



Determinantes socioeconómicos en la decisión de reciclaje de los chilenos

Socioeconomic determinants of waste recycling decisions by Chileans

Carlos Céspedes Fernández¹, alumno de 6° año.
Víctor Gálvez Yanjari¹, alumno de 6° año.
Sebastián Raveau Feliú¹, asistente.

¹Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.

*Autor para correspondencia: sraveau@ing.puc.cl

Carlos Céspedes Fernández¹, 6th year student.
Víctor Gálvez Yanjari¹, 6th year student.
Sebastián Raveau Feliú¹, assistant profesor.

¹Pontificia Universidad Católica de Chile, School of Engineering, Department of Transport Engineering and Logistics.

*Corresponding autor: sraveau@ing.puc.cl

RESUMEN

La acumulación de desechos representa un problema de relevancia a nivel mundial. Bajo ese contexto, países europeos han tomado medidas para incentivar el reciclaje, pero en Latinoamérica y particularmente en Chile este comportamiento aún es incipiente. Por tanto, urge desarrollar políticas que promuevan una conducta favorable hacia el reciclaje, las que requieren información sobre los factores que influyen en el comportamiento ecológico de la población chilena. Para ello, en este artículo se ocupan datos de la Primera Encuesta Nacional de Medioambiente, encargada por el Ministerio del Medio Ambiente, para obtener probabilidades de reciclaje según características socioeconómicas de la población a través de modelos de elección discreta. Los resultados muestran que las mujeres poseen una mayor tendencia a reciclar, y que la probabilidad de hacerlo también aumenta con el número de integrantes en el hogar y el nivel educacional. Adicionalmente, se encontró que los hogares de ingresos medios tienen una mayor probabilidad de reciclar que aquellos con ingreso alto o bajo, mientras que en las regiones extremas esta probabilidad es menor que en las otras.

Palabras clave: elección discreta, comportamiento ecológico, conducta del reciclaje.

ABSTRACT

The accumulation of waste represents a problem of global relevance. In this context, European countries have taken measures to encourage recycling, but in Latin America and particularly in Chile this behavior is still in an early stage. It is therefore urgent to develop policies that promote a favorable behavior towards recycling, which in turn require information about the factors that influence the ecological behavior of the Chilean population. This study deals with data from the First National Environmental Survey, commissioned by the Ministry of the Environment, to obtain probabilities of recycling according to socioeconomic characteristics of the population through models of discrete choice. The results show that women have a greater tendency to recycle, and this probability also increases with the number of household members and the educational level. Additionally, we found that middle-income households are more likely to recycle than those with higher or lower income, whereas in extreme geographic regions this probability is lower than in other parts of the country.

Key words: discreet choice, ecological behavior, recycling behavior.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente producción de artículos desechables ha facilitado la vida de las personas. Sin embargo, solo una parte de la población tiene conciencia de los impactos que ha generado la acumulación de basura sobre el medioambiente. En ese sentido, el reciclaje surge como herramienta para combatir tal problemática. Por ejemplo, en Europa el 35% de la basura reciclable está siendo tratada biológicamente (Refsgaard y Magnussen, 2009), y en Gran Bretaña el 60% de la población separa la basura (González-Torre y Adenso-Díaz, 2005). No obstante, en Latinoamérica son escasos los programas oficiales de reciclaje (Medina, 2017). Particularmente, en Chile recientemente ha entrado en vigencia la prohibición de bolsas plásticas en todo el comercio del país (La Tercera, 2018).

En este contexto cabe preguntarse: ¿está preparada social y culturalmente la población chilena para evolucionar hacia una vida más ecológica? ¿Cómo inciden los factores socioeconómicos sobre el comportamiento ecológico de los chilenos en términos de su preferencia de reciclaje? En el presente artículo se busca responder tales interrogantes mediante la identificación y caracterización (a partir de factores socioeconómicos) de las preferencias de la

1. INTRODUCTION

The growing production of disposable items has made people's lives easier. However, only part of the population is aware of the impacts that waste accumulation has generated on the environment. In this context, recycling emerged as a tool to tackle this problem. For example, in Europe 35% of recyclable waste is being treated biologically (Refsgaard and Magnussen, 2009), and in Great Britain 60% of the population separates waste (González-Torre and Adenso-Díaz, 2005). However, official recycling programs are scarce in Latin America (Medina, 2017). Particularly in Chile, the ban on plastic bags from all commercial and retail venues has only recently come into effect (La Tercera, 2018).

