

## Experimentos de elección en la priorización de políticas de gestión en áreas naturales protegidas\*

### *Choice Experiments in the Prioritization of Management Policies in Protected Natural Areas*

Juan Walter Tudela\*\*

#### Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar la estructura de las preferencias sociales de cuatro medidas de intervención agrupadas en: a) cobertura vegetal, b) espacios para recreación, c) restauración de edificios antiguos y d) accesos y estacionamiento, en el Parque Nacional Molino de Flores (PNMF), en México, para las cuales los usuarios manifiestan una elección que incide en su bienestar. La aproximación es principalmente empírica y combina trabajo de campo, diseño experimental y técnicas de valoración ambiental. Mediante el método del experimento de elección se concluye que la implementación del

---

\* El autor expresa su agradecimiento al doctor Miguel Martínez del Colegio de Posgraduados, México, por sus aportes al desarrollo del artículo. Se agradecen también los comentarios y valiosas sugerencias de dos evaluadores anónimos de la revista.

\*\* Doctor en Economía Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, México. Profesor investigador de la Facultad de Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano, Perú.

Este artículo fue recibido el 10 de mayo de 2010; modificado el 28 de septiembre de 2010 y, finalmente, aceptado el 14 de octubre de 2010.

programa de recuperación y conservación en el PNMF debe priorizar las mejoras en cobertura vegetal y restauración de edificios antiguos, debido a que estas intervenciones generan mayores beneficios sociales. Para priorizar este tipo de políticas de gestión se utilizó un modelo *logit* multinomial, el cual permitió estimar la disponibilidad marginal a pagar por cada atributo.

*Palabras clave:* experimentos de elección, diseño experimental, *logit* multinomial, disponibilidad marginal a pagar.

*Clasificación JEL:* Q51.

## **Abstract**

The main purpose of this research is evaluate the structure of social preferences of four intervention measures in Molino de Flores National Park (MFNP) of the Republic of Mexico, grouped in a) vegetation cover, b) recreation spaces, c) restoration of old buildings and d) access points and parking; for all of which users express a choice that affects their welfare. The approach is mostly empirical, and combines field work, experimental design, and environmental valuing techniques. By the method of choice experiment, it is concluded that the implementation of the conservation and recovery program in MFNP should prioritize improvements in vegetation cover and restoration of old buildings, because these operations generate greater social benefits; to prioritize these types of management policies, a multinomial logit model was used, which allowed to estimate the marginal willingness to pay for each attribute.

*Key words:* Choice experiments, experimental design, multinomial logit, marginal willingness to pay.

*JEL classification:* Q51.

## Introducción

La ausencia de precios y la poca costumbre de considerar las áreas naturales protegidas (ANP) como activos económicos que proveen bienes y servicios a las personas han complicado la asignación eficiente de tales recursos. Frente a esta situación, la comunidad internacional ha respondido con acuerdos globales e introduciendo cambios en las instituciones que regulan el acceso y uso de estos recursos.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) de México administra actualmente 166 áreas naturales de carácter federal agrupadas en diferentes categorías, una de las cuales es la de los parques nacionales. Específicamente, en esta categoría se encuentra un área natural de especial interés para el municipio de Texcoco, como lo es el Parque Nacional Molino de Flores (PNMF), el cual provee una gran variedad de servicios recreativos y ambientales que impactan directamente en el bienestar de los usuarios. Constituye un activo ambiental que la sociedad desea conservar, ya que proporciona utilidad tanto a los habitantes del medio rural donde está inmerso como a los habitantes del medio urbano que visitan el parque. Sin embargo, en la actualidad presenta problemas como disminución de la cobertura vegetal, contaminación por descarga de aguas residuales, altas tasas de erosión hídrica, exceso de puestos de alimentos, mal estado de edificios y jardines, deforestación y extracción de recursos forestales, carencia de espacios para la recreación y deficiente acceso y estacionamiento vehicular.

El problema económico se origina en la necesidad de decidir en torno al mejor uso social del PNMf, lo cual constituye una tarea inevitable que está directamente relacionada con una valoración económica. Sólo a través de la correcta asignación de estos valores se pueden evitar usos inadecuados con costos significativos para la sociedad.

Además, el municipio de Texcoco en su Plan Municipal de Desarrollo prioriza la preservación del PNMf, mediante la implementación de programas de recuperación y conservación. Este tipo de intervenciones han sido catalogadas tradicionalmente como intervenciones estratégicas plenamente justificables, principalmente por la relación que existe entre el PNMf y la vida urbana de la ciudad de Texcoco, ya

que en el parque se conservan recursos ecosistémicos y edificaciones de alto valor histórico. Sin embargo, tales intervenciones deben tener una contraparte, asumida en términos financieros por los usuarios que perciben beneficios de ellas. En consecuencia, tanto el gobierno municipal como los usuarios están directamente involucrados en la gestión sustentable del PNM<sup>F</sup>; por un lado, el gobierno municipal garantiza los flujos de inversión y, por otro, los usuarios garantizan la sostenibilidad de estas inversiones a través de los costos de operación y mantenimiento. Por lo tanto, para justificar la viabilidad de este tipo de intervenciones desde el punto de vista de la eficiencia es imprescindible la estimación *ex ante* del valor de los beneficios.

La valoración económica del PNM<sup>F</sup> busca capturar las preferencias sociales de preservar ciertos niveles de bienestar generados por los beneficios de su conservación y su uso sustentable. La relación entre uso y valoración está estrechamente ligada con los procesos culturales y sociales (Hernández, Cárdenas, Mancilla y Baptiste, 1998). Por consiguiente, la implementación de cualquier programa que implique mejoras en el PNM<sup>F</sup> traerá consigo cambios en el bienestar de los usuarios directos. Las mejoras planteadas, desde el análisis económico, deben ser entendidas como proyectos ambientales que inciden de manera positiva en la calidad de vida o en el bienestar de los usuarios.

Por lo tanto, los métodos que el análisis económico proporciona para la valoración económica desempeñan un papel crucial en la evaluación de este tipo de políticas<sup>1</sup>. Para poder generar eficiencia en el uso de los recursos naturales y ambientales y emprender políticas costo-efectivas, es importante calcular el valor económico de los beneficios percibidos por los programas de conservación o de recuperación de bienes ambientales y recursos naturales. En consecuencia, la estimación del valor de los beneficios sociales que se desprenden de este tipo de programas constituye el mejor argumento para justificar su ejecución.

Actualmente, se carece de estudios científicos en los cuales se valoren de manera integral los beneficios sociales generados por la implementación de programas de recuperación y conservación en el PNM<sup>F</sup>. De

---

<sup>1</sup> Para un tratamiento más formal de la economía del bienestar aplicada a políticas públicas se sugiere revisar Just, Hueth y Schmitz (2004).

igual manera, un asunto fundamental para los responsables del diseño e implementación de políticas públicas, en materia de recuperación y conservación, es la priorización y jerarquización de alternativas de intervención. En ese sentido, la presente investigación también pretende desarrollar y validar una metodología de valoración económica relativamente nueva en el campo de la economía ambiental.

En este contexto, el objetivo de la investigación es evaluar empíricamente mediante el método del experimento de elección la estructura de preferencias sociales de cuatro medidas de intervención en: a) cobertura vegetal, b) espacios para recreación, c) restauración de edificios antiguos y d) accesos y estacionamiento, por las cuales los usuarios manifiestan una elección que incide en su bienestar. Por otro lado, se pretende priorizar la alternativa de intervención que genera mayor bienestar a los usuarios.

Existen algunos estudios que han abordado la valoración ambiental utilizando el experimento de elección y entre ellos hacemos énfasis en nueve de ellos. Egan, Herriges, Kling y Downing (2009) analizan un conjunto de atributos referentes a la calidad del agua, las características del hogar y la información detallada de viajes a lagos recreativos en el estado de Iowa, en Estados Unidos. A través de un modelo *logit* mixto encuentran evidencia empírica de que los individuos responden a un conjunto de mejoras en la calidad del agua utilizada por los biólogos para determinar el estado de deterioro de los lagos. Así, los cambios en estas medidas de calidad no son simplemente un ejercicio científico, sino que también se traducen en cambios en los patrones de su uso recreativo y en el bienestar de los hogares. La estimación de la disposición marginal a pagar está basada en estimaciones por mejoras en esas medidas físicas.

Cooper y Crase (2008) verifican empíricamente las preferencias de los consumidores por mejoras en el servicio de aguas tratadas en pequeños pueblos rurales de Victoria, Australia. Esta investigación emplea los experimentos de elección para explorar las preferencias de los consumidores para mejorar dicho servicio. Los autores mencionan que su preocupación más importante al momento de recabar información de los usuarios se centró en el comportamiento estratégico. Los usuarios con ingresos más altos mostraron una predisposición mayor a

escoger una opción de mejora contraria al *statu quo*. Sin embargo, a pesar de esa advertencia, los datos recolectados sugieren que una política dirigida a mejorar los servicios de agua tratada en las pequeñas comunidades rurales es potencialmente factible y, por lo tanto, en el estudio se pone en evidencia que los residentes de las comunidades pequeñas parecen estar dispuestos a pagar una cantidad anual significativa para mejorar estos servicios.

