reviewed are shown in Table 4.

This was based on the purchasing power parity (PPP) adjustment and, subsequently, the transfer of measures of central tendency was developed. Finally, from these measures, a confidence interval was calculated to generate transfer values in two scenarios on the estimation of the WTP, in this case the upper limit and the lower limit are used. The necessary data to conduct the adjudgment are shown in Table 5. The following equation allows to estimate the purchasing power parity:

(4)

$$PPP_{2020} = \left(\text{Value} = \frac{WTP}{\text{month}} \right) * \left(\frac{PI \text{ subject country } 2020}{CPI \text{ year of study}} \right) * \left(\frac{\text{percapita GNI Mexico } 2020}{\text{percapita GNI subject country } 2020} \right) * \left(\frac{1}{\text{rate of exchange}} \right) * \left(\text{rate of exchange} \frac{\text{pesos}}{\text{dollar}} \right)$$

la DAP de la población en el sitio de política (Rosenberger y Loomis, 2001).

En la presente investigación, la alternativa metodológica ya mencionada es viable toda vez que fueron encontrados en la revisión de literatura estudios que estimaron el valor económico de la pérdida de bosques y zonas agrícolas relacionados con la valoración de servicios ecosistémicos (Barzev, 2002; Barrantes, 2016; Hernández et al, 2013), algunos artículos evaluaron la disposición a pagar por la restauración forestal (Muller et al., 2018; Mazgebo, 2012; Van Khuc et al., 2016), otros más valoraron la disponibilidad a pagar por la existencia del bosque (Herrera et al., 2018; Bamwesigye et al., 2020) y, finalmente, algunos más evaluaron la disponibilidad a pagar por la restauración en sitios minados (Lévesque et al., 2020; Zou, 2019). Todos ellos se identificaron como adecuados por las características de los estudios y las zonas de aplicación, para la transferencia de beneficios.

Los estudios considerados coinciden con los criterios previamente mencionados se seleccionan cinco estudios para la transferencia de beneficios cada uno de ellos se presentan en el Cuadro 3.

Resultados y discusión

En cada uno de los estudios seleccionados se identificaron las disposiciones a pagar (DAP) por la restauración de espacios, el artículo desarrollado por Lévesque, et al. (2020) hace referencia a la restauración en sitios minados específicamente, mientras que los desarrollados por Muller et al. (2018), Sardana (2019),

Table 4. Results of the WRP estimated for the selected studies.
Cuadro 4. Resultados de la DAP estimada por los estudios seleccionados.

| Country of origin / País de origen | Period / Periodo | Average WTP / DAP Media | Coin / Moneda | Method * / Método | Affected area (R/U) ** / Zona afectada (R/U)** | Survey / Encuestas |
|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|--|--------------------|
| China | 2012 | 528 | Yuan | CV | R | 240 |
| United States / Estados Unidos | 2017 | 4.07 | Dollars / Dólares | CV | R | 90 |
| India | 2016 | 187 | Rupees / Rupias | CV | R | 1027 |
| Uganda | 2019 | 15 | Dollars / Dólares | CV | R/U | 203 |
| Canada / Canadá | 2019 | 12 | Canadian dollar / Dólar canadiense | PD | R | 161 |
| | | 25 | | | | |

*Contingent valuation/Stated preference. / *Valoración Contingente/Preferencias Declaradas.

**Rural/Urban. / **Rural/Urbano.

Source: Own elaboration with data of Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al. (2014) and Bamwesigye et al. (2020).

Fuente: Elaboración propia con datos de Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al. (2014) y Bamwesigye et al. (2020).

