

# Economic valuation of the calden (*Prosopis caldenia* Burkart) forest in the south of Córdoba, Argentina

## Valoración económica del bosque de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) en el sur de Córdoba, Argentina

Diego Sebastián Tello<sup>1</sup>; Jorge Dante de Prada<sup>2</sup>; Estela Raquel Cristeche<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Ciencias Económicas, Departamento Humanístico y Formativo. Ruta Nacional 36 km 601. C. P. 5800. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Departamento de Economía Agraria. Ruta Nacional 36 km 601. C. P. 5800. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto de Economía. Avenida Rivadavia 1250, 2.º piso. C. P. 1033. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

\*Corresponding author: dtello@fce.unrc.edu.ar, tel.: 54-358-4676519

### Abstract

**Introduction:** The native forest of calden is a natural ecosystem that produces valuable ecosystem goods and services for society; however, it has been replaced for the production of commercial, agricultural and livestock goods.

**Objective:** To estimate the economic value of a conservation program for ecosystem services of the remnant of the native calden (*Prosopis caldenia* Burkart) forest in the south of the province of Córdoba, Argentina.

**Materials and methods:** The study area corresponds to a remnant forest of 37 648 ha. The willingness to pay (WTP) was obtained from a contingent valuation survey; 361 questionnaires were applied. The sampling unit was the household. A multistage cluster sampling was used in the city of Río Cuarto and a simple random sampling in Villa Huidobro.

**Results and discussion:** The estimated WTP showed goodness of fit and most of the estimated coefficients were statistically significant ( $P < 0.05$ ) and consistent with what was theoretically expected. The WTP increases with household income and decreases as the consulted amount of money to pay increases. The average WTP for a conservation program of the native calden forest is  $52 \pm 8$  ARS ( $11.45 \pm 1.76$  USD) monthly per household.

**Conclusion:** The majority of the urban population of southern Córdoba does not use forest ecosystem services; however, they are willing to pay to maintain or increase forest ecosystem services.

**Keywords:** Contingent valuation; dry native forest; ecosystem services; willingness to pay.

### Resumen

**Introducción:** El bosque nativo de caldén es un ecosistema natural que produce bienes y servicios ecosistémicos valiosos para la sociedad; no obstante, ha sido reemplazado para la producción de bienes comerciales, agrícolas y ganaderos.

**Objetivo:** Estimar el valor económico de un programa de conservación de los servicios ecosistémicos del remanente del bosque nativo de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina.

**Materiales y métodos:** El área de estudio corresponde a un remanente del bosque de 37 648 ha. La disposición a pagar (DAP) se obtuvo a partir de una encuesta de valoración contingente; 361 cuestionarios fueron aplicados. La unidad de muestreo fue el hogar. Un muestreo probabilístico por conglomerados multiétapico se utilizó en la ciudad de Río Cuarto y un muestreo aleatorio simple en la localidad de Villa Huidobro.

**Resultados y discusión:** La DAP estimada mostró un buen ajuste y la mayoría de los coeficientes estimados fueron estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ) y consistentes con lo esperado. La DAP aumenta con el ingreso económico de los hogares y se reduce a medida que el monto por pagar consultado incrementa. La DAP por un programa de conservación del bosque nativo de caldén es de  $52 \pm 8$  ARS ( $11.45 \pm 1.76$  USD) promedio mensual por hogar.

**Conclusión:** La mayoría de la población urbana del sur de Córdoba no usa los servicios ecosistémicos del bosque; sin embargo, los hogares están dispuestos a pagar para mantener o aumentar los servicios ecosistémicos del bosque.

**Palabras clave:** Valoración contingente; bosque nativo seco; servicios ecosistémicos; disposición a pagar.

## Introduction

The native calden (*Prosopis caldenia* Burkart) forest is a natural ecosystem that produces multiple goods and ecosystem services (ES) valuable to society. The forest forms a phytogeographic district with predominance of the calden tree in transition with grass savannas, dunes with psammophyll vegetation and saline soils with shrubs or halophilic steppes (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable [SAyDS], 2007). Based on specific ecosystem functions, this forest can contribute to the development and protection of the soil (Buschiazzo, Estelrich, Aimar, Viglizzo, & Babinec, 2004); provide food, fiber, energy and medicinal species (Lell, 2005); favor the regulation of the hydrological cycle (Jayawickreme, Santoni, Kim, Jobbágy, & Jackson, 2011), of the local and global climate (Risio, Herrero, Bogino, & Bravo, 2014); and provide cultural services such as identity, spiritual enrichment and recreation.

Despite its social importance, the forest has been replaced by farming systems, forming a predominantly agricultural matrix and remnants of fragmented forests in the landscape. For more than a century, the forest has been modified for the production of commercial, agricultural and livestock goods, at the expense of ecosystem services (Viglizzo & Frank, 2006). In this sense, the producer perceives a greater value in the lands with crops than in the lands with forest and, therefore, he opts for deforestation. The market, through the price system, induces producers to underestimate or ignore the value of ES; in many cases, deforestation is greater than the socially desired, because society appreciates commercial goods and forest ES as well (Ma & Swinton, 2011).

The lack of market prices for many of the ES has led to an *ad hoc* economic valuation. In fact, the ES of the calden forest have been estimated by Carreño and Viglizzo (2007). These authors estimated, from the technique of benefit transfer, the monetary value of the ES of the Espinal ecoregion, which includes the region of calden, in 6 139 ARS·ha<sup>-1</sup> (1 352 USD·ha<sup>-1</sup>). These authors took assessments systematized by Costanza et al. (1997); however, the economic values reported are difficult to adjust to the local reality. First, Carreño and Viglizzo (2007) provided little information on the criteria and adjustments to transfer the value (Johnston & Rosenberger, 2010); second, they did not consider the characteristics of the local population, i. e. they assigned an economic value without regarding the perception and willingness of consumers to pay for the forest ES. To avoid these drawbacks, the ES can be economically valued by the contingent valuation method (CVM).

## Introducción

El bosque nativo de caldén (*Prosopis caldenia* Burkart) es un ecosistema natural que produce múltiples bienes y servicios ecosistémicos (SE) valiosos para la sociedad. El bosque conforma un distrito fitogeográfico con predominancia del árbol del caldén en transición con sabanas de gramíneas, dunas con vegetación psamófila y suelos salinos con matorrales o estepas halófilas (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable [SAyDS], 2007). A partir de funciones ecosistémicas determinadas, este bosque puede contribuir al desarrollo y protección del suelo (Buschiazzo, Estelrich, Aimar, Viglizzo, & Babinec, 2004); proporcionar alimentos, fibra, energía y especies medicinales (Lell, 2005); favorecer la regulación del ciclo hidrológico (Jayawickreme, Santoni, Kim, Jobbágy, & Jackson, 2011), del clima local y global (Risio, Herrero, Bogino, & Bravo, 2014); y aportar servicios culturales como identidad, enriquecimiento espiritual y recreación.

A pesar de su importancia social, el bosque ha sido reemplazado por sistemas de cultivos, configurando una matriz de predominio agrícola y remanentes de bosques fragmentados en el paisaje. Desde hace más de un siglo, el bosque ha sido modificado para la producción de bienes comerciales, agrícolas y ganaderos, a costa de los servicios ecosistémicos (Viglizzo & Frank, 2006). En este sentido, el productor percibe un valor mayor en las tierras con cultivos que en las tierras con bosque y, por lo tanto, decide la deforestación. El mercado, a través del sistema de precios, induce a los productores a subestimar o ignorar el valor de los SE; en muchos casos, la deforestación es mayor que la socialmente deseada, debido a que la sociedad aprecia tanto los bienes comerciales como los SE del bosque (Ma & Swinton, 2011).

La inexistencia de precios de mercado para muchos de los SE ha inducido a una valoración económica *ad hoc*. De hecho, los SE del bosque de caldén han sido estimados por Carreño y Viglizzo (2007). Estos autores estimaron, a partir de la técnica de transferencia de beneficios, el valor monetario de los SE de la ecorregión del Espinal –que incluye a la región del caldén– en 6 139 ARS·ha<sup>-1</sup> (1 352 USD·ha<sup>-1</sup>). Dichos autores tomaron valoraciones sistemáticas por Costanza et al. (1997); sin embargo, los valores económicos reportados difícilmente se ajustan a la realidad local. En primer lugar, Carreño y Viglizzo (2007) proporcionaron poca información sobre los criterios y ajustes para transferir el valor (Johnston & Rosenberger, 2010); en segundo lugar, no consideraron las características de la población local, i. e. asignaron un valor económico sin considerar la percepción y disposición a pagar de los consumidores por los SE del bosque. Para evitar estos inconvenientes,

The CVM consists of estimating, from a hypothetical situation, the willingness to pay (WTP) or willingness to accept (WTA) a program, project or public policy that promotes a change in the quantity or quality of the provision of one or several ES (Bateman et al., 2002). The CVM has been used to show the importance that society assigns to the remnants of native forests in agricultural establishments in the United States (Thompson, Noel, & Cross, 2002), as well as in state areas of Finland (Juutinen, Koseniuse, & Ovaskainen, 2014), Japan (Chen & Nakama, 2015) and Germany (Lienhoop & Völker, 2016).