Colombo y Hanley (2008) comparan tres diferentes alternativas (modelo logístico de parámetros aleatorios, modelo de clases latentes y modelo de heterogeneidad en la varianza del término error) en la incorporación de la heterogeneidad de las preferencias en los modelos de elección discreta y determinan el efecto que estos tienen en la estimación de las medidas de bienestar para la conservación del paisaje agrícola de montaña en España. Según los resultados, las estimaciones de las medidas de bienestar obtenidas a partir de los tres modelos econométricos no difieren estadísticamente, a pesar de existir una elevada heterogeneidad en las preferencias que afecta las probabilidades de elección de los individuos. Según los autores, este resultado es muy relevante para la toma de decisiones públicas ya que proporciona una estimación robusta de la disposición social a pagar por la conservación de la agricultura de montaña, siempre que esta, como contrapartida, proporcione a la sociedad bienes y servicios ambientales.

Birol, Smales y Gyovai (2006) aplican el método del experimento de elección para estimar los beneficios de varios componentes de agrobiodiversidad en huertos caseros húngaros: riqueza de variedades de cultivo y árboles frutales, cultivos integrados y producción de ganado, y diversidad de microorganismos en el suelo. La investigación está basada en la recolección de información primaria en áreas ambientalmente sensibles. Específicamente, en esta investigación se utiliza el experimento de elección para investigar la valoración de los atributos de los huertos caseros, condicionado a las características sociales y económicas de las familias que viven en las fincas. Finalmente es necesario indicar que los resultados de esta investigación contribuyen a entender el papel potencial de los huertos caseros en los esquemas agroambientales, por que cumplen dos funciones básicas: seguridad

alimentaria y cuidado del ambiente, ambas funciones estrechamente ligadas al desarrollo sustentable.

Birol, Karousakis y Koundouri (2006) aspiran con su investigación a apoyar a los diseñadores de política en la formulación de políticas eficaces de gestión de humedales sustentables, de acuerdo con la convención Ramsar y la directiva marco del agua de la Unión Europea, y proporcionan resultados de un estudio de valoración en el humedal de Cheimaditida en Grecia. Para tal fin, emplean los experimentos de elección en la estimación de los valores de varias funciones ecológicas, sociales y económicas que el humedal de Cheimaditida proporciona a la población griega. Se estimaron varios modelos econométricos de elección discreta: el modelo *logit* condicional, el modelo *logit* de parámetros aleatorios, el modelo *logit* de parámetros aleatorios con interacciones y un modelo de clases latentes. Estos modelos fueron utilizados fundamentalmente para tener en cuenta la heterogeneidad en las preferencias de la población para las variadas funciones del humedal. Los resultados revelan que la totalidad del pueblo griego obtiene beneficios positivos y significativos de la gestión sustentable de varias funciones ecológicas, sociales y económicas del humedal, entre ellos la biodiversidad, áreas abiertas con superficie de agua, investigación, oportunidades educativas y empleos locales de adiestramiento ambientalmente amigables.

Hanley, Wright y Álvarez-Farizo (2006) estiman el valor económico de mejoras ecológicas en el río Wear, en la ciudad de Durham, Inglaterra, y en el río Clyde, en el centro de Escocia. El método utilizado para estimar el valor económico fue el experimento de elección mediante modelos *logit* multinomial y *logit* con parámetros aleatorios; este último modelo se utilizó para incorporar la heterogeneidad en las preferencias. Se utilizaron tres indicadores de estatus ecológico: fauna saludable y poblaciones de plantas, ausencia de basura/escombros en el río, y orillas del río en buena condición con sólo niveles naturales de erosión. Un resultado interesante de la investigación está relacionado con el supuesto típico de que la demanda por calidad ambiental aumenta con el ingreso. Sin embargo, en este estudio la elasticidad de la disponibilidad a pagar con respecto al ingreso resultó menor a uno, lo que implica que grupos más pobres están más dispuestos a sacrificar parte de su ingreso por mejoras ambientales que los grupos más ricos.

Carlsson, Frykblom y Liljenstolpe (2003) utilizan los experimentos de elección para identificar los atributos que aumentan y disminuyen el bienestar de los ciudadanos, tomando en cuenta sus preferencias sobre un humedal de agua en Staffanstorp, al suroeste de Suecia. A través de modelos *logit* multinominal y *logit* de parámetros aleatorios se estiman las disponibilidades marginales a pagar por cada atributo, lo que permite jerarquizarlos y establecer el atributo que más impacta en el bienestar de los ciudadanos.

Rolfé, Bennett y Louviere (2000), mediante el experimento de elección, evalúan la valoración que los australianos tienen de la conservación de la selva en Vanuatu y el estudio se centra en la estimación de los valores de no utilización que los australianos pueden tener para la preservación de bosques. Los resultados de esta investigación proporcionan una herramienta para la toma de decisiones en la priorización de opciones de preservación de la selva tropical.

Blamey, Gordon y Chapman (1999) utilizan el experimento de elección en la estimación del valor ambiental a partir de la evaluación de los consumidores de las opciones de suministro futuro de agua en la capital de Australia. En esta investigación se ilustra cómo los modelos de elección pueden utilizarse en la estimación de medidas monetarias de bienestar correspondientes a los cambios de política en uno o más atributos. La aplicación del experimento de elección implica la evaluación de múltiples opciones de suministro de agua en Canberra, con respecto a atributos tales como el aumento de los costos de agua en los hogares, las restricciones en el uso doméstico del agua, la calidad del agua y el impacto en el hábitat de especies raras y en peligro de extinción. La estimación de las medidas de bienestar para cada una de las alternativas de política permite jerarquizar y determinar el atributo más valorado por la población y, por ende, la política más viable que deber ser adoptada, lo que constituye una gran ventaja del método.

De acuerdo con la revisión de literatura, el experimento de elección fue utilizado en la valoración de atributos de calidad del agua; las preferencias por mejoras en el servicio de aguas tratadas; los beneficios por la conservación del paisaje de montaña; la valoración de componentes de agrobiodiversidad en huertos caseros; la valoración de funciones ecológicas, sociales y económicas de humedales; la valoración de

mejoras ecológicas de ríos; la priorización de opciones de preservación de selva tropical; la evaluación de opciones de suministro de agua y la determinación de preferencias por paisajes forestales.

En efecto, muchos campos de la economía ambiental han sido abordados mediante el experimento de elección. En esta investigación como una contribución a la literatura especializada se aborda la estimación de beneficios por recreación de los usuarios directos, generados por la implementación de un programa de recuperación y conservación en el PNMf, lo que permitirá valorar económicamente tales beneficios y priorizar la alternativa de intervención que más impacte en los usuarios.

## **I. Área de estudio**

El Parque Nacional Molino de Flores (PNMF) está ubicado a cinco kilómetros de la ciudad de Texcoco, en el estado de México. Se encuentra clasificado en la categoría de parques nacionales y comprende una extensión de 49,28 hectáreas. Posee hermosos lugares para recrearse, realizar campamentos y caminatas, y conocer el panteón familiar y la Capilla del Señor de la Presa. Forma parte de una hacienda que fue construida en el siglo XVII.

Este parque está comprendido en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuyos objetivos son su conservación, protección y mejoramiento dentro del marco de la ley general de equilibrio ecológico y la ley general de protección del medio ambiente y sus reglamentos. En 1995 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y el estado de México celebraron un acuerdo de coordinación mediante el cual la federación le transfiere la administración del PNMf al ayuntamiento de Texcoco, el cual a la fecha es responsable de su vigilancia, conservación y mejoramiento.

La selección del PNMf como estudio de caso se debe a que es actualmente una de las áreas naturales protegidas con mayor número de visitantes en el municipio de Texcoco (aproximadamente un promedio de 208.000 personas al año). El PNMf provee a la sociedad una gran variedad de servicios ambientales, entre los cuales se encuentran la

protección del suelo, la conservación de biodiversidad, la captura de carbono y, tal vez su principal servicio ambiental, las amenidades<sup>2</sup>.

## II. Estructura metodológica del experimento de elección

El experimento de elección tiene una base teórica en el modelo de elección de consumo de Lancaster (1966) y una base econométrica en los modelos de utilidad aleatoria (Luce, 1959; McFadden, 1974). Lancaster rompe con la teoría tradicional del comportamiento del consumidor al suponer que este demanda bienes en virtud de sus características o propiedades y que son esas características, y no los bienes en sí, las que generan utilidad. Por su parte, la teoría de la utilidad aleatoria supone un individuo perfectamente racional que siempre opta por la alternativa que le implica una mayor utilidad esperada.