Table 5. Data for the estimation of the WTP (willingness to pay) transfer in PPP (purchasing power parity) (2020).
Cuadro 5. Datos para la estimación de la transferencia de DAP (Disponibilidad a Pagar) en PPA (Paridad de Poder Adquisitivo) (2020).

| Country of origin / País de origen | Period / Periodo | Average WTP / DAP Media | Coin / Moneda | CPI 2020 / IPC 2020 | CPI year of study / IPC año de estudio | GNI PPP (2020) subject country / INB PPA (2020) país de estudio | Dollar exchange rates (2020) / Tasa de cambio en dólares (2020) |
|------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|--|---|---|
| China | 2012 | 528 | Yuan | 2.4 | 2.6 | 17 210.8 | 6.89 |
| United States / Estados Unidos | 2017 | 4.07 | Dollars / Dólares | 1.2 | 2.1 | 63 206.5 | 1 |
| India | 2016 | 187 | Rupees / Rupias | 6.6 | 4.9 | 6 503.9 | 74.09 |
| Uganda | 2019 | 15 | Dollars / Dólares | 3.8 | 2.9 | 2 294.3 | 1 |
| Canada / Canadá | 2019 | 12 | Canadian dollar / Dólar canadiense | 0.7 | 1.9 | 46 572.1 | 0.75 |
| | | 25 | | | | | |

Source: Own elaboration with data of the World Bank.

Fuentes: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Table 6. Results of WTP in PPP (2020).
Cuadro 6. Resultados de DAP en PPA (2020).

| Study / Estudio | Average WTP in PPP / DAP media en PPA |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Zhen et al. (2014) | 1 635.16 |
| Muller et al. (2018) | 14.64 |
| Sardana (2019) | 207.95 |
| Bamwesigye et al. (2020) | 3 408.27 |
| Lévesque et al. (2020) | 50.36 |
| | 62.94 |

Source: Own elaboration with data calculated from Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al. (2014) and Bamwesigye et al. (2020).

Fuente: Elaboración propia con datos calculados a partir de Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al. (2014) y Bamwesigye et al. (2020).

Table 7. Central tendency measures.
Cuadro 7. Medidas de tendencia central.

| | |
|--|---------|
| Average / Media | 243.40 |
| Standard deviation / Desviación estándar | 1473.37 |
| Number of data / No. de datos | 5 |
| Confidence interval / Intervalo de confianza | 41.31 |

Source: Own elaboration with data of the WTP in PPP.
Fuente: Elaboración propia con los resultados de la DAP en PPA.

The results of the estimation of the willingness to pay in purchasing power parity for 2020, are shown in Table 6.

Once the estimates of the WTP in PPP for 2020 shown in Table 7 have been obtained, we proceed to calculate the measures of central tendency, using the results of the willingness to pay.

With the estimated data, we can conclude that the average WTP for the study area, in this case for the recovery of the areas used as mines, can rise to \$243.40 dollars/hectare per month in prices in 2020. On their

Zhen et al. (2014) y Bamwesigye et al. (2020) mencionan únicamente la recuperación de los sitios en términos ambientales. Los resultados más relevantes obtenidos en cada uno de los artículos revisados se presentan en el Cuadro 4.

Se partió del ajuste por paridad de poder adquisitivo (PPA) y, posteriormente, se desarrolló la transferencia de medidas de tendencia central. Finalmente, a partir de estas medidas se calculó un intervalo de confianza para generar valores de transferencia en dos escenarios sobre la estimación de la DAP, en este

part, Saldarriaga and Patiño (2016) estimated a WTP of \$6 471 Colombian pesos in 2014, for the affectation of a hydroelectric exploitation project, while Correa et al. (2011) obtained a willingness to pay of \$8 631 for the environmental improvement associated with the reduction of noise levels, from the benefits transfer. To estimate the error, a plausibility test was applied with the following results.

In Table 8 we can see the estimated values of transfer error for the selected studies for the benefit transfer, in this case, the negative values represent underestimations and the positive values express overestimates of the value of the Willingness to Pay estimated in each study. An average transfer error of 357 % greater to those found in the literature is calculated.