The objective of this study was to estimate the economic value of a conservation program of ecosystem services of the calden forest remnant in the south of Córdoba, Argentina.

## Materials and methods

### Study area and sample design

The study area is located in the south of the province of Córdoba, Argentina. The data were obtained in Río Cuarto and Villa Huidobro, with a remnant of 37 648 ha of calden forest (Figure 1).

The sampling unit was the household, where the head of the family was interviewed. In the city of Río

los SE pueden ser valorados económicamente por el método de valoración contingente (MVC).

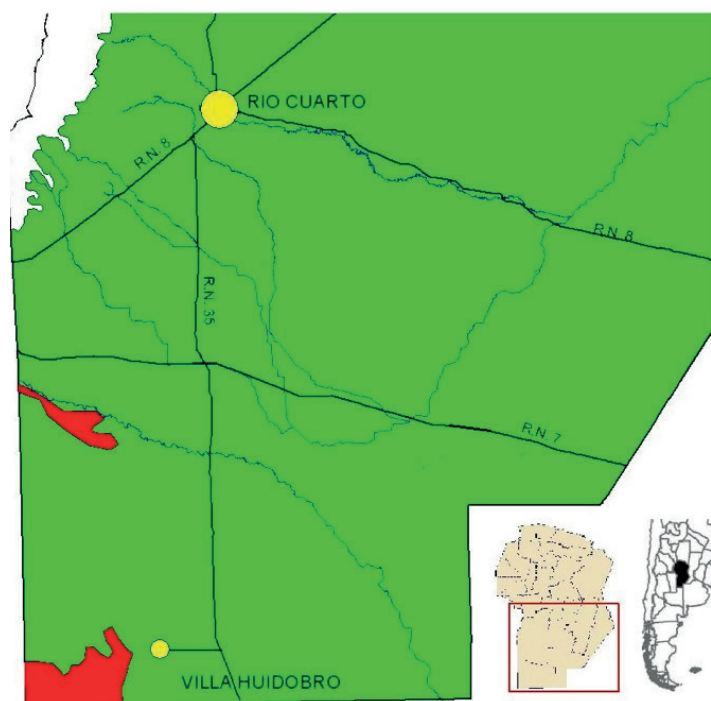
El MVC consiste en estimar, a partir de una situación hipotética, la disposición a pagar (DAP) o disposición a aceptar (DAA) un programa, proyecto o política pública que promueva un cambio en la cantidad o calidad de la provisión de uno o varios SE (Bateman et al., 2002). El MVC ha sido usado para mostrar la importancia que la sociedad asigna a los remanentes de bosques nativos en establecimientos agropecuarios de Estados Unidos (Thompson, Noel, & Cross, 2002), así como en áreas estatales de Finlandia (Juutinen, Koseniuse, & Ovaskainen, 2014), Japón (Chen & Nakama, 2015) y Alemania (Lienhoop & Völker, 2016).

El objetivo de este trabajo fue estimar el valor económico de un programa de conservación de los servicios ecosistémicos del remanente del bosque de caldén en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina.

## Materiales y métodos

### Área de estudio y diseño de la muestra

El área de estudio se encuentra en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Los datos se obtuvieron en las localidades Río Cuarto y Villa Huidobro, con un remanente de 37 648 ha de bosque de caldén (Figura 1).



**Figure 1.** Study area in the south of Córdoba, Argentina. The main remnants of calden native forests are shown in the red polygons, and the selected urban centers in the yellow circles. Source: own elaboration.

**Figura 1.** Área de estudio en el sur de Córdoba, Argentina. Los principales remanentes de bosque nativo de caldén se muestran en los polígonos rojos, y los centros urbanos seleccionados, en los círculos amarillos. Fuente: elaboración propia.

Cuarto, the sample was designed based on the random multistage cluster sampling method using CSurvey 2.0 software (Farid & Frerichs, 2008). The census tracks of the National Population, Household and Housing Census 2001 (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2001) were considered in the sampling frame. In a first stage, 30 census tracks (out of a total of 159) were randomly selected; in the second stage, for each of these tracks, three main blocks and three substitutes were selected randomly. At each block a corner was randomly selected as the starting place. From the starting point, the interviewer moved clockwise, starting in the second house and continuing with the next one, to survey two households per block. In the case of Villa Huidobro, the blocks were randomly selected and then proceeded with the same criteria as in Río Cuarto. The surveys were conducted between April 17 and 26, 2012 in Río Cuarto and in June 1, 2012 in Villa Huidobro; 174 and 187 observations were recorded, respectively. The sampling error was estimated at 5.32 %, regarding the variable “household size” with a confidence level of 95 %.

### Survey's design

The survey was designed in four sections: 1) design of introductory questions regarding the perception of the main problem of the south of the province of Córdoba, and about knowledge of the calden forest; 2) presentation of an explanatory brochure on the proposed change situation: a conservation program that, over the course of 10 years, will increase the area of the calden forest by 50 %, based on the control of deforestation, recovery and reforestation of the calden forest, regarding the ES provided (Figure 2); 3) consultation of the willingness to pay; and 4) sociodemographic characteristics of the household. In section 3, the WTP was consulted through the payment card format with random order. The amounts of WTP consulted, in Argentinian pesos, were: \$ 5, \$ 35, \$ 60, \$ 80, \$ 100, \$ 125 and \$ 155. The response options for each amount were: a) Definitely Yes, b) Probably Yes, c) Not sure, d) Probably Not and e) Definitely not. Each of the amounts were presented on a card that contained the previously indicated response options.

The process begins by submitting the seven cards with their face down and asking the respondent to choose one of them and then turning it back. According to the response given, the interviewer proceeded differentially. If the interviewee stated a complete certainty answer - definitely yes or definitely not - they proceeded to remove those cards with respectively lower or higher amounts. Otherwise, respondents were asked to remove another card, repeating the process until no more cards remained.

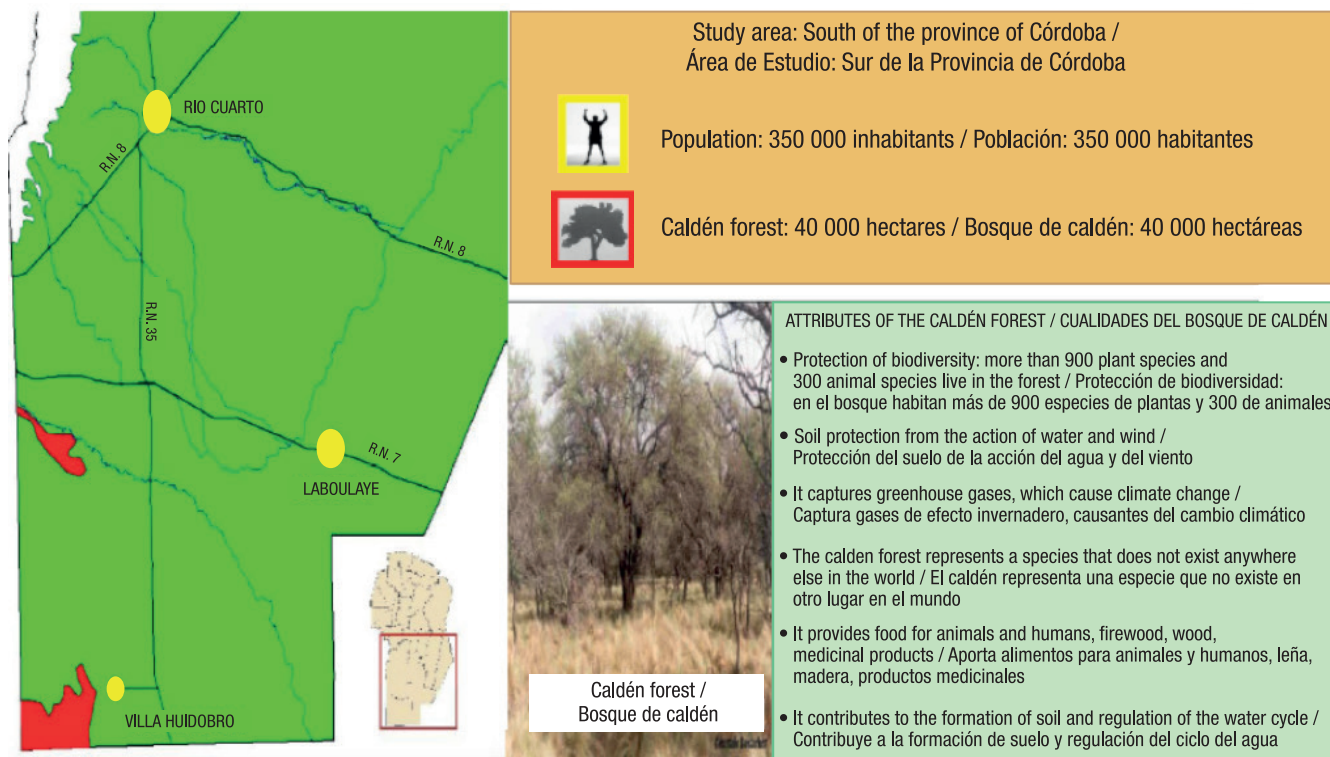
La unidad de muestreo fue el hogar, donde los jefes de familia fueron entrevistados. En la ciudad de Río Cuarto, la muestra se diseñó a partir del método de muestreo de conglomerado multietápico aleatorio a partir del *software* CSurvey 2.0 (Farid & Frerichs, 2008). En el marco muestral se consideraron los radios censales del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001 (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2001). En una primera etapa se seleccionaron 30 radios censales (de un total de 159) aleatoriamente; en la segunda etapa, para cada uno de estos radios se seleccionaron, de manera aleatoria, tres manzanas titulares y tres suplentes. En cada manzana se seleccionó aleatoriamente una esquina como lugar de inicio. A partir del punto de partida, el encuestador se dirigió en el sentido de las agujas del reloj, iniciando en la segunda casa y siguiendo en la inmediata, para encuestar dos hogares por manzana. En el caso de Villa Huidobro, las manzanas se seleccionaron aleatoriamente y después se procedió con el mismo criterio que en Río Cuarto. Las encuestas se realizaron entre el 17 y 26 de abril de 2012 en Río Cuarto y el 1 de junio de 2012 en Villa Huidobro; se obtuvieron 174 y 187 observaciones, respectivamente. El error de muestreo se estimó en 5.32 %, considerando la variable “tamaño del hogar” con un nivel de confianza de 95 %.