Considerando diferentes atributos del PNMF, se les pide a los usuarios directos que expresen sus preferencias por una selección de combinaciones posibles. Supóngase que los usuarios directos expresan sus preferencias realizando elecciones entre las alternativas  $j = 1, 2, \dots, J$ , del conjunto de elección  $C$ . Por lo tanto, se tiene:

$$U_{ij} = V(Z_{ij}, S_i, Y_i) + \varepsilon_{ij}. \quad (1)$$

En cada alternativa del conjunto de elección, la función de utilidad indirecta depende de los niveles que tomen los atributos  $Z_{ij}$ , las características socioeconómicas de los usuarios  $S_i$  y el ingreso  $Y_i$ . El usuario  $i$  preferirá la alternativa  $h$  a cualquiera de las opciones alternativas  $j$  en el conjunto de elección  $C$ , si la utilidad que esta alternativa le reporta es superior a la utilidad que le ofrece cada una de las opciones alternativas, es decir, si  $U_{ih} > U_{ij} \forall h \neq j; h, j \in C$ . La probabilidad de elegir la alternativa  $h$  será:

---

<sup>2</sup> Las amenidades son aquellos servicios que brinda un área natural para el disfrute del ser humano, como por ejemplo, la belleza escénica, la recreación, el aire limpio y la contemplación de la flora y fauna en estado silvestre.

$$\begin{aligned} \Pr(ih|C) &= \Pr\{U_{ih}(Z_{ih}, S_i, Y_i) > U_{ij}(Z_{ij}, S_i, Y_i)\} \\ \Pr(ih|C) &= \Pr\{V_{ih}(Z_{ih}, S_i, Y_i) + \varepsilon_{ih} > V_{ij}(Z_{ij}, S_i, Y_i) + \varepsilon_{ij}\} \\ \Pr(ih|C) &= \Pr\{(V_{ih} - V_{ij}) > (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ih})\} \quad h, j \in C, h \neq j. \end{aligned} \quad (2)$$

En esta situación, no se conoce para cada usuario la totalidad de las variables que están influyendo su elección, ni la forma exacta en que la influyen. De este modo, a partir de la observación de las elecciones de los usuarios y de los valores de las variables explicativas que se consideren, tanto del individuo como de las alternativas disponibles, será posible determinar una parte de la utilidad, la parte observada que se denominará  $V_{ih}$ , mientras que la otra parte de la utilidad será desconocida, lo cual se tratará como un error aleatorio de media cero, denominado  $\varepsilon_{ih}$ .

El componente observable de la utilidad (función indirecta de utilidad) se puede expresar como una función lineal de las variables explicativas:

$$\begin{aligned} V_{ij} &= \alpha_j + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_j) \\ &+ \delta_1(S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p(S_p * \alpha_j), \end{aligned} \quad (3)$$

donde  $\alpha$  es una constante específica para cada alternativa,  $\beta$  es el vector de coeficientes de utilidad asociado con el vector  $Z$  de variables explicativas,  $\gamma$  es el coeficiente asociado al precio de la alternativa  $j$ , o  $P_j$ , y  $\delta$  es el vector de coeficientes asociado a las variables socioeconómicas en la función de utilidad<sup>3</sup>.

Por lo tanto, la probabilidad de que un individuo prefiera la alternativa  $h \in C$  equivale a la probabilidad de que la suma de los componentes observables y aleatorios de esa opción sea mayor que la misma suma para el resto de alternativas presentadas, es decir:

<sup>3</sup> Es importante señalar que las variables socioeconómicas se incluyen en la función de utilidad como interacción con la constante específica para cada alternativa. En un modelo *logit* multinomial se estima un conjunto de  $j - 1$  constantes, donde  $j$  es el número total de alternativas, y estas constantes específicas capturan el efecto medio de los factores no observados en el término de error para cada alternativa (Blamey *et al.*, 1999).

$$\Pr(ih / C) = \Pr \left\{ \begin{array}{l} \alpha_h + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_h) + \delta_1 (S_1 * \alpha_h) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_h) + \varepsilon_{ih} > \\ \alpha_j + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_j) + \delta_1 (S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_j) + \varepsilon_{ij} \end{array} \right\}. \quad (4)$$

La obtención de medidas de bienestar de los atributos del programa de recuperación y conservación del PNMF se realiza a partir de la estimación de los parámetros que definen la función indirecta de utilidad, para lo cual es preciso definir una función de probabilidad. McFadden (1974) observa que si los términos de error de la anterior ecuación son independientes e idénticamente distribuidos (IID) con una distribución Gumbel<sup>4</sup> o de valor extremo tipo I, la probabilidad de elegir la alternativa  $h$  tiene la siguiente representación:

$$\Pr(ih / C) = \frac{e^{\omega V(Z_{ih}, S_i, Y_i)}}{\sum_{j \in C} e^{\omega V(Z_{ij}, S_i, Y_i)}} = \frac{e^{\omega[\alpha_h + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_h) + \delta_1 (S_1 * \alpha_h) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_h)]}}{\sum_{j \in C} e^{\omega[\alpha_j + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_j) + \delta_1 (S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_j)]}}. \quad (5)$$

La anterior especificación es conocida como *logit* multinomial o *logit* condicional, cuando están presentes los atributos por valorar y las características de los individuos, donde  $\omega$  es un parámetro de escala, inversamente proporcional a la desviación estándar del término de error de la distribución, y se normaliza típicamente como uno (Ben-Akiva y Lerman, 1985); por lo tanto, la probabilidad de elegir la alternativa  $h$  queda finalmente representada por:

$$\Pr(ih / C) = \frac{e^{[\alpha_h + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_h) + \delta_1 (S_1 * \alpha_h) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_h)]}}{\sum_{j \in C} e^{[\alpha_j + \beta_1 Z_1 + \dots + \beta_k Z_k + \gamma(Y_i - P_j) + \delta_1 (S_1 * \alpha_j) + \dots + \delta_p (S_p * \alpha_j)]}}. \quad (6)$$

El problema principal del modelo *logit* multinomial es el supuesto implícito de independencia de las alternativas irrelevantes (IIA), lo

<sup>4</sup> Si una variable aleatoria  $\varepsilon$  se distribuye según una distribución Gumbel de parámetro de localización  $\phi$  y parámetro de escala  $\omega$ , su función de distribución es:

$$F(\varepsilon) = \exp[-e^{-\omega(\varepsilon - \phi)}], \omega > 0, \text{ y su función de densidad es: } f(\varepsilon) = \omega e^{-\omega(\varepsilon - \phi)} \exp[-e^{-\omega(\varepsilon - \phi)}].$$

La moda de la distribución es  $\phi$ , la media es  $\phi + \lambda/\omega$ , siendo  $\lambda$  la constante de Euler (-0,577) y la varianza es  $\pi^2/6\omega^2$ . Las principales propiedades de esta distribución se pueden consultar en Ben-Akiva y Lerman (1985).

que quiere decir que el cociente de probabilidad de elección de dos alternativas cualesquiera es independiente de cualquier otra alternativa, real o potencial. Este supuesto da lugar a resultados sesgados si no se cumple (Louviere, Hensher y Swait, 2000).

La estimación de los parámetros de la función indirecta de utilidad ( $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$ ) se puede realizar mediante el método de máxima verosimilitud a través de un modelo *logit* multinomial (Greene, 2003; Maddala, 1999).

El método de experimentos de elección es consistente con la maximización de la utilidad y la teoría de la demanda (Bateman *et al.*, 2003). Una vez estimados los parámetros de la función indirecta de utilidad, se procede con la estimación de las medidas monetarias de bienestar y el cálculo del efecto en el bienestar. La derivación de la medida de bienestar utilizada en los experimentos de elección es atribuida a Haneman (1999) y se expresa de la siguiente manera:

$$VC = \left(\frac{1}{\gamma}\right) \left( Ln \left[ \sum_{j \in C} e^{V_{i1}} \right] - Ln \left[ \sum_{j \in C} e^{V_{i0}} \right] \right), \quad (7)$$

donde  $VC$  es la variación compensatoria que es una medida monetaria de bienestar,  $\gamma$  representa la utilidad marginal del ingreso (generalmente representado por el coeficiente del atributo monetario en el experimento de elección), y  $V_{i0}$  y  $V_{i1}$  representan la función de utilidad indirecta antes y después del cambio en el programa de conservación propuesto. Para una función de utilidad lineal y con un solo atributo cambiado, la  $VC$  para una elección discreta estaría dada por:

$$VC = \left(\frac{1}{\gamma}\right) (Ln(e^{V_{i1}}) - Ln(e^{V_{i0}})) = \left(\frac{1}{\gamma}\right) (V_{i1} - V_{i0}). \quad (8)$$

De la ecuación anterior se puede desprender que para una función de utilidad lineal, la tasa marginal de sustitución entre dos atributos es simplemente el cociente de sus coeficientes y que la disponibilidad marginal a pagar (DMAP) por un cambio en el atributo  $Z_a$  está dada por (Alpizar, Carlsson y Martinsson, 2001):

$$DMAP_a = \frac{\frac{\partial V_{ij}}{\partial Z_a}}{\frac{\partial V_{ij}}{\partial P}} = -\frac{\beta_a}{\gamma}. \quad (9)$$

## A. Diseño experimental

El fundamento para un estudio de valoración que utilice el método del experimento de elección es un diseño experimental. Un experimento definido en términos científicos implica la observación de los efectos sobre una variable, una variable respuesta, dada la manipulación en los niveles de una o más variables. La manipulación de los niveles de las variables no ocurre al azar. Mejor dicho, se recurre a formas especializadas de estadística para determinar qué manipulación realizar y cuándo realizarla. De esta manera podemos decir que la manipulación ocurre por un diseño. De ahí el nombre de diseño experimental.