Although there are limitations in this valuation exercise due to the socioeconomic differences of the countries where the studies used are developed, with the aim of reducing this bias, the transforma-

case se usa el límite superior y el límite inferior. Los datos necesarios para poder realizar el ajuste se presentan en el Cuadro 5. La siguiente ecuación permite estimar la paridad de poder adquisitivo:

(4)

$$PPP2020 = \left(Valor = \frac{DAP}{mes} \right) * \left(\frac{IPC \text{ país en estudio } 2020}{IPC \text{ año de estudio}} \right) * \left(\frac{INB \text{ per capita México } 2020}{INB \text{ per capita país en estudio } 2020} \right) * \left(\frac{1}{tasa \text{ de cambio}} \right) * \left(tasa \text{ de cambio} - \frac{pesos}{dólar} \right)$$

Los resultados de la estimación de la disposición a pagar en paridad de poder adquisitivo a 2020 se presentan en el Cuadro 6.

Una vez obtenidas las estimaciones de la DAP en PPA a 2020 reflejadas en el Cuadro 7, se procede a calcular las medidas de tendencia central, haciendo uso de los resultados de la disposición a pagar.

Con los datos estimados, podemos concluir que la DAP media para el sitio de estudio, en este caso

Table 8. Transfer estimation error.
Cuadro 8. Error de estimación de la transferencia.

| Study / Estudio | Estimation error (average WTP estimated) / Error de estimación (DAP media estimada) |
|--|--|
| Zhen et al. (2014) | -85 % |
| Muller et al. (2018) | 1 563 % |
| Sardana (2019) | 17 % |
| Bamwesigye et al. (2020) | -93 % |
| Lévesque et al. (2020) | 383 % |
| Estimated average error / Error promedio estimado | 357 % |

Source: Own elaboration with data of Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al (2014) and Bamwesigye et al. (2020).

Fuente: Elaboración propia con datos de Lévesque, et al. (2020), Muller et al. (2018), Sardana (2019), Zhen et al (2014) y Bamwesigye et al. (2020).

tion of transfer values into purchasing power parity values was conducted in order to develop a data and lineal transfer and obtain the values of the willingness to pay adjusted to the study area (Restrepo and Giraldo, 2006).

In some cases, the restoration is seen as a "rapid succession", and instead of using deep impact technological methods, the initial plantation or planting grass is used as "restoration method" (Santamarta & Naranjo, 2015). However, the post-mining area dynamics influence the recovery effort for at least 15 years after overburden dumping, in other words, the mine closure. This implies that both, the government and the mine concessionaire create strategies such as participative planning or other that can be considered to be used in the design phases and implementation of ecological restoration projects, in such a way that the public participation can be included to draw a better portrait of their concerns and needs, as well as to develop the restoration activities (Rixen and Blangy, 2016; Everingham et al., 2018).

The fact is that the new mines must be subjected to a complete procedure according to the Mexican legislation. And even, in some cases, the "luxury restoration" could be considered, because mining usually causes not only environmental problems, but also image, and in this sense, the mining companies must be forced to do more for the environment than what is legally necessary (Wiegler et al., 2013).

Conclusions

The value assessed for the benefit transfer amounts to \$243.40 dollars/hectares per month in prices in 2020, this value is subjected to the perception of individuals, consequently, the cultural and social conditions and also, factors, create different evaluations for each one of them. Also, we must consider that as they are environmental goods and services, not all of them have a market price, which is why a complex restoration measurement on the well-being of society is clear.

However, despite the difficulties for an exact estimation of the restoration economic value of the areas exploited as open-cast mines, it is useful to address the development of economic assessment exercises, in order to establish a base line of the magnitude of the impact of this phenomenon on the social welfare and guide the decision making and formulation of

para la recuperación de los sitios que fueron ocupados como minas puede ascender a \$243.40 dólares/hectárea al mes en precios de 2020. Por su parte Saldaña y Patiño (2016) estimaron una DAP de \$6 471 pesos colombianos de 2014 por la afectación de un proyecto de aprovechamiento hidroeléctrico, mientras que Correa et al. (2011) obtuvieron una disposición a pagar de \$8 631 por la mejora ambiental asociada a la reducción de los niveles de ruido, a partir de la transferencia de beneficios. Para estimar el error se aplicó una prueba de viabilidad con los siguientes resultados.