### Diseño del cuestionario

El cuestionario se diseñó en cuatro secciones: 1) formulación de preguntas de apertura con respecto a la percepción de la problemática principal del sur de la provincia de Córdoba, y acerca del conocimiento del bosque de caldén; 2) presentación de un folleto explicativo sobre la situación propuesta de cambio: un programa de conservación que en el transcurso de 10 años incrementa 50 % la superficie del bosque de caldén, a partir del control de la deforestación, la recuperación y reforestación considerando los SE que este provee (Figura 2); 3) consulta de la disposición a pagar; y 4) informe de las características sociodemográficas del hogar. En la sección 3, la DAP se consultó a través del formato de pregunta de tarjeta de pago con orden aleatorio. Los montos de DAP consultados, en pesos argentinos, fueron: \$ 5, \$ 35, \$ 60, \$ 80, \$ 100, \$ 125 y \$ 155. Las opciones de respuesta para cada monto fueron: a) Definitivamente sí, b) Posiblemente sí, c) No estoy seguro, d) Posiblemente no y e) Definitivamente no. Cada uno de los montos figuraba en una tarjeta que contenía las opciones de respuesta señaladas previamente.

El procedimiento iniciaba con la presentación de las siete tarjetas en posición invertida y solicitando al encuestado que seleccionara aleatoriamente una de estas. De acuerdo con la respuesta brindada, el encuestador continuaba con el proceso de consulta





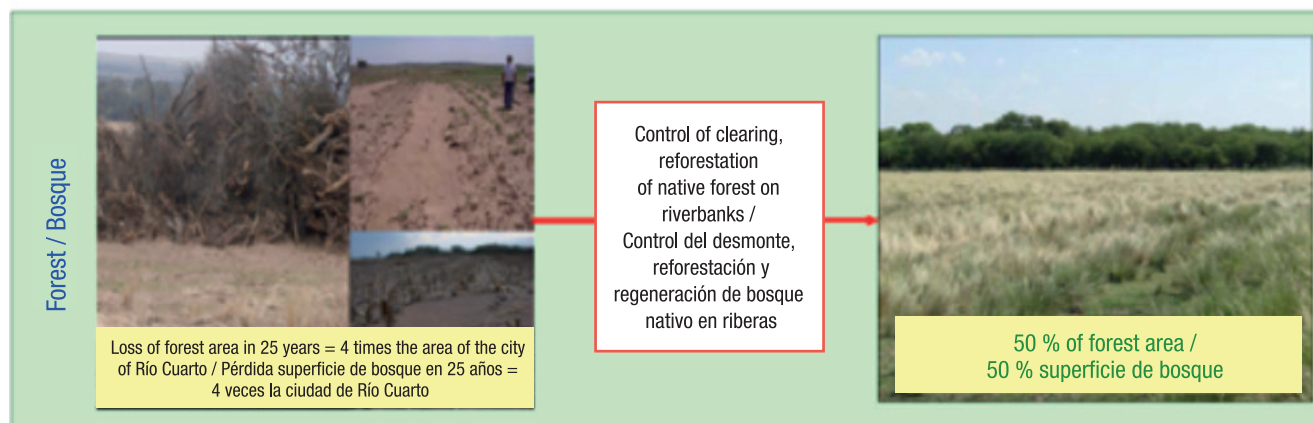
**LAND-USE PLANNING / ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO**

To plan the location of human activities in the rural space in accordance with environmental, economic, social and cultural criteria and priorities / Planificar la localización de las actividades humanas en el espacio rural de acuerdo con criterios y prioridades ambientales, económicas, sociales y culturales.

**Without** land-use planning / **Sin** ordenamiento  
(Current situation) / (Situación actual)

**Actions / Acciones**

**With** land-use planning / **Con** ordenamiento  
(10-years situation) / (Situación a 10 años)



**Figure 2. Descriptive brochure of the current situation and the conservation proposal of the caldén forest in the south of the province of Córdoba. Source: Own elaboration.**

**Figura 2. Folleto descriptivo de la situación actual y de la propuesta de conservación del bosque de caldén del sur de la provincia de Córdoba. Fuente: elaboración propia.**

Later, in order to identify possible biases, we analyzed the respondents' reasons for manifesting an affirmative or negative WTP, through the following questions:

a) Which of the following statements describe more appropriately the reasons why you are willing to pay, to contribute to the financing of a land-use planning program in the south of Córdoba? Please, choose only one option:

1. I think it is important to control the clearing of the calden forest in the south of Córdoba and, therefore, we must take measures to order the territory.
2. I feel satisfied with my contribution any good cause.
3. Actually, I believe we will not have to make any payment.
4. Some other reason.

b) Which of the following statements describe more appropriately the reasons why you are NOT willing to pay to contribute to the financing of a land-use planning program in the south of Córdoba? Please, choose only one option:

1. I am satisfied with the current conditions of the rural environment.
2. I agree with a land-use planning program, but I am not in a position to make a monthly payment.
3. I agree with a land-use planning program, but I refuse to make a payment of any amount.
4. Some other reason.

The respondents who said they were willing to pay and selected options 2 and 3 were considered purchase of moral satisfaction bias (Kahneman & Knetsch, 1992) and hypothetical bias respectively (Azqueta, 1994). In the case of respondents who are not willing to pay and selected options 1 or 2, those were considered valid negative responses; while options 3 and 4 were considered protest responses.

### Derivation of the empirical model

The data to estimate the WTP were obtained with payment cards chosen by the interviewee in a random way (Carthy et al., 1998) with a polychotomous response format (Welsh & Poe, 1998). For the treatment of the data, this was transformed into a double dichotomous format (Hanemann & Kanninen, 1998), which considers three values:  $A_i^c$  is the first value consulted to the respondent;  $A_i^{in}$  it is a lower amount in case the answer is negative;  $A_i^{su}$  it is a higher amount if the answer is positive. In this sense, if the first and second answers are negative, we conclude that  $0 < C < A_i^{su}$ ; if the second answer is positive then  $A_i^{in} < C < A_i^c$ . When the answer is positive it is consulted by the  $A_i^{su}$  if the answer is negative it is concluded that  $A_i^c < C < A_i^{su}$  and if the answer is positive  $A_i^{su} < C < \infty$ . In the case of the

de manera diferencial. En caso de que el encuestado manifestara una respuesta de certeza completa – definitivamente sí o definitivamente no– se procedía a retirar las tarjetas de montos inferiores o superiores. En caso distinto, se pedía al encuestado que retirara otra tarjeta repitiendo el procedimiento de consulta hasta que ya no quedaran más.