Según Hensher, Rose y Greene (2005), el proceso de generación del experimento inicia con la definición del problema, con la recomendación de refinar el planteamiento del problema en función de políticas o programas bien definidos. El *segundo* paso se refiere a la identificación de atributos y niveles. A través de los atributos se les explica a los entrevistados el estado actual y las modificaciones de este y para la descripción de los cambios del estado actual se utilizan diferentes valores de los atributos llamados niveles. Obviamente un conjunto de atributos configuran una alternativa o plan que luego se pondrá a disposición del entrevistado para su elección. El *tercer* paso se refiere a la consideración del diseño experimental, en donde se define el tipo de diseño, la especificación del modelo que puede ser de tipo aditivo o con interacciones entre los diferentes atributos y las características de los entrevistados, y luego se reduce el tamaño del experimento, para que sea viable su aplicación. El *cuarto* paso implica la generación del diseño experimental y para este propósito se recomienda recurrir a software especializado (SPSS, Minitab y SAS) con la finalidad de obtener combinaciones óptimas que minimicen la correlación entre los atributos. El *quinto* paso se refiere a la asignación de columnas dentro del diseño, donde se recomienda evitar manipular el diseño y no generar una respuesta estimulada. El *sexto* paso implica la generación

de conjuntos de elección que deberán ser utilizados en la encuesta. Para superar una posible parcialidad en el orden de los efectos, en el *séptimo* paso se recomienda que el orden de estos conjuntos de elección sea aplicado en la encuesta de manera aleatoria. El último paso del proceso de diseño experimental es la construcción de la encuesta, para insertar los conjuntos de elección de manera apropiada en sus diferentes versiones e incluir otras preguntas que puedan ser necesarias para el problema de investigación.

### **1. Identificación y refinamiento del problema**

El PNMF se encuentra seriamente deteriorado por causas de tipo antropogénico. Las principales causas de este deterioro son: disminución de la cobertura vegetal, contaminación por descarga de aguas residuales, altas tasas de erosión hídrica, exceso de puestos de alimentos, mal estado de edificios y jardines, deforestación y extracción de recursos forestales, carencia de espacios para la recreación y deficiente acceso y estacionamiento vehicular.

En este contexto, se pretende evaluar la estructura de preferencias sociales de diferentes medidas de intervención en el PNMF y, concretamente, se analizan las preferencias de los usuarios en la implementación de un programa de recuperación y conservación, el cual contiene diferentes medidas de intervención que impactan directamente los atributos del PNMF.

### **2. Identificación de atributos y niveles**

Con base en el Plan de Desarrollo Municipal de Texcoco y entrevistas con usuarios del parque y el administrador, se pudieron identificar cuatro aspectos que deberían ser considerados como prioritarios en un programa o proyecto de recuperación y conservación del PNMF:

- Cobertura vegetal
- Espacios para recreación
- Restauración de edificios antiguos
- Accesos y estacionamiento

En la encuesta piloto se ensayaron diferentes combinaciones de niveles para cada uno de los atributos. Se eligió un escenario de valoración que contempla mantener la situación actual (*statu quo*) frente a una alternativa que implica una mejora, de forma tal que cada atributo considera niveles de dichas mejoras.

Por otro lado, Habb y McConell (2002) recomiendan introducir un atributo más, que logra restringir las elecciones exigiendo una contra-prestación económica por las acciones de mejora. Los niveles de ese atributo monetario se determinaron a partir de una encuesta piloto de pregunta abierta, lo que permitió obtener los valores mínimo y máximo del incremento en la tarifa de entrada; esto arrojó valores de 10, 15, 20 y 25 pesos<sup>5</sup>. En términos operativos, y teniendo en cuenta el cuadro 1, en el anexo 1 se ilustra un resumen de los atributos y niveles usados en el experimento de elección<sup>6</sup>.

### 3. Generación del diseño experimental

Según el anexo 1, se tiene un total de 324 combinaciones de escenarios diferentes ( $4 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3$ ), pero ejecutar la encuesta con 324 tarjetas sería impracticable. Por lo tanto, la selección de combinaciones requiere de la utilización de métodos, como el análisis factorial fraccionado, que intenten minimizar la correlación entre los atributos (Bennett y Adamowicz, 2001).

Haciendo uso del proceso de diseño ortogonal<sup>7</sup> en el paquete computacional SPSS, se generaron veinticinco tarjetas o alternativas<sup>8</sup> (anexo 2).

---

<sup>5</sup> Es importante mencionar que el tipo de cambio promedio durante el período de investigación fue de trece pesos por un dólar americano.

<sup>6</sup> En los escenarios de valoración del experimento de elección no se contempla el costo de las medidas de intervención, debido a que al momento de realizar la investigación no se disponía de esta información técnica. Sin embargo, en futuros trabajos con esta temática se sugiere incluir dicha información al momento de ilustrar las diferentes medidas de intervención.

<sup>7</sup> Para permitir que los encuestados sean capaces de elegir la combinación que prefieran se utiliza el diseño factorial fraccionado, que presenta una fracción adecuada de todas las posibles combinaciones de niveles de los atributos. El conjunto resultante, denominado matriz ortogonal, está diseñado para recoger los efectos principales de cada nivel del atributo.

<sup>8</sup> Es importante señalar que en el momento de generar el diseño ortogonal en el SPSS se hizo la especificación de que se requería de veinte combinaciones como mínimo, pero el software generó las veinticinco combinaciones que aparecen en el anexo 2.

**Cuadro 1. Escenarios de valoración en el experimento de elección.**

Atributos	<i>Statu quo</i>	Mejora
Cobertura vegetal	El PNMF presenta una deficiente cobertura vegetal. Además, con la actividad de explotación de mina de arena en los alrededores del parque se agudiza el problema de deforestación. La Administración podría seguir regulando de alguna manera, pero no habría programas para recuperar las zonas degradadas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se destinarían fondos para recuperar en un 50% la cobertura vegetal, lo cual permitiría arborizar y recuperar zonas erosionadas e incrementar la cobertura vegetal en los suelos reforestando con árboles y especies nativas.</li> <li>2. Se destinarían fondos para recuperar en un 100% la cobertura vegetal, lo cual implicaría que además de realizar la anterior mejora, se desarrollarían proyectos de reforestación con las comunidades que habitan en las zonas alejadas, con el fin de evitar la expansión urbana y la explotación de minas de arena.</li> </ol>
Espacios para recreación	Existe una deficiente infraestructura para realizar actividades recreativas, sobre todo para los niños. Se observa que los espacios para recreación están en malas condiciones y existen pocas instalaciones deportivas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Construcción de un parque de recreación infantil que contemple instalaciones deportivas como canchas de microfútbol, tenis y baloncesto, lo cual permitiría mejorar en 50% los espacios de recreación.</li> <li>2. Mejorar en 100% los espacios para la recreación, lo cual implicaría, además de realizar la anterior mejora, la construcción de senderos en la parte alta para los practicantes de ciclismo de montaña, caminatas y turismo ecológico.</li> </ol>
Restauración de edificios antiguos	La mayor parte de los edificios antiguos que representan el casco de la antigua hacienda se encuentran seriamente deteriorados y en malas condiciones físicas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remozamiento y restauración del 50% de edificios antiguos del casco de la antigua hacienda.</li> <li>2. Remozamiento y restauración del 100% de edificios antiguos del casco de la antigua hacienda.</li> </ol>
Accesos y estacionamiento	Los accesos y puentes que existen dentro del parque para visitar los diferentes atractivos se encuentran en pésimas condiciones; el área de estacionamiento vehicular no está adecuadamente regulada, lo que genera bastante congestión durante los fines de semana.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mejorar el 50% de los accesos al parque, lo cual implicaría desarrollar inversiones que contemplen la pavimentación o remodelación de caminos y puentes al interior del parque.</li> <li>2. Mejorar el 100% de los accesos al parque, lo cual implicaría, además de realizar la anterior mejora, la ampliación y regulación del estacionamiento vehicular e instalación de botes de basura en sitios estratégicos, regular el área comercial y aumentar la dotación del personal de vigilancia y los guías.</li> </ol>
Incremento en la tarifa de entrada	No se cobra ninguna tarifa de entrada al parque y sólo existen cobros por estacionamiento vehicular y uso de instalaciones sanitarias.	Se contemplan tarifas de entrada al parque de \$ 10, \$ 15, \$ 20 y \$ 25, sujetas al planteamiento de mejoras en los diferentes niveles de los atributos. Esta tarifa por implementar cubriría los costos de estacionamiento vehicular y uso de instalaciones sanitarias.