En el Cuadro 8 podemos observar los valores estimados de error de transferencia para los estudios seleccionados para la transferencia de beneficios, en este caso los valores negativos representan subestimaciones y los valores positivos expresan sobreestimaciones del valor de Disposición a Pagar estimado en cada estudio. Se calcula un error promedio de transferencia del 357 % mayor a los encontrados en la literatura.

A pesar de que existen limitaciones en este ejercicio de valoración por las diferencias socioeconómicas de los países donde se desarrollan los estudios empleados, con la intención de reducir este sesgo, se realizó la transformación de valores de transferencia a valores de paridad de poder adquisitivo con el fin de realizar una transferencia lineal de los datos y poder obtener los valores de la disposición a pagar ajustados al sitio de estudio (Restrepo y Giraldo, 2006).

En algunos casos, la restauración se ve como una "sucesión acelerada", y en lugar de acudir a métodos tecnológicos de impacto profundo, se utiliza la plantación inicial o bien la siembra de pasto como "método de restauración" (Santamarta & Naranjo, 2015). Sin embargo, la dinámica del área posterior a la minería influye en el esfuerzo de recuperación durante al menos 15 años después del vertido de la sobrecarga, es decir, del cierre de la mina. Esto implica que tanto el gobierno como los concesionarios de las minas generen estrategias como la planificación participativa u otras que puedan ser consideradas para emplear en las fases de diseño e implementación de proyectos de restauración ecológica, de tal forma que, se pueda incluir la participación pública para dibujar un mejor retrato de sus preocupaciones y necesidades, así como para llevar a cabo las actividades de restauración (Rixen y Blangy, 2016; Everingham et al., 2018).

public policies that seek to mitigate the impact of the abandonment of the mining areas.

The economic values of the environmental restoration in the areas exploited by mining, and that were simply abandoned, are more reliable when are obtained from the perception of households directly affected through their willingness to pay. This can be calculated from the application of stated preferences or revealed preferences methods; therefore, it is suggested that in a subsequent study, the assessment of goods and services of the sites to be restored be considered through one of these methods. However, in the presence of time limitations and availability of resources, government agencies can make public policy decisions, in relation to prioritization of resources, from the conduction of cost-benefit analyzes based on the benefit transfer method.

Finally, it is important to establish that a common concern within the literature related to the benefit transfer, is that function transfers tend to outperform value transfers, since in this way, the transfer values can be calibrated according to the conditions of the policy site. The discussions presented in this paper indicate that benefit transfers could provide estimates for specific changes that are based on the economic theory, contain rigorous analysis to support a scientific estimate, and have a known error range.

End of English version

References / Referencias

- Aznar-Bellver, J., y Estruch-Guitart, A. V. (2015). 2° ed. "Valoración de activos ambientales: teoría y casos." Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner T., Hall, J., Lara, A., Laterra, P., Peña-Claros, M., Silva Matos, D. M., Romero-Duque, L. P., L. Vogl, A., Arreola, L. F., Caro-Borrero, A. P., Gallego, F., Jain, M., Little, C., de Oliveira Xavier, R., Paruelo, J. M.,..., Vallejo, M. (2012). "Ecosystem services research in Latin America: The state of the art." *Ecosystem Services*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.09.006>

Lo que es un hecho, es que las minas recién abiertas deben someterse a un procedimiento completo de acuerdo con la legislación mexicana. E incluso en algunos casos se podría considerar la "restauración de lujo", ya que la minería suele causar no solo problemas ambientales, sino también de imagen, y en ese sentido se debería obligar a la empresa minera a hacer más para el medio ambiente de lo legalmente necesario (Wiegand et al., 2013).