Posteriormente, con el objeto de identificar posibles sesgos, se indagaron las razones de los encuestados para manifestar una DAP afirmativa o negativa, a través de las siguientes preguntas:

a) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describen más apropiadamente las razones por las que SÍ está dispuesto a pagar, para contribuir con el financiamiento de un programa de ordenamiento de territorio en el sur de Córdoba? Por favor, elija solamente una opción:

1. Creo que es importante controlar el desmonte del bosque de caldén en el sur de Córdoba y, por tanto, debemos tomar medidas para ordenar el territorio.
2. Siento satisfacción por aportar a cualquier buena causa.
3. En realidad, creo que mi hogar no va a tener que realizar algún pago.
4. Alguna otra razón.

b) ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describen más apropiadamente las razones por las que NO está dispuesto a pagar para contribuir con el financiamiento de un programa de ordenamiento de territorio en el sur de Córdoba? Por favor, elija solamente una opción:

1. Estoy conforme con las condiciones actuales del medio rural.
2. Estoy de acuerdo con un programa de ordenamiento de territorio, pero no estoy en condiciones de realizar algún pago mensual.
3. Estoy de acuerdo con un programa de ordenamiento de territorio, pero me niego a realizar un pago de cualquier monto.
4. Alguna otra razón.

Las respuestas de los encuestados que manifestaron estar dispuestos a pagar y seleccionaron las opciones 2 y 3 se consideraron con sesgos de compra de satisfacción moral (Kahneman & Knetsch, 1992) y sesgo hipotético respectivamente (Azqueta, 1994). En el caso de los encuestados que no están dispuestos a pagar y seleccionaron las opciones 1 o 2 se consideraron respuestas negativas válidas; mientras que las opciones 3 y 4 se consideraron negativas con sesgo de protesta.

### Derivación del modelo empírico

Los datos para la estimación de la DAP se obtuvieron con tarjetas de pago elegidas por el entrevistado en

polychotomous format,  $A_i^c$ ,  $A_i^{in}$  and  $A_i^{su}$  are translated in intervals defined by the maximum amount that the respondent is willing to pay ( $A_i^{simax}$ ) and the minimum amount that he does not accept to pay ( $A_i^{nomin}$ ).

If  $y_i^1$  and  $y_i^2$  are defined as dichotomous variables that capture the first and second answers, then it is assumed the linear function  $WTP_i(z_i, \mu_i) = z_i \beta_i + \mu_i$ , where  $z_i$  is a vector of explanatory variables,  $\beta_i$  is a vector of parameters and  $\mu_i$  an error term that is distributed  $N(0, \sigma^2)$  (Hanemann & Kanninen, 1998). In the double bounded dichotomous format, the answer is given by a probability with the following expressions, where  $\phi$  is the cumulative distribution function of the WTP:

$$P_i^{yesyes} = \Pr(y_i^1 = 1; y_i^2 = 1 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{su}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{nono} = \Pr(y_i^1 = 0; y_i^2 = 0 | z_i) = 1 - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{in}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{yesno} = \Pr(y_i^1 = 1; y_i^2 = 0 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^c}{\sigma}\right) - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{su}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{noyes} = \Pr(y_i^1 = 0; y_i^2 = 1 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{in}}{\sigma}\right) - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^c}{\sigma}\right)$$

These estimates are obtained by the maximum likelihood method, assuming a joint density function given by:

$$L = \prod_{i=1}^n (P_i^{yesyes})^{d_i^{yesyes}} (P_i^{nono})^{d_i^{nono}} (P_i^{yesno})^{d_i^{yesno}} (P_i^{noyes})^{d_i^{noyes}}$$

where  $d_i^{yesyes}$ ,  $d_i^{yesno}$ ,  $d_i^{noyes}$  and  $d_i^{nono}$  are indicator variables that have the value 1 or 0, depending on the relevant case for each individual; that is, a given individual contributes to the logarithm of the probability function in only one of these four options (Hanemann & Kanninen, 1998). The logarithm of the likelihood function is given by:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n (d_i^{yesyes} \ln P_i^{yesyes}) + (d_i^{nono} \ln P_i^{nono}) + (d_i^{yesno} \ln P_i^{yesno}) + (d_i^{noyes} \ln P_i^{noyes})$$

The expected value for the WTP is given by:

$$E(WTP_i | z_i, \beta) = z_i' \beta$$

### Specification of the econometric model

The econometric model was specified with seven explanatory variables that affect the change in utility. In order to design public policies, political decision makers need to know not only the existence of the WTP, but also the differences in this valuation between groups. In this sense, Carson and Hanemann (2005) recommend analyzing if there are differences between income groups, residents of different geographical areas, as well as between attitudes, knowledge and

forma aleatoria (Carthy et al., 1998) con formato de respuesta policotómico (Welsh & Poe, 1998). Para el tratamiento de los datos, este se transforma a un formato dicotómico doble (Hanemann & Kanninen, 1998), el cual utiliza tres valores:  $A_i^c$  es el primer valor consultado al encuestado;  $A_i^{in}$  es un monto inferior en caso de que la respuesta sea negativa;  $A_i^{su}$  es un monto superior si la respuesta es positiva. En este sentido, si la primera y segunda respuesta son negativas se concluye que  $0 < C < A_i^{su}$ ; si la segunda respuesta es afirmativa entonces  $A_i^{in} < C < A_i^c$ . Cuando la respuesta es positiva se consulta por la  $A_i^{su}$  si la respuesta es negativa se concluye que  $A_i^c < C < A_i^{su}$  y si la respuesta es afirmativa  $A_i^{su} < C < \infty$ . En el caso del formato policotómico,  $A_i^c$ ,  $A_i^{in}$  y  $A_i^{su}$  se traducen en intervalos definidos por el monto máximo que el encuestado está dispuesto a pagar ( $A_i^{simax}$ ) y el monto mínimo que no acepta pagar ( $A_i^{nomin}$ ).

Si se define  $y_i^1$  y  $y_i^2$  como variables dicotómicas que capturan la primera y segunda respuesta, entonces se asume la función lineal  $DAP_i(z_i, \mu_i) = z_i \beta_i + \mu_i$ , donde  $z_i$  es un vector de variables explicativas,  $\beta_i$  es un vector de parámetros y  $\mu_i$  un término de error que se distribuye  $N(0, \sigma^2)$  (Hanemann & Kanninen, 1998). En el formato dicotómico doble, la respuesta está dada por una probabilidad con las siguientes expresiones, donde  $\phi$  es la función de distribución acumulada de la DAP:

$$P_i^{sisi} = \Pr(y_i^1 = 1; y_i^2 = 1 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{su}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{nono} = \Pr(y_i^1 = 0; y_i^2 = 0 | z_i) = 1 - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{in}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{sino} = \Pr(y_i^1 = 1; y_i^2 = 0 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^c}{\sigma}\right) - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{su}}{\sigma}\right)$$

$$P_i^{nosí} = \Pr(y_i^1 = 0; y_i^2 = 1 | z_i) = \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^{in}}{\sigma}\right) - \phi\left(z_i' \frac{\beta}{\sigma} - \frac{A_i^c}{\sigma}\right)$$

Estas estimaciones son resueltas a través del método de máxima verosimilitud, asumiendo una función de densidad conjunta dada por:

$$L = \prod_{i=1}^n (P_i^{sisi})^{d_i^{sisi}} (P_i^{nono})^{d_i^{nono}} (P_i^{sino})^{d_i^{sino}} (P_i^{nosí})^{d_i^{nosí}}$$

donde  $d_i^{sisi}$ ,  $d_i^{sino}$ ,  $d_i^{nosí}$  y  $d_i^{nono}$  son variables indicadoras que tienen el valor 1 o 0, dependiendo del caso relevante para cada individuo; es decir, un individuo dado contribuye al logaritmo de la función de probabilidad en solo una de sus cuatro opciones (Hanemann & Kanninen, 1998). El logaritmo de la función de verosimilitud está dado por:

$$\ln L = \sum_{i=1}^n (d_i^{sisi} \ln P_i^{sisi}) + (d_i^{nono} \ln P_i^{nono}) + (d_i^{sino} \ln P_i^{sino}) + (d_i^{nosí} \ln P_i^{nosí})$$

El valor esperado para la DAP está dado por:

$$E(DAP_i | z_i, \beta) = z_i' \beta$$

uses of the valued good or service. In accordance with this recommendation, the explanatory variables shown in Table 1 were selected for the development of the following function:

$$P^{yesyes} = \beta_0 + \beta_1 MPP + \beta_2 rio\ iv + \beta_3 edad + \beta_4 ing_2 + \beta_5 ing_3 + \beta_6 ing_4 + \beta_7 ing_5 + \beta_8 vinagr_2 + \beta_9 vinamb_2 + \eta$$

where  $P^{yesyes}$  is the dependent variable that represents the probability of obtaining a positive answer for the WTP. The answer options were: a) Definitely Yes (DY), b) Probably Yes (PY), c) Not sure (NS), d) Probably not (PN) and e) Definitely not (DN). The answers DY and PY were considered positive answers (equal to 1) and the rest were considered negative (equal to 0).