Fuente: elaboración propia.

Estos escenarios óptimos son ortogonales (no existe correlación entre niveles y atributos) y equilibrados (cada nivel aparece en el atributo el mismo número de veces). El diseño ortogonal ilustrado en el anexo 2 contiene una combinación (tarjeta 15) idéntica al *statu quo* (que se caracteriza por tener niveles deficientes en todos los atributos y una contribución monetaria nula), salvo por el nivel del atributo monetario (incremento de la tarifa). Al realizar una prueba de consistencia de forma sencilla se obtiene que ante igualdad de condiciones y una contribución económica mayor, carece de sentido la elección de la tarjeta 15 antes que el *statu quo*, por lo que se procedió a desechar esta combinación con la finalidad de que los encuestados no incurran en este tipo de elección, lo cual determinó que se tuvieran veinticuatro combinaciones óptimas.

#### 4. Codificación de los atributos por valorar

Siguiendo el esquema desarrollado por Holmes y Adamowicz (2003), se utilizan códigos para determinar los efectos de los atributos y se traslada la escala de calificación de categorías para codificar el sistema que será usado en el análisis econométrico. El número de nuevas variables creadas es equivalente al número de niveles de los atributos que deben ser codificados, menos uno. Según el anexo 1, se tienen tres niveles para cada atributo, por lo que será necesario crear dos variables para cada atributo.

En esta investigación se utilizarán variables codificadas en lugar de variables *dummy* en la determinación de los efectos de los atributos, debido a que cuando se utilizan variables *dummy* para codificar los niveles de los atributos, el nivel de atributo asociado con la categoría omitida es perfectamente colineal con el intercepto en el modelo de regresión. Esta limitación se superó utilizando variables codificadas (*effects codes*), ya que estas no están correlacionadas con el intercepto, (Louviere *et al.*, 2000).

La codificación se realiza teniendo en cuenta que cada atributo tiene tres niveles de mejora (deficiente, bueno y excelente) y, en consecuencia, para el atributo *cobertura vegetal* se generan tres variables: excelente cobertura vegetal (ECV), buena cobertura vegetal (BCV) y deficiente cobertura vegetal (DCV). En este caso, la variable DCV es el nivel base para comparar, por lo que finalmente en el análisis econométrico

se trabaja con dos variables (ECV y BCV). Sin embargo, el usuario puede elegir cualquiera de estos tres niveles de mejora.

En efecto, cuando el usuario elige ECV, se asigna el valor de 1 a esta variable y 0 a la variable BCV; si por el contrario el usuario elige BCV, entonces se asigna a esta variable el valor de 1 y 0 a la variable ECV; la última opción es que el usuario prefiera DCV, en cuyo caso se codifica con -1 la variable ECV y también con -1 la variable BCV. Los coeficientes de ECV y BCV proveen la “utilidad marginal” de esos niveles del atributo *cobertura vegetal* y multiplicando por -1 la suma de esos coeficientes se puede obtener la “utilidad marginal” del nivel deficiente de cobertura vegetal (DCV).

Los códigos para los otros tres atributos (espacios para recreación, restauración de edificios antiguos, y accesos y estacionamiento) se codifican de la misma manera (anexo 3).

## 5. Diseño e implementación de la encuesta

El escenario de valoración contempla mejoras en los atributos del PNMF y a través de los atributos se sintetiza para los usuarios el estado actual del parque y las modificaciones de este obtenidas a través de políticas de gestión propuestas en este estudio. Para la descripción de los cambios del estado de referencia se utilizan diferentes valores de los atributos llamados niveles. Los niveles tienen la función de describir los impactos en el atributo al cual pertenecen. El conjunto de niveles y atributos utilizados para la descripción de las alternativas se llama tarjeta de elección (*choice set*). En consecuencia, el ejercicio de valoración de esta parte del estudio se caracteriza por presentarle a cada usuario del PNMF un conjunto de alternativas de elección sobre las cuales este deberá elegir.

Operativamente, los veinticuatro conjuntos de elección que se consideran óptimos en el anexo 2 fueron divididos en bloques de doce versiones diferentes, que contienen cada uno dos conjuntos de elección<sup>9</sup>, sobre los cuales los usuarios deberán mostrar su preferencia

---

<sup>9</sup> Las veinticuatro combinaciones óptimas que se generaron en el diseño ortogonal se combinaron aleatoriamente en grupos de dos, añadiendo una tercera alternativa en cada conjunto de elección que representa el *statu quo* o situación de no pagar nada y no obtener ningún cambio respecto a la situación actual.

y consiguientemente proceder a su elección. El cuadro 2 ilustra un ejemplo de una situación de elección.

Cuadro 2. Descripción de una situación de elección.

Atributos	Alternativas		
	Plan A	Plan B	Statu quo
Mejora de cobertura vegetal	No cambia	Bueno (50%)	No cambia
Mejora en espacios para recreación	Excelente (100%)	Bueno (50%)	No cambia
Restauración de edificios antiguos	Bueno (50%)	Bueno (50%)	No cambia
Mejora en accesos y estacionamiento	Bueno (50%)	Excelente (100%)	No cambia
Incremento en la tarifa de entrada (\$)	\$ 10	\$ 15	\$ 0
Su elección →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

## B. Especificación econométrica del modelo *logit* multinomial

Antes de proceder a especificar el modelo *logit* multinomial, es necesario precisar que se tienen dos posibilidades: estimar un modelo con efectos interacción o estimar un modelo sin efectos interacción. En esta investigación se estimarán ambos tipos de modelos.

Teniendo en cuenta las variables codificadas para los cuatro atributos del PNMF y adicionando la tarifa de acceso (que representa el costo de cada alternativa de elección) como un atributo más, la especificación econométrica del modelo *logit* multinomial sin interacción es:

$$\begin{aligned}
 V_{ij} = & \beta_1 ECV + \beta_2 BCV + \beta_3 EER + \beta_4 BER + \beta_5 ERE \\
 & (+) \quad (+) \quad (+) \quad (+) \quad (+) \\
 & + \beta_6 BRE + \beta_7 EAE + \beta_8 BAE + \beta_9 COSTO + \varepsilon_{ij}. \quad (10) \\
 & (+) \quad (+) \quad (+) \quad (-)
 \end{aligned}$$

Por su parte, en el caso del modelo *logit* multinomial con interacción se estima  $j - 1$  constantes, donde  $j$  es el número total de alternativas. En efecto, según el cuadro 2 se tienen tres alternativas de elección (plan

A, plan B y *statu quo*), en tanto que las variables socioeconómicas son incluidas en la función de utilidad como interacción con la constante específica para cada alternativa. En consecuencia, la especificación econométrica del modelo *logit* multinomial con interacción es:

$$\begin{aligned}
 V_{ij} = & \alpha_1 * PLANA + \alpha_2 * PLANB + \beta_1 ECV + \beta_2 BCV + \beta_3 EER + \beta_4 BER \\
 & \quad (-) \quad \quad \quad (-) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \\
 & + \beta_5 ERE + \beta_6 BRE + \beta_7 EAE + \beta_8 BAE + \beta_9 COSTO \\
 & \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (-) \\
 & + \delta_1 * (EDU * PLANA) + \delta_2 * (ING * PLANA) + \delta_3 * (EDU * PLANB) \\
 & \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \quad \quad \quad (+) \\
 & + \delta_4 * (ING * PLANB) + \varepsilon_{ij}.
 \end{aligned} \tag{11}$$

En ambos tipos de modelos la variable dependiente es la función de utilidad indirecta, la cual está codificada según la elección que realiza el usuario. Si, por ejemplo, el usuario elige el plan A, a esta alternativa se le codifica con 1 y a las restantes alternativas (plan B y *statu quo*) se les codifica con 0.

La variable dependiente  $V_{ij}$  depende de un conjunto de atributos del PNMF (ECV, BCV, EER, BER, ERE, BRE, EAE, BAE, Costo) en el primer modelo; y en el segundo modelo se le adiciona los efectos interacción mediante variables socioeconómicas de los entrevistados: nivel educativo (EDU) y nivel de ingresos (ING), lo cual permite capturar de manera conjunta los efectos de los atributos y las características de los usuarios en la implementación del programa de recuperación y conservación del PNMF. Los signos debajo de cada una de las variables en ambos modelos corresponden a los signos esperados para cada una de ellas. El signo negativo significa que esa variable influye de manera negativa en la utilidad del usuario y obviamente el signo positivo indica que esa situación afecta positivamente la utilidad del usuario.