Conclusiones

El valor calculado por la transferencia de beneficios asciende a \$243.40 dólares/hectárea al mes en precios de 2020, este valor está sujeto a la percepción de los individuos, por lo que las condiciones culturales, sociales y demás factores, generan apreciaciones diferentes en cada uno. Además, hay que considerar que al tratarse de bienes y servicios ambientales no todos presentan un precio de mercado, por lo que se evidencia una compleja medición de la restauración sobre el bienestar de la sociedad.

No obstante, a pesar de las dificultades para una estimación exacta del valor económico de la restauración de los sitios explotados como minas a cielo abierto, es útil abordar la realización de ejercicios de valoración económica con el objetivo de establecer una línea base de la magnitud del impacto de este fenómeno sobre el bienestar social y guiar la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas que busquen mitigar el impacto del abandono de los sitios minados.

El valor económico de la restauración ambiental en los sitios explotados por la minera y que fueron simplemente abandonados, son más confiables cuando se obtienen a partir la percepción de los hogares directamente afectados a través de su disposición a pagar. Esto se puede calcular a partir de la aplicación de métodos de preferencias declaradas o de preferencias reveladas, por lo que se sugiere que en un estudio posterior se considere la valoración de bienes y servicios de los sitios a restaurar a través de uno de estos métodos. Ahora bien, en presencia de limitaciones de tiempo y de disponibilidad de recursos, las agencias gubernamentales pueden tomar decisiones de política pública, con relación a priorización de recursos, a partir de la realización de análisis costo-beneficio basados en el método de transferencia de beneficios.

Bamwesigye, Dastan, Petra Hlavackova, Andrea Sujova, Jitka Fialova, y Petr Kupec. (2020). "Willingness to Pay for Forest Existence Value and Sustainability" *Sustainability* 12, no. 3: 891. <https://doi.org/10.3390/su12030891>

Barbier E. B., Hacker S. D., Kennedy C., Koch E. W, y Stier A. C. (2011). "The value of estuarine and coastal ecosystem services". *Ecological Monographs* 81(2):169-193.

Barrantes G. (2016). "Economía de los Recursos Naturales y Valoración Económica". Instituto de Políticas para la Sostenibilidad, Costa Rica.

Barzev. R. (2002). "Guía Metodológica de Valoración Económica de bienes, servicios e impactos ambientales, Corredor Biológico Mesoamericano". Proyecto para la Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano. CCAD. Serie Técnica 04.

Bastian O, Grunewald K., y Syrbe R., U. (2012), "Space and time aspects of ecosystem services, using the example of the EU Water Framework Directive". *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 8(1):5-16 <http://dx.doi.org/10.1080/21513732.2011.631941>

Belloti, M. L. (2011). "Minería a cielo abierto versus glaciares en alerta roja en Argentina". Online publication, available on the internet on the site: https://www.researchgate.net/publication/277822340_Mineria_a_cielo_abierto_versus_glaciares_en_alerta_roja_en_Argentina

Bergstrom J. C., y Taylor L.O. (2006). "Using meta-analysis for benefits transfer: Theory and practice." *Ecological Economics* 60:351-360

Borenstein M., Hedges L.V., Higgins J., y Rothstein H. (2009). "Introduction to Meta-analysis". United Kingdom, Wiley Publications.

Brouwer R., (2000). "Environmental value transfer: state of the art and future prospects." *Ecological Economics* 32:137-152 <http://directory.umm.ac.id/Data%20Elmu/jurnal/E/Ecological%20Economics/Vol32.Issue1.Jan2000/961.pdf>

Bruno C. A., y Sarmiento M. A. (2020). "Estado del Arte de la Aplicación del Método de Transferencia de Beneficios en Argentina" *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 32, No. 1 67-82 <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/369687>

Cárdenas, J. (2013). "La minería en México: despojo a la nación". *Cuest. Const., México*, n.28, p.35-

Finalmente, es importante establecer que un asunto en común dentro de la literatura relacionada a la transferencia de beneficios es que las transferencias de función suelen superar a las transferencias de valor, ya que de esta manera los valores de transferencia pueden calibrarse según las condiciones del lugar de política. Las discusiones presentadas en el presente trabajo indican que las transferencias de beneficios podrían proporcionar estimaciones para cambios específicos que se basan en la teoría económica, contienen un análisis riguroso para respaldar una estimación científica y además tienen un rango de error conocido.