### Especificación del modelo econométrico

El modelo econométrico se especificó con siete variables explicativas que afectan el cambio de utilidad. Con la finalidad de diseñar políticas públicas, los decisores políticos requieren saber no solo la existencia de la DAP, sino también las diferencias de dicho valor entre grupos. En este sentido, Carson y Hanemann (2005) recomiendan analizar si existen diferencias entre grupos de ingresos, residentes de zonas geográficas diferentes, así como también entre actitudes, conocimiento y usos del bien o servicio valorado. De acuerdo con esta recomendación se seleccionaron las variables explicativas mostradas en el Cuadro 1, para el desarrollo de la siguiente función:

**Table 1. Variables selected for the econometric model and their effects on the willingness to pay for the conservation of the calden forest in the south of Córdoba, Argentina.**

**Cuadro 1. Variables seleccionadas para el modelo econométrico y sus efectos sobre la disposición a pagar por la conservación del bosque de caldén del sur de Córdoba, Argentina.**

Variable	Definition/Definición	Unit/Scale Unidad/Escala	Expected sign of the coefficient/ Signo esperado del coeficiente
MPP	Amount to be paid (ARS)/ Monto por pagar (ARS)	\$5, \$35, \$60, \$80, \$100, \$125 y \$155	-
rio iv	Location of the respondent/ Localización del encuestado	Río Cuarto = 1 Villa Huidobro = 0	+/-
ing_2	Category 2 monthly household income/ Categoría 2 de ingreso mensual hogar	Between \$1 500 and \$4 000 = 1 Other income = 0/ Entre \$1 500 y \$4 000 = 1 Otros ingresos = 0	+
ing_3	Category 3 monthly household income/ Categoría 3 de ingreso mensual hogar	Between \$4 001 and \$8 500 = 1 Other income = 0/ Entre \$4 001 y \$8 500 = 1 Otros ingresos = 0	+
ing_4	Category 4 monthly household income/ Categoría 4 de ingreso mensual hogar	Between \$8 501 and \$14 000 = 1 Other income = 0/ Entre \$8 501 y \$14 000 = 1 Otros ingresos = 0	+
ing_5	Category 5 monthly household income/ Categoría 5 de ingreso mensual del hogar	> \$14 000 = 1 Other income = 0/Otros ingresos = 0	+
edad/age	Respondent's age/Edad del encuestado	years/años	+/-
vinagr <sub>2</sub>	Linked to agricultural activity/ Vinculación a la actividad agropecuaria	Yes = 1/Sí = 1 No = 0	+/-
vinamb <sub>2</sub>	Linked to environmental organization/ Vinculación a organización medioambiental	Yes = 1/Sí = 1 No = 0	+/-
conoc_bo	Knowledge of the calden forest/ Conocimiento del bosque de caldén cordobés	Yes = 1/Sí = 1 No = 0	+/-
usayafect	Use of the forest/Usos del bosque	Yes = 1/Sí = 1 No = 0	+/-
$\beta_i$	Parameters to be estimated from the variables/ Parámetros por estimar de las variables		
$\eta$	Error terms/Términos del error		



WTP's parameters, mean and median were estimated applying maximum likelihood method considering significance tests (Z test) and goodness of fit with the Wald tests and likelihood ratio. The data was processed with Stata 12 software, using the command *doubleb* (Lopez-Feldman, 2012). Stata 12 directly calculates  $\beta_i$  and  $\sigma$  (standard deviation) and in this way it is possible to interpret the effects of the explanatory variables.

The amounts obtained are expressed in Argentinian pesos (ARS) at 2012 current prices and US dollars (USD, converted with a currency exchange rate 1 USD = 4.54 ARS). In the  $AggregatedWTP = N \cdot \widehat{WTP}_i$ ,  $N$  is the number of households and  $\widehat{WTP}_i$  is the household's willingness to pay. To annualize the monthly amounts of WTP a social discount rate of 2.4 % per year was considered.

## Results and discussion

### Identification of biases and answer inconsistencies

Table 2 shows the type of answers obtained in order to identify the valid answers for the econometric analysis. In Río Cuarto and Villa Huidobro, 64 and 62 % of WTP positive responses were obtained, of which 13 and 12 % respectively resulted with moral satisfaction purchase biases, and 3 and 11 % with hypothetical bias. Regarding all the positive and negative answers without biases, the valid answers were 79 and 77 % in Río Cuarto and Villa Huidobro, respectively. In the

$$P^{psis} = \beta_0 + \beta_1 MPP + \beta_2 rio\ iv + \beta_3 edad + \beta_4 ing_2 + \beta_5 ing_3 + \beta_6 ing_4 + \beta_7 ing_5 + \beta_8 vinagr_2 + \beta_9 vinamb_2 + \eta$$

donde  $P^{psis}$  es la variable dependiente que representa la probabilidad de obtener un sí a la DAP. Las opciones de respuestas fueron: a) definitivamente sí (DS), b) posiblemente sí (PS), c) no estoy seguro (NS), d) posiblemente no (PN) y e) definitivamente no (DN). Las respuestas DS y PS se consideraron respuestas afirmativas (igual a 1) y el resto se consideraron negativas (igual a 0).

Los parámetros, la media y mediana de la DAP se estimaron aplicando máxima verosimilitud y se analizaron a partir de pruebas de significancia (prueba Z) y bondad de ajuste con las pruebas de Wald y razón de verosimilitud. Los datos se procesaron con el *software* Stata 12, utilizando el comando *doubleb* (Lopez-Feldman, 2012). Stata calcula directamente  $\beta_i$  y  $\sigma$  (desviación típica) y de esta forma es posible interpretar los efectos de las variables explicativas.

Los montos obtenidos están expresados en pesos argentinos (ARS) a precios corrientes 2012 y dólares estadounidenses (USD, convertidos con un tipo de cambio de divisas 1 USD = 4.54 ARS). En la  $DAP_{Aggregada} = N \cdot \widehat{DAP}_i$ ,  $N$  es la cantidad de los hogares y  $\widehat{DAP}_i$  es la disposición a pagar del hogar. Para anualizar los montos mensuales se consideró una tasa social de descuento de 2.4 % anual.

**Table 2. Identification of the valid observations of the surveys conducted in Río Cuarto and Villa Huidobro, Córdoba, Argentina, to estimate the WTP for the conservation of the calden forest.**

**Cuadro 2. Identificación de las observaciones válidas de las encuestas realizadas en Río Cuarto y Villa Huidobro, Córdoba, Argentina, para conocer la disposición a pagar por la conservación del bosque de caldén.**

Type of answer/ Tipo de respuesta	Río Cuarto		Villa Huidobro		Total		Observations/ Observaciones
	No./ Núm.	(%)	No./ Núm.	(%)	No./ Núm.	(%)	
Positive/Afirmativa	83	48	73	39	156	43	Valid answers/ Respuestas válidas
Positive with purchase of moral satisfaction/ Afirmativa con compra de satisfacción moral	22	13	22	12	44	12	Valid answers/ Respuestas válidas
Positive with hypothetical bias/ Afirmativa con sesgo hipotético	5	3	21	11	26	7	Valid answers/ Respuestas válidas
Negative without bias/ Negativa sin sesgos	26	15	28	15	54	15	Valid answers/ Respuestas válidas
Negative with protest/ Negativa de protesta	18	10	28	15	46	13	Not considered answers/ Respuestas no analizadas
Inconsistencies/Inconsistencias	20	11	15	8	35	10	Not considered answers/ Respuestas no analizadas
Total	174	100	187	100	361	100	

case of inconsistent responses, 11 % of answers were identified in Río Cuarto and 8 % in Villa Huidobro *e. g.* whose answer was Probably Yes to 35 ARS (7.70 USD) and Probably not to 5 ARS (1.10 USD).

Regarding the protest responses, 10 % were recorded in Río Cuarto and 15 % in Villa Huidobro. In those cases, the respondent argued that the government is the one in charge of the land-use planning program, for the conservation of the calden forest. The cases of WTP with inconsistencies and protest responses were removed from the analysis (Bateman et al., 2002; Broberg & Brännlund, 2008), while the affirmative responses with biases were controlled in the estimation, although they were statistically not significant.

### Sociodemographic and attitudinal characteristics of the sample

Table 3 shows the descriptive statistics of the sample obtained, regarding the valid answers. In the case of the continuous variables, the average number of household members was three, coinciding with the population average of both locations (Dirección General de Estadística y Censos [DGEC], 2008); the average age of the respondents was 47 years in Río Cuarto and 53 years in Villa Huidobro. In the case of the categorical variables, a similar proportion was observed in both locations: 1) the predominant monthly household income is the category 1 500-4 000 ARS (330-881 USD); 2) the majority of the heads of family surveyed were women, whose most frequent level of education is primary school. In contrast, there are statistically significant differences ( $P < 0.1$ ) on calden forest knowledge; in Villa Huidobro, 77 % of respondents have knowledge of this, while in Río Cuarto only 21% expressed they knew it. On the other hand, less marked differences were detected in the use of forest and in the relationship of the respondents with the agricultural and environmental sector. The use of the calden forest is moderate; 18 % of the respondents in Río Cuarto showed some type of use and 9 % in Villa Huidobro. In both locations, the level of connection with the agricultural sector was also moderate: 18 % in Río Cuarto and 35 % in Villa Huidobro; however, the relationship with environmental organizations is even lower: 7 in Río Cuarto and 3 % in Villa Huidobro.