### III. Resultados y discusión

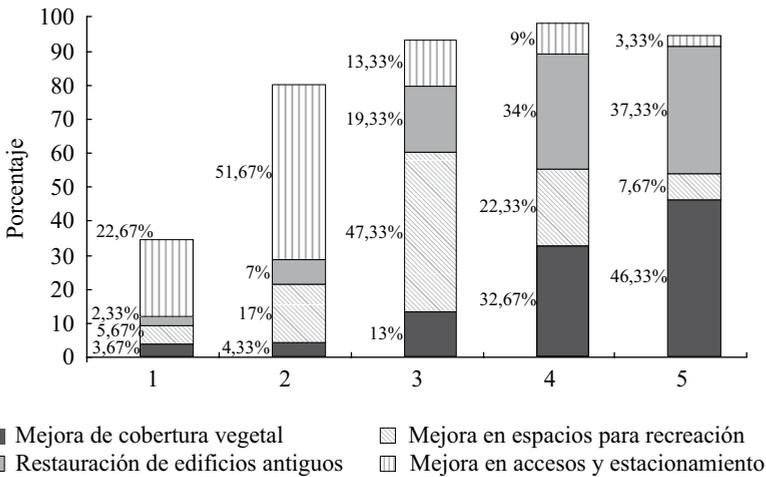
El trabajo de campo de este estudio se caracteriza por la recolección de información de corte transversal, la misma que ha sido tabulado a partir de la aplicación de una encuesta. Se aplicaron un total de 150 encuestas a usuarios del PNMF. Por el tipo de encuesta se vio conveniente que esta se aplicase solamente a personas mayores de dieciocho

años y que fueran jefes de familia. Estos requerimientos se plantearon para captar información de personas que tuvieran capacidad de gasto. Todas las encuestas fueron realizadas en febrero de 2010, durante tres fines de semana.

### A. Calificación de atributos del PNMF

Para analizar las mejoras en los atributos del PNMF, se planteó a los visitantes que calificaran cuatro atributos, donde 1 es poco importante y 5 muy importante. En el gráfico 1, se puede apreciar cómo la mayor parte de la muestra manifiesta que la mejora en cobertura vegetal es muy importante (78%), asignándole calificaciones de cuatro y cinco. En cuanto a la calificación de la mejora de espacios para recreación, se puede observar que cerca del 69% de las personas consideran que la mejora en los espacios para recreación es importante, asignándole calificaciones de tres y cuatro.

Gráfico 1. Calificación de atributos del PNMF.



Fuente: elaboración propia con base en encuestas.

También se aprecia cómo la mayor parte de los visitantes (más del 71%) le asignan un nivel de prioridad alto, de muy importante (calificaciones de cuatro y cinco), a la restauración de edificios antiguos. Por otro lado, cerca del 75% de los visitantes le asigna un nivel de prioridad

de poco importante (calificaciones de uno y dos) al mejoramiento de los accesos y del estacionamiento vehicular.

## B. Análisis econométrico

El modelo econométrico generalmente utilizado en los experimentos de elección es el modelo *logit* multinomial, también conocido como *logit* condicional, que es un modelo probabilístico que busca encontrar la relación entre la probabilidad de seleccionar cada una de las tres alternativas con los atributos de esas alternativas y con las características de los individuos. En las regresiones multinomiales la variable dependiente es la elección que realiza el visitante sobre la base de alternativas de recuperación y conservación. El cuadro 3 muestra la elección que realizan tres tipos de visitantes escogidos al azar de la muestra de estudio. Se puede observar que al encuestado  $i = 46$  se le presentaron tres alternativas de recuperación y conservación del PNMF (plan A, plan B y *statu quo*), las cuales se derivan de las combinaciones óptimas encontradas en el diseño ortogonal; específicamente, estas combinaciones corresponden a las tarjetas 4 y 16, respectivamente (véase anexo 2).

La codificación de los atributos se realiza con base en el diseño ortogonal y teniendo en cuenta la codificación ilustrada en el anexo 3. En este caso específico, el entrevistado 46 procedió a elegir el plan B que tiene las siguientes mejoras: excelente cobertura vegetal, deficiente espacio para recreación, buena restauración de edificios antiguos y deficientes accesos y estacionamiento, lo cual implica aumentar la tarifa de acceso en \$ 25. Claramente se puede percibir que este usuario le da más importancia a la cobertura vegetal y a la restauración de edificios antiguos.

Por su parte, el entrevistado  $i = 91$  eligió el plan A (tarjeta 10), que tiene como característica las mejoras en cobertura vegetal y en los accesos y el estacionamiento vehicular, lo que implica aumentar la tarifa en \$ 10. El entrevistado  $i = 107$ , prefirió el *statu quo*, es decir, no hacer nada y dejar las cosas como están, lo que obviamente implica no aumentar la tarifa de acceso al parque. De lo anterior se puede desprender que de un conjunto de variables asociadas a las diferentes alternativas de mejora, el usuario elegirá una alternativa dependiendo de esa infor-

mación (variación intrapersonal). Por otro lado, las características socioeconómicas del visitante determinan diferentes preferencias por alternativas similares (variación interpersonal).

La estimación econométrica en el experimento de elección precisamente toma en cuenta la variación intrapersonal y la variación interpersonal en la cuantificación del impacto de estas variables sobre la utilidad de los visitantes. En efecto, la variable dependiente del modelo *logit* condicional es la elección, tal como se detalla en el cuadro 3. Esta variable toma valores de 0 y 1, y de tres alternativas presentadas al visitante, la alternativa elegida toma el valor de 1 y las dos restantes alternativas toman el valor de 0; por su parte, en las variables explicativas se tienen, por un lado, los atributos codificados según el diseño experimental y, por otro, las características socioeconómicas de los visitantes obtenidas según la encuesta aplicada.

Cuadro 3. Operacionalización de variables del experimento de elección.

Usuario	ID tarjeta	Alternativas	Costo (\$)	Codificación de los atributos según el diseño ortogonal								Tarifa	Elección
				ECV	BCV	EER	BER	ERE	BRE	EAE	BAE		
i = 46	4	Plan A	15	-1	-1	1	0	-1	-1	-1	-1	25	0
	16	Plan B	25	1	0	-1	-1	0	1	-1	-1	25	1
		Statu quo	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	25	0
i = 91	10	Plan A	10	1	0	-1	-1	-1	-1	1	0	10	1
	14	Plan B	15	1	0	0	1	1	0	-1	-1	10	0
		Statu quo	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	10	0
i = 107	18	Plan A	20	0	1	0	1	-1	-1	0	1	0	0
	25	Plan B	25	0	1	1	0	0	1	-1	-1	0	0
		Statu quo	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1

Fuente: elaboración propia sobre la base de datos utilizado en el modelo econométrico multinomial.

Los resultados de las estimaciones econométricas<sup>10</sup> se presentan para dos tipos de modelos: sin interacción (modelo 1) y con interacción

<sup>10</sup> Es importante mencionar que en una primera fase se tomó en cuenta la totalidad de atributos del PNMF en la estimación econométrica (ECV, BCV, EER, BER, ERE, BRE, EAE, BAE, Costo). Sin embargo, algunos atributos resultaron estadísticamente no significativos, motivo por el cual en el cuadro 4 se ilustra la estimación del modelo *logit* multinomial con cinco atributos.

(modelo 2), ambos presentados en el cuadro 4. Para la selección del mejor modelo se siguen los criterios siguientes:

- Que los coeficientes de las variables tengan los signos esperados.
- Que los coeficientes de las variables independientes sean significativos a un cierto nivel aceptable de confiabilidad.
- Que el logaritmo de máxima verosimilitud del modelo (*log-likelihood*) sea grande.
- Que los criterios de información (Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn) sean bajos.

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente descritos, se selecciona el modelo con interacción (modelo 2). En general, en este modelo los signos de los coeficientes que acompañan las variables explicativas son los esperados. Hay un buen ajuste (0,33206) en cuanto al pseudo R cuadrado (no se acerca demasiado a la unidad), los valores de los criterios de información (Akaike, Schwarz y Hannan-Quinn) son adecuados porque son bajos y muy parecidos y el estadístico de la razón de verosimilitud rechaza a menos de 1% de significancia la hipótesis de que todas las pendientes del modelo son cero (p-valor muy pequeño).

Los parámetros de los atributos del PNMF tienen los signos esperados, es decir, una excelente cobertura vegetal (ECV), buenos espacios para recreación (BER), excelente restauración de edificios antiguos (ERE) y buenos accesos y estacionamiento (BAE) son factores que afectan positivamente la utilidad del usuario. El coeficiente de la variable costo (Costo) que refleja el incremento en la tarifa de entrada al parque es negativo como era de esperarse, ya que mientras mayor sea la tarifa, menor será el ingreso disponible para “comparar” mayores niveles de atributos ofrecidos en las alternativas y, por ende, menor será su utilidad indirecta.