Fin de la versión en español

74. Available online: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-91932013000100002&lng=es&nrm=iso accedido el 13 abr. 2020.

Carriazo F., e Ibáñez A. M. (2003). Valoración de los beneficios económicos provistos por el Sistema de Parques Nacionales Naturales: una aplicación del análisis de transferencia de beneficios. Documento CEDE, Universidad de los Andes, Bogotá

Correa, F. (2005). Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales. *Semestre Económico* p. 29-48.

Correa, F. J., Osorio, J. D., y Patiño, B. A. (2011). Valoración económica del ruido: una aplicación a través del método de transferencia de beneficios. *Ensayos de Economía*, 27(39), 119-144. Available online: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/28642>

Crossman N., D., Burkhard B., Nedkov S., Willemsen L., Palomo I., Drakoud E., Martín-Lopez B., McPhearson T., Boyanova K., Alkemade R., Egoh B., Dunbar M., y Maes J., (2013) "Blueprint for mapping and modeling ecosystem services". *Ecosystem Services* 4:4-14 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.001>

De Groot R. S., Brander L. M., Vander Ploeg S., Costanza R., y Bernard F. (2012). "Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*" 1:50-61 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>

- Everingham J., Rolfe J., Lechner A. M., Kinnear S., y D. Akbar. (2018). "A proposal for engaging a stakeholder panel in planning post-mining land uses in Australia's coal-rich tropical savannahs", *Land Use Policy*, 79, pp. 397-406 [10.1016/j.landuse-pol.2018.08.038](https://doi.org/10.1016/j.landuse-pol.2018.08.038)
- Ghermandi A., y Nunes PALD. (2013). "A global map of coastal recreation values: Results from a spatially explicit metaanalysis." *Ecological Economics* 86:1-15 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.11.006>
- Guerrero, D., y Figueredo, O. (2010). "Impacto ambiental del método de explotación por cámaras y pilares, aplicado en el yacimiento Las Mercedes de Cuba", Ayacucho, Perú, Edit. Misterio de Industria, Comercio y Trabajo de Córdoba, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Cyted. Memorias. pp.83-98.
- Herrmann, C. J., & Zappettini, E. O. (2014). Recursos minerales, minería y medio ambiente. Available on <https://repositorio.segemar.gob.ar/handle/308849217/2864>
- Hernández S. A. M., Casas V., León S., M. A., Caballero F., R., y Pérez L., V. E. (2013). "La ciencia económica y el medio ambiente: un aporte desde la valoración económica ambiental." *Revista Paranaense de desenvolvimento* V. 34, N.125, 25-38 available online: <https://rc.upr.edu.cu/jspui/handle/DICT/3329>
- Herrera Llampallas, A., Luque Delgadillo, A., Monterroso Rivas, A., Jaimes Albiter, F., y Ramírez García, A. G. (2018). Disposición a pagar por la conservación de los recursos naturales del Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl, México. *Ciencias Administrativas*, (13), 034. <https://doi.org/10.24215/23143738e034>