### Econometric model

The estimated econometric model has good goodness of fit (Table 4). According to Wald's statistical tests and likelihood ratio, the model had good joint significance in both cases ( $P < 0.01$ ), rejecting the null hypothesis which indicates that the coefficients of the explanatory variables are equal to zero.

## Resultados y discusión

### Identificación de sesgos e inconsistencias de las respuestas

El Cuadro 2 muestra el tipo de respuestas obtenidas con la finalidad de identificar las respuestas válidas para el análisis econométrico. En Río Cuarto y Villa Huidobro se obtuvieron, respectivamente, 64 y 62 % de respuestas afirmativas de DAP, de las cuales 13 y 12 % resultaron con sesgos de compra de satisfacción moral, y 3 y 11 % con sesgo hipotético. Considerando todas las respuestas afirmativas y las negativas sin sesgos, las respuestas válidas conformaron 79 y 77 % en Río Cuarto y Villa Huidobro, respectivamente. En el caso de las respuestas inconsistentes, se identificó 11 % en Río Cuarto y 8 % en Villa Huidobro *v. g.* respuestas que dijeron posiblemente sí a 35 ARS (7.70 USD) y posiblemente no a 5 ARS (1.10 USD).

Con respecto a las respuestas de protesta se registró 10 % en Río Cuarto y 15 % en Villa Huidobro; el encuestado argumentó que el gobierno es quien debe encargarse del programa de ordenamiento de territorio, para la conservación del bosque de caldén. Los casos de DAP con inconsistencias y protesta fueron retirados del análisis (Bateman et al., 2002; Broberg & Brännlund, 2008), mientras que las respuestas afirmativas con sesgos fueron controladas en la estimación, aunque resultaron estadísticamente no significativas.

### Características sociodemográficas y actitudinales de la muestra

Considerando las respuestas válidas, las estadísticas descriptivas de la muestra obtenida se describen en el Cuadro 3. En el caso de las variables continuas, la cantidad promedio de miembros del hogar fue tres, coincidente con el promedio poblacional de ambas localidades (Dirección General de Estadística y Censos [DGEC], 2008); la edad promedio de los encuestados fue 47 años en Río Cuarto y 53 años en Villa Huidobro. En el caso de las variables categóricas se observó una proporción similar en ambas localidades: 1) el ingreso mensual predominante en el hogar es la categoría 1 500-4 000 ARS (330-881 USD); 2) la mayoría de los jefes de hogar encuestados fueron mujeres, cuyo nivel de escolarización más frecuente es la educación primaria. En contraste, existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.1$ ) en el conocimiento del bosque; en Villa Huidobro, 77 % de los encuestados tiene conocimiento de este, mientras que en Río Cuarto solo 21 % manifestó conocerlo. Por otra parte, se detectaron diferencias menos marcadas en el uso del bosque y en el nivel de vinculación de los encuestados con el sector agropecuario y ambiental. El uso del bosque de caldén

**Table 3. Descriptive statistics of the family heads sample surveyed in Río Cuarto and Villa Huidobro, Córdoba, Argentina, to know the sociodemographic characteristics of households.**

**Cuadro 3. Estadística descriptiva de la muestra de jefes de familia encuestados en Río Cuarto y Villa Huidobro, Córdoba, Argentina, para conocer las características sociodemográficas de los hogares.**

Variable	Category/Categoría	Río Cuarto		Villa Huidobro		Total	
		Fr	Answers/ Respuestas	Fr	Answers/ Respuestas	Fr	Answers/ Respuestas
Monthly income (ARS)/ Ingreso mensual (ARS)	<\$1 500	0.15	19	0.25	34	0.20	53
	\$1 500 - \$4 000	0.58	72	0.56	75	0.57	147
	\$4 001 - \$8 500	0.23	29	0.13	18	0.18	47
	\$8 501- \$14 000	0.04	5	0.03	4	0.03	9
	>\$14 000	-	-	0.02	3	0.01	3
	Total		125		134		259
Gender/Sexo	Female/Mujer	0.69	94	0.69	99	0.69	193
	Male/Hombre	0.31	42	0.31	45	0.31	87
	Total		136		144		280
Level of education/ Nivel educativo	Didn't attend school/ Sin estudios	0.10	13	0.25	36	0.18	49
	Primary school/ Primario	0.37	50	0.42	60	0.39	110
	Secondary school/ Secundario	0.21	28	0.18	26	0.19	54
	Tertiary studies/Terciario	0.05	7	0.10	14	0.08	21
	Undergraduate/ Universitario incompleto	0.19	26	0.03	5	0.11	31
	University degree/ Universitario	0.08	11	0.02	3	0.05	14
	Postgraduate/ Posgrado	0.01	1	-	-	0.00	1
	Total		136		144		280
Agricultural sector/ Sector agropecuario	With relationship/ Con vinculación	0.18	24	0.35	51	0.27	75
	No relationship/ Sin vinculación	0.82	111	0.65	93	0.73	204
	Total		135		144		279
Environmental organizations/ Organizaciones medioambientales	With relationship/ Con vinculación	0.07	9	0.03	5	0.05	14
	No relationship/ Sin vinculación	0.93	126	0.97	139	0.95	265
	Total		135		144		279
Knowledge of the forest/ Conocimiento del bosque	With knowledge/ Con conocimiento	0.21	29	0.77	111	0.50	140
	Without knowledge/ Sin conocimiento	0.79	107	0.23	33	0.50	140
	Total		136		144		280
Forest use/ Uso del bosque	With use/Con uso	0.18	25	0.09	13	0.14	38
	No use/Sin uso	0.82	111	0.91	131	0.86	242
	Total		136		144		280

Fr: Frequency of the variable

Fr: Frecuencia de la variable

**Table 4. Econometric estimation of the willingness to pay for the conservation of the calden forest in the south of Córdoba, Argentina.**

**Cuadro 4. Estimación econométrica de la disposición a pagar para la conservación del bosque de caldén del sur de Córdoba, Argentina.**

Variables	Coefficient/ Coeficiente	Standard deviation/ Desviación estándar	Significance*/ Significancia*
$\beta$			
city/ciudad	10.47	9.46	NS
age/edad	-1.16	0.24	***
ing_2	19.85	9.82	**
ing_3	44.39	12.58	***
ing_4	87.59	22.57	***
ing_5	94.25	39.15	**
vinagr <sub>2</sub>	25.85	8.94	***
vinamb <sub>2</sub>	10.44	17.25	NS
conoc_bo	-1.06	9.57	NS
usayafect	11.13	11.68	NS
_cons /DAP	-73.81	16.47	***
$\sigma$			
_cons /DAP	57.55	3.30	***
WTP (Average)/DAP	52	[44-59]	
N		257	
Statistical likelihood ratio/ Estadístico razón de verosimilitud		170	
Wald		81	
Prob > $\chi^2$		0.00	
Likelihood ratio/Razón de verosimilitud		-474.27	
Akaike		973	

WTP: willingness to pay, N: number of observations used to calculate the econometric estimation \*\*\*P < 0.01, \*\*P < 0.05, \*P < 0.1, NS = not significant (P ≥ 0.1)  
DAP: disposición a pagar, N: número de observaciones utilizadas para calcular la estimación econométrica. \*\*\*P < 0.01, \*\*P < 0.05, \*P < 0.1, NS = no significativo (P ≥ 0.1)

Four of the seven parameters estimated were significant and consistent with the expected signs. The estimated coefficient of the variables WTP and age were significant and with a negative sign; that is, the higher the WTP and age, the lower the probability of obtaining a positive answer. The coefficients of the estimators of the variables regarding income (ing.) and relationship

es moderado; 18 % de los encuestados en Río Cuarto manifestó algún tipo de uso y 9 % en Villa Huidobro. En ambas localidades, el nivel de vinculación con el sector agropecuario también resultó moderado: 18 % en Río Cuarto y 35 % en Villa Huidobro; sin embargo, el vínculo con organizaciones medioambientales es aún menor: 7 % en Río Cuarto y 3 % en Villa Huidobro.



with the agricultural activity ( $vinagr_2$ ) were significant and with a positive sign i. e. the greater the household's  $ing_i$  and  $vinagr_2$ , the greater the probability of an affirmative response of WTP. The expected effects of the coefficients of the significant variables were consistent with economic theory. All the coefficients of the variables regarding income had a positive sign and increased to higher income levels.