El coeficiente de la constante tiene una interpretación particular. El signo negativo estaría reflejando la utilidad de la alternativa omitida (*statu quo*) e indica que esta situación disminuye la utilidad del visitante. Este resultado es consistente con la percepción casi general de

**Cuadro 4. Resumen de resultados del modelo *logit* multinomial.**

Variablen	Modelo 1	Modelo 2
Constante * PLANA		-4,92326545
		(-3,772)**
Excelente cobertura vegetal (ECV)	0,47285677	0,87435366
	(2,443)*	(3,128)**
Buenos espacios para recreación (BER)	0,10213175	0,08439686
	(0,701)	(0,437)
Excelente restauración de edificios antiguos (ERE)	0,40835815	0,56183526
	(2,623)**	(2,663)**
Buenos accesos y estacionamiento (BAE)	0,11938160	0,23796305
	(0,845)	(1,084)
Costo	-0,05002388	-0,07176098
	(-2,766)**	(-1,298)
EDU*PLANA		0,68743093
		(1,969)*
ING*PLANA		1,31518499
		(3,806)**
Constante * PLANB		-7,45980709
		(-3,806)**
EDU*PLANB		1,29160913
		(3,207)**
ING*PLANB		1,51252872
		(4,239)**
Logaritmo de verosimilitud	-158,8961	-110,0713
Logaritmo de verosimilitud restringida	-164,7918	-164,7918
Pseudo R cuadrado	0,03578	0,33206
LR (razón de verosimilitud)	11,7914	109,441
Criterio de información de Akaike	2,18528	1,61428
Criterio de información de Schwarz	2,28564	1,83506
Criterio de información de Hannan-Quinn	2,22605	1,70398
Número de respuestas	150	150
Número de observaciones	450	450

Los números entre paréntesis son los *t*-estadísticos: \*\* indica significancia a un nivel del 1% y \* al 5%.  
Fuente: elaboración propia con base en resultados del software N-Logit. 4.

los visitantes al PNMF. 67% de encuestados eligió algún plan de mejora distinto al *statu quo*, debido a que consideran que el parque está seriamente deteriorado y que urge implementar un programa de recuperación y conservación.

Por otro lado, las características socioeconómicas de los usuarios reflejan el efecto interacción con las constantes específicas para cada alternativa (PLANA y PLANB). En ambos casos, el nivel de educación (EDU) y el nivel de ingresos (ING) son altamente significativos, lo que indica que, como era de esperarse, a mayor nivel educativo y mayores niveles de ingresos, mayor utilidad indirecta se percibe por las mejoras en recuperación y conservación del PNMF.

### C. Análisis de los supuestos del modelo *logit* multinomial

Los principales supuestos del modelo *logit* multinomial se pueden dividir en dos aspectos. En primer lugar, se asumió que los usuarios del parque tienen igual estructura de preferencias (*ceteris paribus*); este supuesto implica que los parámetros estimados son iguales para todos los visitantes. En segundo lugar, también se asumió que el cociente de probabilidades entre dos alternativas no es afectado por otras alternativas en el conjunto de elección, es decir, se cumple la propiedad de independencia de alternativas irrelevantes<sup>11</sup> (IIA). Esta propiedad impide incorporar la posible heterogeneidad en las preferencias y la posible correlación entre alternativas.

Para probar si se verifica la propiedad de IIA y, por lo tanto, si es necesaria la aplicación de otros modelos menos restrictivos que el *logit* multinomial, Greene (2003) recomienda aplicar la prueba de Hausman y McFadden (1984). La estadística de contraste para esta prueba se define de la siguiente manera:

---

<sup>11</sup> Esta propiedad requiere que la presencia o ausencia de una alternativa no influya en el cociente de probabilidades asociadas con las demás alternativas del conjunto de elección. Hausman y McFadden (1984) indican que si un subconjunto del conjunto de alternativas posibles es verdaderamente irrelevante, omitirlo por completo del modelo no conllevará cambios sistemáticos en los estimadores de los parámetros. La exclusión de estas alternativas originará ineficiencia, pero no inconsistencia. Pero si los cocientes de probabilidades restantes no son en realidad independientes de estas alternativas, los estimadores de los parámetros que se obtienen cuando se eliminan estas alternativas serán no consistentes (Greene, 2003).

$$\chi^2 = (\hat{\beta}_r - \hat{\beta}_u)' [\hat{V}_r - \hat{V}_u]^{-1} (\hat{\beta}_r - \hat{\beta}_u), \quad (12)$$

donde  $r$  indica el estimador obtenido con el conjunto restringido,  $u$  indica el estimador obtenido con el conjunto de todas las alternativas posibles, y  $\hat{V}_r, \hat{V}_u$  son los estimadores respectivos de las matrices de covarianzas asintóticas. La distribución asintótica del estadístico es chi cuadrado con  $K$  grados de libertad.

Cuadro 5. Prueba de Hausman y McFadden para IIA.

Alternativa omitida	$\chi^2$	Grados de libertad	Probabilidad
Plan A	0,4111	5	0,995019
Plan B	1,3682	5	0,927762
<i>Statu quo</i>	3,3626	5	0,644272

Fuente: elaboración propia con base en resultados del software N-Logit.

Del cuadro 5 se puede concluir que no existe evidencia estadística suficiente para rechazar la restricción IIA en el modelo *logit* multinomial sin interacciones. El valor crítico de una chi cuadrado al 5% de significancia con cinco grados de libertad es 11,0705 y, por lo tanto, se cumple el supuesto de IIA y el modelo *logit* multinomial es apropiado.

#### D. Priorización de políticas de gestión

Los experimentos de elección permiten la estimación de los cambios en el bienestar debido a una variación en cualquiera de los niveles de los atributos. La disponibilidad marginal a pagar (DMAP) o el precio implícito de un atributo no monetario del bien es la disponibilidad a pagar por un cambio unitario en este atributo, mientras el resto se mantiene constante.

Los resultados de las estimaciones econométricas del modelo *logit* multinomial con interacción indican que la función indirecta de utilidad estimada tiene la siguiente forma:

$$\begin{aligned} V_{ij} = & -4.923(PLANA) + 0,874ECV + 0,084BER + 0,562ERE + 0,238BAE \\ & - 0,072COSTO + 0,687(EDU * PLANA) + 1.315(ING * PLANA) \\ & - 7.459(PLANB) + 1.292(EDU * PLANB) + 1.512(ING * PLANB). \end{aligned} \quad (13)$$

La DMAP de un atributo se calcula como la razón entre el parámetro estimado dividido por el parámetro de la variable costo con signo negativo. En el cuadro 6 se muestran las DMAP de los diferentes atributos no monetarios utilizados en el experimento de elección.

**Cuadro 6. Disponibilidad marginal a pagar por un cambio en cada atributo.**

Atributos / nivel de mejora	(\$/persona/visita)	
	Bueno	Excelente
Cobertura vegetal		12,18
Espacios para recreación	1,18	
Restauración de edificios antiguos		7,83
Accesos y estacionamiento	3,32	

*Fuente:* elaboración propia sobre la base del modelo econométrico multinomial estimado.

La DMAP se calcula con respecto a la tarifa de acceso al parque que estaría dispuesta a pagar la persona entrevistada por un incremento en el nivel del atributo. Los valores marginales positivos indican que el visitante estaría mejor con incrementos en los niveles de esos atributos.

En el cuadro 6 se puede observar que la DMAP por las mejoras en los niveles de cobertura vegetal (ECV) y en los niveles de restauración de edificios antiguos (ERE) es mayor al resto de atributos, lo cual concuerda con el análisis descriptivo mostrado en el gráfico 1, donde los atributos con los porcentajes de calificación más altos precisamente corresponden a los anteriormente descritos. La DMAP agregada por las mejoras en los cuatro atributos es de \$ 24,51.

La desagregación de la DAP constituye el principal aporte de la investigación. En efecto, una política de gestión en el PNMF debe orientar prioritariamente la mejora en cobertura vegetal y la restauración de edificios antiguos, porque estas mejoras contribuyen en mayor medida al nivel de bienestar de los usuarios. De esta manera la comparación de las DMAP de los atributos muestra la importancia relativa que los usuarios entrevistados le dan a cada uno de ellos.

#### **IV. Conclusiones e implicancias de política**

La importancia operativa de los resultados de esta investigación radica en que utilizando los experimentos de elección se pudieron establecer

criterios técnicos para priorizar políticas de gestión en áreas naturales, con énfasis en programas de recuperación y conservación. Técnicamente se diseñó un modelo econométrico *logit* multinomial que permitió estimar la DMAP, para lo cual fue necesario una revisión bibliográfica con la que se definió el estado actual de la valoración económica del medio ambiente, para luego proceder a generar evidencia empírica en el PNMF, como una de las primeras experiencias en la aplicación de este tipo de metodologías en áreas naturales protegidas en México.

Del experimento de elección se evidencia que los atributos que más impactan en el bienestar de los visitantes son la cobertura vegetal y la restauración de edificios antiguos, y se encontraron DMAP de \$ 12 y \$ 8, respectivamente; estos resultados indican que los usuarios valoran positiva y de manera diferencial el programa de recuperación y conservación propuesto.