- INEGI (2017) Anuario estadístico y geografico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2017. Available on INEGI (2019) La industria Minera ampliada available on
- Lévesque A., Bélanger N., Poder T. G., Filotas E., y Dupras, J. (2020). "From white to green gold: Digging into public expectations and preferences for ecological restoration of asbestos mines in southeastern Quebec, Canada", *The Extractive Industries and Society*, V. 7, Issue 4, p.p.1411-https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825094980.pdf
- 1423, <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.10.006>. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198848.pdf Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/From-white-to-green-gold%3A-Digging-into-public-and-Levesque-B%3%A9langer/68c4aac73e474e77bdd7f0bd6e7c54fc6f7d081>
- Liu S., Costanza R., Troy A., D'Aagostino J., y Mates W. (2010). "Valuing New Jersey's Ecosystem Services and Natural Capital: A Spatially Explicit Benefit Transfer Approach." *Environmental Management* 45:1271-1285 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/43161376_Valuing_New_Jersey's_Ecosystem_Services_and_Natural_Capital_A_Spatially_Explicit_Benefit_Transfer_Approach
- López B., F., y Eslava G., M. M. (2011). "El mineral o la vida. Legislación y políticas mineras en México", México, Centro de Orientación y Asesoría a Pueblos Indígenas, A. C., pp. 28.
- Maes, J., Paracchini, M. L., y Zulian, G. (2011). "An European Assessment of the Provision of Ecosystem Services. Towards an Atlas of Ecosystem Services", Luxembourg.
- Marquez R. W., y M. R. J. (2009). "Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz", *Foresta Veracruzana, Recursos Genéticos Forestales* vol. 11, no. 2, pp. 43-50.
- Mezgebo A. (2012). "Household' Willingness to pay for restoring environmental resource: a case study of forest resource from Dire Dawa area, eastern, Ethiopia", *Ethiopian Journal of Economics*, vol. XXI no. 2.
- Montero, J. M., y Salazar Y. (2011). "La reinserción laboral tras el cierre de minas: una vía para lograr el desarrollo sustentable en la minería, Minería y Geología", 27(4) pp. 64-87.
- Muller M. J., Springer, A. E., y Lima, R. E. (2018). "Willingness to pay for forest restoration as a function of proximity and viewshed", *Landscape and Urban Planning*, V. 175, p.p.23-33.
- Nava Negrete, A., y Quiroz Acosta, E. (2008). "Derecho minero", *Enciclopedia Jurídica Mexicana*, t. III, México, UNAM-Porrúa-Tribunal Superior de Justicia del Distrito Federal, pp. 324-327.
- Navrud S., y Ready R. (2007). "Review of methods for value transfer". In: Navrud S, Ready R (ed) Environ-