The signs of the estimated coefficients of forest knowledge ( $conoc_{bo}$ ) and location ( $rio_{iv}$ ) were different from those expected and were not statistically significant ( $P > 0.1$ ). The estimated coefficient of the variable  $conoc_{bo}$  resulted with a negative sign, which would imply that the probability of a positive response of WTP of the respondents with previous knowledge of the existence of the forest is lower than that of the respondents who said they did not know about the forest. Possibly, people with forest knowledge compare it with lands considered more productive commercially as agricultural land and do not take into account all the forest ES. Besides, the question about knowledge was direct and simple and does not allow speculating too much with the result. On the other hand, the estimated coefficient of the variable  $rio_{iv}$  was positive; that is, the probability of a positive response of WTP of the respondents from Río Cuarto (most distant city) would be higher than that of the respondents in Villa Huidobro. This coincides with the results found by Mombo et al. (2014), who estimate a higher WTP in urban households compared to rural households close to forest areas; however, it differs from the results of Lockwood et al. (1993).

The estimated coefficients  $vincamb_2$  and  $usayafect$  were also statistically non-significant ( $P > 0.1$ ). This result is very important, since one of the main critical points of the CVM is the possibility of inducing biases in the WTP assessment responses (Bateman et al., 2002).

The estimated WTP has a relatively high precision regarding the close relationship between the average/median and intervals obtained. The average WTP was 52 ARS (11.45 USD) with a variation of  $\pm 8$  ARS ( $\pm 1.76$  USD), equivalent to an annual WTP of 615 ARS (135.4 USD) per household with a range between 518 ARS (114 USD) and 714 ARS (157 USD). The estimated WTP is in the range of economic values reported for remnant native forests in private and state establishments. Thompson et al. (2002) estimated an annual individual WTP of 217 USD (988 ARS) to prevent the conversion of the American oak woodland to agricultural systems in California, United States. Juutinen et al. (2014) estimated an annual WTP per household between 44 USD (200 ARS) and 71 USD (324 ARS) for maintaining and expanding the forests of the Finnish State for recreational use. Chen and Nakama (2015) estimated

## Modelo econométrico

El modelo econométrico estimado posee buena bondad de ajuste (Cuadro 4). De acuerdo con las pruebas estadísticas de Wald y razón de verosimilitud, el modelo tuvo buena significancia conjunta en ambos casos ( $P < 0.01$ ), rechazando la hipótesis nula, lo cual indica que los coeficientes de las variables explicativas son iguales a cero.

Cuatro de los siete parámetros estimados fueron significativos y consistentes con los signos esperados. El coeficiente estimado de las variables  $DAP$  y  $edad$  resultaron significativos y con signo negativo; es decir, a mayor  $DAP$  y  $edad$ , la probabilidad de obtener una respuesta afirmativa es menor. Los coeficientes de los estimadores de las variables de ingreso ( $ing_i$ ) y vinculación con la actividad agropecuaria ( $vinagr_2$ ) resultaron significativos y con signo positivo i. e. a mayor  $ing_i$  del hogar y  $vinagr_2$ , mayor es la probabilidad de una respuesta afirmativa de  $DAP$ . Los efectos esperados de los coeficientes de las variables significativas resultaron acordes con la teoría económica. Todos los coeficientes de las variables ingreso presentaron signo positivo y aumentaron a mayores niveles de ingreso.

Los signos de los coeficientes estimados del conocimiento del bosque ( $conoc_{bo}$ ) y localización ( $rio_{iv}$ ) fueron diferentes de los esperados y no resultaron significativos estadísticamente ( $P > 0.1$ ). El coeficiente estimado de la variable  $conoc_{bo}$  resultó con signo negativo, lo que implicaría que la probabilidad de una respuesta positiva de  $DAP$  de los encuestados con conocimiento previo de la existencia del bosque es menor que la de los encuestados que manifestaron no conocerlo. Posiblemente, las personas con conocimiento del bosque lo contrastan con tierras consideradas más productivas comercialmente como las agrícolas y no toman en consideración todos los SE. Asimismo, la pregunta sobre conocimiento fue directa y simple y no permite especular demasiado con el resultado. Por otra parte, el coeficiente estimado de la variable  $rio_{iv}$  resultó positivo; es decir, la probabilidad de una respuesta positiva de  $DAP$  de los encuestados de Río Cuarto (ciudad más distante) sería mayor a la de los encuestados en Villa Huidobro. Esto coincide con los resultados hallados por Mombo et al. (2014), quienes estiman una  $DAP$  mayor en los hogares urbanos que en los rurales, próximos a las áreas de bosque; sin embargo, difiere de los resultados de Lockwood et al. (1993).

Los coeficientes estimados  $vincamb_2$  y  $usayafect$  también resultaron estadísticamente no significativos ( $P > 0.1$ ). Este resultado es muy importante, ya que una de las principales críticas del MVC es la posibilidad de inducir a sesgos en las respuestas de valoración de  $DAP$  (Bateman et al., 2002).

the WTP per household at 4.5 USD (64 ARS) to maintain and expand the forest in three locations of Okinawa, Japan. Lienhoop and Völker (2016) estimated an annual WTP per household of 9 USD (41 ARS) for an increase in forest cover in the Saxony region, Germany.

Regarding that the south of Córdoba has 115 854 households (DGEC, 2008), the current annual value of the WTP of the urban population of southern Córdoba is 71.3 million pesos (ARS) (15.7 million dollars [USD]), meanwhile, the current value projected at 10 years for the urban population of Río Cuarto is 629.3 million pesos (ARS) (138.6 million dollars [USD]) (Table 5).

The results of the present study, obtained through contingent valuation, differ from the values reported by Carreño and Viglizzo (2007). If we consider the average annual aggregate WTP and the area of forest valued (56 472 ha), the value of ES of the calden forest is 1 264 ARS·ha<sup>-1</sup> (278 USD·ha<sup>-1</sup>), less than 6 139 ARS·ha<sup>-1</sup> (1 352 USD·ha<sup>-1</sup>) estimated by Carreño and Viglizzo (2007). This overestimation is expected, because the method used by these authors does not take into account the budgetary constraints of households, but the estimated WTP in this study does consider them.

La DAP estimada posee una precisión relativamente alta considerando la estrecha relación entre la media/mediana obtenida y sus intervalos. La DAP fue de 52 ARS (11.45 USD) con una variación de ±8 ARS (±1.76 USD), equivalente a una DAP anual de 615 ARS (135.4 USD) por hogar con un intervalo entre 518 ARS (114 USD) y 714 ARS (157 USD). La DAP estimada se encuentra en el intervalo de valores económicos informados para bosques nativos remanentes en establecimientos privados, así como estatales. Thompson et al. (2002) estimaron una DAP anual individual de 217 USD (988 ARS) para evitar la conversión del bosque de roble americano a sistemas agrícolas en California, Estados Unidos. Juutinen et al. (2014) estimaron una DAP anual por hogar entre 44 USD (200 ARS) y 71 USD (324 ARS) por mantener y ampliar los bosques del Estado finlandés para uso recreativo. Chen y Nakama (2015) estimaron la DAP por hogar en 4.5 USD (64 ARS) para mantener y ampliar el bosque en tres localidades de Okinawa, Japón. Lienhoop y Völker (2016) estimaron una DAP anual por hogar de 9 USD (41 ARS) por un aumento en la cobertura forestal de la región de Sajonia, Alemania.

Considerando que el sur de Córdoba cuenta con 115 854 hogares (DGEC, 2008), el valor actual anual de la DAP de la población urbana del sur de Córdoba es de

**Table 5. Aggregated willingness to pay (WTP) of households in southern Córdoba, Argentina, for conservation of the calden forest.**

**Cuadro 5. Disposición a pagar (DAP) agregada de los hogares del sur de Córdoba, Argentina, por la conservación del bosque de caldén.**

Aggregated WTP/DAP agregada	Minimum/Mínimo	Average/Promedio	Maximum/Máximo
Aggregated Annual WTP (ARS)/ DAP agregada anual (ARS)	\$60 747 456	\$71 386 841	\$81 106 434
Aggregated WTP to 10 years (ARS)/ DAP agregada a 10 años (ARS)	\$535 532 525	\$629 326 357	\$715 011 561

## Conclusions

The economic value of a calden forest conservation program (*Prosopis caldenia*) in the south of the province of Córdoba, Argentina, was estimated through a contingent valuation survey. The majority of the urban population of southern Córdoba does not use forest ecosystem services. In particular, the inhabitants of the farthest city (Río Cuarto) are unaware of the existence of the calden forest. However, when information is provided on the nature of the forest and the ecosystem services it offers, urban population shows greater understanding on the effects of deforestation (the majority of respondents) and on the need for deliberate effort to maintain or expand the forest and

71.3 millones de pesos (ARS) (15.7 millones de dólares [USD]), en tanto, el valor actual proyectado a 10 años de la población urbana de Río Cuarto es de 629.3 millones de pesos (ARS) (138.6 millones de dólares [USD]) (Cuadro 5).