Por otro lado, cabe destacar que el 67% de los visitantes manifestó su disposición de pago, lo que refleja que la mayoría de ellos perciben el grado de deterioro del parque y además reconocen los servicios ambientales ofertados, entre los que destacan el paisaje, el aire puro y la educación y cultura. Por lo tanto, se puede concluir que la información muestral evidencia que existe un reconocimiento de los servicios ambientales ofrecidos por el PNMF.

## Referencias

1. ALPIZAR, F., CARLSSON, F. y MARTINSSON, P. (2001). "Using choice experiments for non-market valuation" (Working Papers in Economics 52). Department of Economics, Göteborg University.
2. BATEMAN, I. J., CARSON, R. T., DAY, B., M., HANLEY, N., HETT, T., *et al.* (2003). *Guidelines for the use of stated preference techniques for the valuation of references for non-market goods*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, Edward Elgar.
3. BEN-AKIVA, M. y LERMAN, S. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*. Cambridge, MA, MIT Press.

4. BENNETT, J. y ADAMOVICZ, V. (2001). "Some fundamentals of environmental choice modelling", en J. Bennett y R. Blamey (Eds.), *The choice modelling approach to environmental valuation* (pp. 37-69). Cheltenham, UK and Northampton, MA, Edward Elgar.
5. BIROL, E., KAROUSAKIS, K. y KOUNDOURI, P. (2006). "Using a choice experiment to account for preference heterogeneity in wetland attributes: The case of Cheimaditida Wetland in Greece", *Ecological Economics*, 60:145-156.
6. BIROL, E., SMALES, M. y GYOVAI, A. (2006). "Using a choice experiment to estimate farmers' valuation of agrobiodiversity on Hungarian small farms", *Environmental & Resource Economics*, 34:439-469.
7. BLAMEY, R., GORDON, J. y CHAPMAN, R. (1999). "Choice modelling: Assessing the environmental values of water supply options", *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 43(3):337-357.
8. CARLSSON, F., FRYKBLOM, P. y LILJENSTOLPE, C. (2003). "Valuing wetland attributes: An application of choice experiments", *Ecological Economics*, 47:95-103.
9. COLOMBO, S. y HANLEY, N. (2008). "Análisis econométrico de la heterogeneidad de las preferencias de los individuos: aplicación a la valoración económica de la conservación del paisaje agrícola de montaña", *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8(1):103-124.
10. COOPER, B. y CRASE, L. (2008). "Waste water preferences in rural towns across north-east Victoria: A choice modelling approach", *Australasian Journal of Environmental Management*, 15:41-50.
11. EGAN, K., HERRIGES, J., KLING, C. y DOWNING, J. (2009). "Valuing water quality as a function of water quality measures", *American Journal of Agricultural Economics*, 91(1):106-123.

12. GREENE, W. H. (2003). *Econometric analysis* (5th ed.). Englewood Cliffs, Prentice Hall.
13. GREENE, W. H. (2007). *NLOGIT version 4.0, reference guide*. Econometric Software, Inc.
14. HABB, T. C. y McCONNELL, K. E. (2002). *Valuing environmental and natural resources: The econometric of non-market valuation*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, Edward Elgar.
15. HANEMAN, W. M. (1999). “Welfare analysis with discrete choice models”, en J. Herriges y C. Kling (Eds.), *Valuing recreation and the environment*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, Edward Elgar.
16. HANLEY, N., WRIGHT, R. y ÁLVAREZ-FARIZO, B. (2006). “Estimating the economic value of improvements in river ecology using choice experiments: An application to the water framework directive”, *Journal of Environmental Management*, 78:183-193.
17. HAUSMAN, J. A. y McFADDEN, D. (1984). “Specification tests for the multinomial logit model”, *Econometrica*, 52:1219-1240.
18. HENSHER, D., ROSE, J. y GREENE, W. (2005). *Applied choice analysis: A primer*. Cambridge, Cambridge University Press.
19. HERNÁNDEZ, S., CÁRDENAS, J. C., MANCILLA, H. y BAPTISTE, L. G. (1998). *Valoración y diseño de políticas económicas para la gestión de la biodiversidad a nivel local*. Instituto Alexander von Humboldt, Departamento Nacional de Planeación, Colombia.
20. HOLMES, T. y ADAMOWICZ, W. (2003). “Attribute-based methods”, en P. A. Champ, K. J. Boyle y T. C. Brown (Eds.), *A primer nonmarket valuation* (pp. 171-219). Kluwer Academic Publishers.

21. JUST, R., HUETH, D. y SCHMITZ, A. (2004). *The welfare economics of public policy: A practical approach to project and policy evaluation*. Edward Elgar.
22. LANCASTER, K. (1966). "A new approach to consumer theory", *Journal of Political Economy*, 74:132-157.
23. LOUVIERE, J., HENSHER, D. y SWAIT, J. (2000). *Stated choice methods: Analysis and application*. Cambridge, Cambridge University Press.
24. LUCE, D. (1959). *Individual choice behaviour*. Nueva York, John Wiley.
25. MADDALA, G. S. (1999). *Limited dependent and qualitative variables in econometrics*. Cambridge, Cambridge University Press.
26. McFADDEN, D. (1974). "Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour", en P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in Econometrics* (pp. 105-142). Nueva York, Academic Press.
27. ROLFE, J., BENNETT, J. y LOUVIERE, J. (2000). "Choice modelling and its potential application to tropical rainforest preservation", *Ecological Economics*, 35:289-302.

## Anexos

### Anexo 1. Atributos y niveles en el experimento de elección.

Atributos	Niveles
Cobertura vegetal	Deficiente (no cambia) Bueno (50%) Excelente (100%)
Espacios para recreación	Deficiente (no cambia) Bueno (50%) Excelente (100%)
Restauración de edificios antiguos	Deficiente (no cambia) Bueno (50%) Excelente (100%)
Accesos y estacionamiento	Deficiente (no cambia) Bueno (50%) Excelente (100%)
Incremento en la tarifa de entrada	\$ 10 \$ 15 \$ 20 \$ 25

Fuente: elaboración propia.

### Anexo 2. Resultados del diseño ortogonal.

id de tarjeta	Cobertura vegetal	Espacios para recreación	Restauración de edificios antiguos	Accesos y estacionamiento	Tarifa (pesos)
1	Bueno	Bueno	Bueno	Excelente	15
2	Bueno	Deficiente	Bueno	Deficiente	20
3	Deficiente	Deficiente	Bueno	Excelente	20
4	Deficiente	Excelente	Deficiente	Deficiente	15
5	Bueno	Deficiente	Deficiente	Bueno	15
6	Deficiente	Bueno	Deficiente	Excelente	25
7	Deficiente	Excelente	Bueno	Bueno	10
8	Bueno	Deficiente	Deficiente	Deficiente	10
9	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	10
10	Excelente	Deficiente	Deficiente	Excelente	10
11	Excelente	Excelente	Deficiente	Bueno	20
12	Deficiente	Bueno	Bueno	Bueno	10
13	Bueno	Deficiente	Excelente	Bueno	10
14	Excelente	Bueno	Excelente	Deficiente	15
15	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Deficiente	10
16	Excelente	Deficiente	Bueno	Deficiente	25

(Continúa)

**Anexo 2. Resultados del diseño ortogonal (continuación).**

id de tarjeta	Cobertura vegetal	Espacios para recreación	Restauración de edificios antiguos	Accesos y estacionamiento	Tarifa (pesos)
17	Deficiente	Deficiente	Excelente	Bueno	25
18	Bueno	Bueno	Deficiente	Bueno	20
19	Deficiente	Bueno	Excelente	Deficiente	20
20	Excelente	Bueno	Bueno	Bueno	10
21	Bueno	Bueno	Bueno	Deficiente	10
22	Deficiente	Bueno	Deficiente	Deficiente	10
23	Deficiente	Deficiente	Bueno	Bueno	15
24	Bueno	Bueno	Deficiente	Bueno	25
25	Bueno	Excelente	Bueno	Deficiente	25

Fuente: elaboración propia con base en resultados del software SPSS versión 15.

**Anexo 3. Códigos para determinar los efectos de los atributos.**

Nivel de calidad	Atributos del Parque Nacional Molino de Flores							
	Cobertura vegetal		Espacios para recreación		Restauración de edificios antiguos		Accesos y estacionamiento	
	ECV	BCV	EER	BER	ERE	BRE	EAE	BAE
Excelente	1	0	1	0	1	0	1	0
Bueno	0	1	0	1	0	1	0	1
Deficiente	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

Fuente: elaboración propia.

- ECV: excelente cobertura vegetal
- BCV: buena cobertura vegetal
- EER: excelente espacio para recreación
- BER: buenos espacios para recreación
- ERE: excelente restauración de edificios antiguos
- BRE: buena restauración de edificios antiguos
- EAE: excelentes accesos y estacionamiento
- BAE: buenos accesos y estacionamiento