- mental Value Transfer: Issues and Methods. *The Economics of Non-Market Goods and Resources*. Springer, Netherlands, pp 1-10
- Osorio, J. D., y Correa, F. (2004). "Valoración económica de costos ambientales: marco conceptual y métodos de estimación", Medellín, Colombia *Semestre Económico*, col. 7, núm. 13, enero-junio, pp. 159-193.
- Osorio, J. (2006). "El método de transferencia de beneficios para la valoración económica de servicios ambientales: estado del arte y aplicaciones". *Semestre Económico* Vol. 9: 107-124. Available online: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/881>
- Restrepo, M., y Giraldo, J. (2006). Aproximación al valor de daño ambiental de daño del relleno sanitario de la pradera a partir del método de transferencia de beneficios. Informe contrato 432 de 2006. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá y Universidad de Antioquia.
- Rixen A., y Blangy S. (2016). "Life after Meadowbank: exploring gold mine closure scenarios with the residents of Qamini'tuaq (Baker Lake)" Extract. *Ind. Soc.*, 3 (2), pp. 297-312 [10.1016/j.exis.2015.09.003](https://doi.org/10.1016/j.exis.2015.09.003)
- Rosenberger R. S., y Loomis J. B. (2001). "Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan 2000 revision". F.S. Department of Agriculture, Rocky Mountain Research Station, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-72. Fort Collins, CO: U.S, pp 59.
- Rosenberger, R., y Loomis, J. (2003). "Benefit transfer." In: Champ, P.A., Boyle, K.J., Brown, T.C. (Eds.), *A Primer on Nonmarket Valuation*. Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 395-444. Disponible en: <http://econdse.org/wp-content/uploads/2016/07/Champ-Boyle-Brown-Primer-on-Nonmarket-Valuation-2003.pdf>
- Ruiz-Agudelo, C. A., Bello, C., Londoño-Murcia, M. C., Alterio, H., Urbina-Cardona, J. N., Buitrago, A., ... y Mahecha, J. V. R. (2011). "Protocolo para la valoración económica de los servicios ecosistémicos en los Andes colombianos, a través del método de transferencia de beneficios". *Reflexiones sobre el Capital Natural de Colombia*, (1), 53.
- Saldarriaga, C., y Patiño, B. (2016). "Transferencia de valores económicos para la estimación de impactos sobre cobertura boscosa en proyectos hidroeléctricos", *ECONÓMICAS CUC*, 37(1), pp. 43-62. <https://doi.org/10.17981/econcuc.37.1.2016.02>.
- Sanjurjo, E., y Welsh Casas, S. (2005). "Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares." *Gaceta Ecológica*, (74), 55-68. ISSN: 1405-2849. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907405>
- Santamarta C., J. C., y Naranjo B. J. (eds) (2015). "Restauración de la Cubierta Vegetal y Espacios Degradados en la Región de la Macaronesia". Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes.
- Sardana K. (2019). "Tourists' Willingness to Pay for Restoration of Traditional Agro-forest Ecosystems Providing Biodiversity: Evidence from India". *Ecological Economics*. 59, p.p.362-372 <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.015>
- Schägnier, J. P., Brander, L., Maes, J., y Hartje, J. (2013). "Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects." *Ecosystem Services* 4:33-46 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.02.003>
- SE Secretaría de Economía, Dirección General de Promoción Minera, Dirección de Promoción de Proyectos. (2012). "Diagnóstico de empresas mexicanas con capital extranjero en la industria minera del país", México, Secretaría de Economía, estadísticas del segundo trimestre de 2012, p. 3.
- The Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade. (2015). "Final Report Summary" available online: <https://cordis.europa.eu/project/id/266642/reporting>
- Torres B. Y., Rodríguez C. R., y Reynaldo A. C. L. (2018). "Modelo de Gestión Económico-Ambiental para la rehabilitación minera en función del desarrollo sostenible", Cuba, Revista Caribeña.
- Valdez V. C., Ruiz-Luna A., Ghermandi A., Nunes P. A. L. D. (2013). "Valuation of ecosystem services provided by coastal wetlands in northwest Mexico." *Ocean & Coastal Management* 78:1-11 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.02.017>
- Van Khuc Q., Alhassan M., Loomis J. B., Tran T. D., y Paschke M. W. (2016). "Estimating Urban Households' Willingness to Pay for Upland Forest Restoration in Vietnam." *Open Journal of Forestry*, 6, 191-198.

- Wiegand, G., Bröring, U., Choi, G., Dahms, H., Kanongdate K., Byeon Ch., y Guey L. (2013). "Ecological restoration as precaution and not as restitutorial compensation." *Biodivers Conserv* 22, 1931–1948. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0518-0>
- Woodward, R. and Wui, Y.S. 2001 "The Economic Value of Wetland Services: A Meta-Analysis". *Ecological Economics*, 37, 257-270. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(00\)00276-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(00)00276-7)
- Zhen, L., F. Li, H. M. Yan, G. H. Liu, J. Y. Liu, H. Y. Zhang, B. Z. Du, R. Z. Wu, C. Z. Sun, y Wang, C. (2014). "Herders' willingness to accept versus the public sector's willingness to pay for grassland restoration in the Xilingol League of Inner Mongolia, China." *Environmental Research Letters*, V. 9, No. 4. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/4/045003>
- Zou H. (2019). "Study on soil ecological environment restoration strategy of abandoned mining area" *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 717 <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4873-3>

Web pages / Páginas Web

Inflación, precios al consumidor (% anual) (2021, 05 de noviembre). BANCO MUNDIAL BIRF-AIF <https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?locations=US>.