Los resultados del presente estudio, obtenidos mediante valoración contingente, difieren de los valores informados por Carreño y Viglizzo (2007). Si se considera la DAP agregada anual promedio y la superficie de bosque valorada (56 472 ha), el valor de los SE del bosque de caldén es de 1 264 ARS·ha<sup>-1</sup> (278 USD·ha<sup>-1</sup>), cantidad menor que 6 139 ARS·ha<sup>-1</sup> (1 352 USD·ha<sup>-1</sup>) estimada por Carreño y Viglizzo (2007). Esta sobrestimación resulta esperable, debido a que el

its ecosystem services. In general, the households of Río Cuarto and Villa Huidobro are willing to pay to maintain or increase the ecosystem services of the calden forest.

### Acknowledgments

This study is part of the project “Environmental bases for the land-use planning of the rural area of the province of Córdoba”, loan BID-PID N° 013/2009 approved by MinCyT Córdoba and UNRC.

*End of English version*

### References / Referencias

- Azqueta, O. D. (1994). *Valoración económica de la calidad ambiental*. España: McGraw-Hill.
- Bateman, I. J., Carson, R. T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., ... Swanson, J. (2002). *Economic valuation with stated preference techniques: A manual*. Cheltenham, UK - Northampton, MA: Edward Elgar.
- Broberg, T., & Brännlund, R. (2008). An alternative interpretation of multiple bounded WTP data—Certainty dependent payment card intervals. *Resource and Energy Economics*, 30(4), 555–567. doi: 10.1016/j.reseneeco.2008.09.001
- Buschiazzi, D. E., Estelrich, H. D., Aimar, S. B., Viglizzo, E., & Babinec, F. J. (2004). Soil texture and tree coverage influence on organic matter. *Rangeland Ecology & Management*, 57(5), 511–516. doi: 10.2111/1551-5028(2004)057[0511:statci]2.0.co;2
- Carreño, L., & Viglizzo, E. (2007). Provisión de servicios ecológicos y gestión de los ambientes rurales en Argentina. Area estratégica de gestión ambiental. Retrieved from <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-provision.pdf>
- Carson, R. T., & Hanemann, W. M. (2005). Contingent valuation. In M. Karl-Gran & R. V. Jeffrey (Eds.), *Handbook of environmental economics* (vol. 2, pp. 821–936). Elsevier. doi: 10.1016/S1574-0099(05)02017-6
- Carthy, T., Chilton, S., Covey, J., Hopkins, L., Jones-Lee, M., Loomes, G., ... Spencer, A. (1998). On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 2-The CV/SG” chained” approach. *Journal of Risk and Uncertainty*, 17(3), 187–214. doi: 10.1023/a:1007782800868
- Chen, B., & Nakama, Y. (2015). Residents’ preference and willingness to conserve homestead woodlands: Coastal villages in Okinawa Prefecture, Japan. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 919–931. doi: 10.1016/j.ufug.2015.08.008
- Costanza, R., d’Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world’s ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253–260. doi: 10.1038/387253a0
- método usado por dichos autores no toma en cuenta las restricciones presupuestarias de los hogares, mientras que la DAP estimada en este trabajo si las considera.

### Conclusiones

El valor económico de un programa de conservación del bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina, se estimó a través de una encuesta de valoración contingente. La mayoría de la población urbana del sur de Córdoba no usa los servicios ecosistémicos del bosque. Particularmente, los pobladores de la ciudad más distante (Río Cuarto) desconocen la existencia del bosque de caldén. No obstante, cuando se brinda información sobre la naturaleza del bosque y los servicios ecosistémicos que ofrece, los pobladores urbanos muestran mayor comprensión de los efectos de la deforestación (la mayoría de los encuestados) y de la necesidad del esfuerzo deliberado para mantener o ampliar el bosque y sus servicios. En general, los hogares de Río Cuarto y Villa Huidobro están dispuestos a pagar para mantener o aumentar los servicios ecosistémicos del bosque de caldén.

### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto “Bases ambientales para el ordenamiento territorial del espacio rural de la provincia de Córdoba”, préstamo BID-PID N° 013/2009 aprobado por MinCyT Córdoba y UNRC.

*Fin de la versión en español*

- Dirección General de Estadística y Censos (DGEC). (2008). Censo Provincial de Población 2008. Retrieved March 17, 2012 from <http://estadistica.cba.gov.ar/Poblaci%C3%B3n/Censo2008/tabid/462/language/es-AR/Default.aspx>
- Farid, M., & Frerichs, R. (2008). CSurvey 2.0. Los Angeles, US: UCLA. Retrieved March 9, 2012 from <http://www.ph.ucla.edu/epi/csurvey.html>
- Hanemann, W. M., & Kanninen, B. (1998). *The statistical analysis of discrete-response CV data*. USA: California Agricultural Experiment Station & Giannini Foundation of Agricultural Economics.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2001). Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda Buenos Aires, Argentina. Retrieved March 15, 2012, from [https://www.indec.gob.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=41&id\\_tema\\_3=134](https://www.indec.gob.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=134)
- Jayawickreme, D. H., Santoni, C. S., Kim, J. H., Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2011). Changes in hydrology and salinity accompanying a century of agricultural conversion in Argentina. *Ecological Applications*, 21(7), 2367–2379. doi: 10.1890/10-2086.1

- Johnston, R. J., & Rosenberger, R. S. (2010). Methods, trends and controversies in contemporary benefit transfer. *Journal of Economic Surveys*, 24(3), 479–510. doi: 10.1111/j.1467-6419.2009.00592.x
- Juutinen, A., Kosenius, A.-K., & Ovaskainen, V. (2014). Estimating the benefits of recreation-oriented management in state-owned commercial forests in Finland: A choice experiment. *Journal of Forest Economics*, 20(4), 396–412. doi: 10.1016/j.jfe.2014.10.003
- Kahneman, D., & Knetsch, J. L. (1992). Valuing public goods: The purchase of moral satisfaction. *Journal of Environmental Economics and Management*, 22(1), 57–70. doi: 10.1016/0095-0696(92)90019-S
- Lell, J. D. (2005). El caldenal: una visión panorámica del mismo enfatizando en su uso. En J. F. Goya, J. L. Frangi, & M. F. Arturi (Eds.), *Ecología y manejo de los bosques de Argentina* (pp. 1–18). Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10915/15915>
- Lienhoop, N., & Völker, M. (2016). Preference refinement in deliberative choice experiments for ecosystem service valuation. *Land Economics*, 92(3), 555–577. doi: 10.3368/le.92.3.555
- Lockwood, M., Loomis, J., & DeLacy, T. (1993). A contingent valuation survey and benefit-cost analysis of forest preservation in East Gippsland, Australia. *Journal of Environmental Management*, 38(3), 233–243. doi: 10.1006/jema.1993.1042
- Lopez-Feldman, A. (2012). *Introduction to contingent valuation using Stata*. Germany: University Library of Munich. Retrieved from <https://ideas.repec.org/p/pramprapa/41018.html>
- Ma, S., & Swinton, S. M. (2011). Valuation of ecosystem services from rural landscapes using agricultural land prices. *Ecological Economics*, 70(9), 1649–1659. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.04.004
- Mombo, F., Lusambo, L., Speelman, S., Buysse, J., Munishi, P., & van Huylenbroeck, G. (2014). Scope for introducing payments for ecosystem services as a strategy to reduce deforestation in the Kilombero wetlands catchment area. *Forest Policy and Economics*, 38, 81–89. doi: 10.1016/j.forpol.2013.04.004
- Risio, L., Herrero, C., Bogino, S. M., & Bravo, F. (2014). Aboveground and belowground biomass allocation in native *Prosopis caldenia* Burkart secondaries woodlands in the semi-arid Argentinean pampas. *Biomass and Bioenergy*, 66, 249–260. doi: 10.1016/j.biombioe.2014.03.038
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS). (2007). Primer inventario nacional de bosques nativos. Inventario de campo de la región Espinal (distritos Caldén y Ñandubay). Buenos Aires, Argentina: Autor.
- Thompson, R. P., Noel, J. E., & Cross, S. P. (2002). Oak woodland economics: A contingent valuation of conversion alternatives. Retrieved from [http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=agb\\_fac](http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1048&context=agb_fac)
- Viglizzo, E. F., & Frank, F. C. (2006). Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quaternary International*, 158(1), 122–126. doi: 10.1016/j.quaint.2006.05.022
- Welsh, M. P., & Poe, G. L. (1998). Elicitation effects in contingent valuation: Comparisons to a multiple bounded discrete choice approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 36(2), 170–185. doi: 10.1006/jjeem.1998.1043