It is then worth asking: is the Chilean population socially and culturally prepared to evolve towards a more ecological lifestyle? How do socioeconomic factors influence the ecological behavior of Chileans in terms of their preference at the moment of recycling? This study seeks to answer such questions by identifying and characterizing – from socioeconomic factors – the preferences of the Chilean population in relation to the decision to recycle.

población chilena en relación a la decisión de reciclaje.

Para orientar la investigación, se analizó el estudio de Díaz et al. (2004) realizado en España, donde se concluye que las variables sociodemográficas inciden sobre el comportamiento de reciclaje de las personas de la siguiente manera:

- Las mujeres tienen mayor afinidad con el reciclaje.
- A mayor edad, aumenta el compromiso con el reciclaje.
- A mayor nivel educativo, más tendencia al reciclaje.
- A mayor renta, más tendencia al reciclaje.

Bajo ese contexto, se proponen las siguientes hipótesis de investigación:

- Los más jóvenes tienen una mayor preferencia por reciclar.
- Las personas con mayor nivel de ingreso y alto nivel de educación están más dispuestas a reciclar.
- Las mujeres y personas de mayor edad se comportan como exponen Díaz, Beerli y Martín (2004).
- El número de integrantes de un hogar no influye en la decisión de reciclar.

2. METODOLOGÍA

Los datos con los que se cuenta para analizar las preferencias de reciclaje corresponden a 5.057 observaciones recogidas en la Primera Encuesta Nacional de Medioambiente encargada por el Ministerio del Medioambiente a Cadem, la que tenía por objetivo conocer las opiniones, comportamientos y preocupaciones ambientales de la ciudadanía, para así proponer políticas que sean de interés para la opinión pública (Cadem, 2014a). En ella, se recopilan preferencias, percepciones y factores socioeconómicos, junto con la elección de reciclar o no. Esta información corresponde a características y decisiones observadas de las personas. Las respuestas de los encuestados son públicas en formato Excel, incluyendo la codificación de las preguntas y respuestas (Cadem, 2014b). Para analizar el comportamiento de la población se estimaron **MODELOS DE ELECCIÓN DISCRETA** tipo Logit Multinomial (MNL) y Logit Mixto (ML) (Ortúzar y Willumsen, 2011).

Primero se utilizaron modelos MNL para escoger las variables relevantes que explican la elección de reciclaje, además de recategorizar algunas para facilitar su interpretación. Utilizando criterios como el test de razón de verosimilitud, **SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA** de los parámetros y log-verosimilitud se escoge el mejor modelo MNL. Luego, este último se usó como base para generar distintos modelos ML, y con el mejor de ellos se estiman las probabilidades de reciclaje de la población.

En todos los modelos, la variable por explicar es la elección observada de reciclar o no del encuestado, mientras que las explicativas se asocian al sostenedor del hogar en el que vive

To guide the research, we analyzed the study of Díaz et al. (2004) carried out in Spain, where it is concluded that the sociodemographic variables influence the recycling behavior of people in the following ways:

- Women have greater affinity with recycling.
- The older the person, the greater the commitment to recycling.
- The higher the educational level, the greater the tendency to recycle.
- The higher the income, the greater the tendency to recycle.

In this context, the following research hypotheses are proposed:

- Younger people have a greater preference for recycling.
- People with a higher income level and higher level of education are more willing to recycle.
- Women and older people behave as explained by Díaz, Beerli and Martín (2004).
- The number of members in a household does not influence the decision to recycle.

2. METHODOLOGY

The data available for analyzing recycling preferences corresponds to 5,057 observations collected in the First National Environmental Survey commissioned by the Ministry of the Environment to Cadem. These were designed to gather the opinions, behavior and environmental concerns of citizens, in order to propose policies aligned with the public interest (Cadem, 2014a). In this survey, preferences, perceptions and socioeconomic factors are compiled, along with the choice to recycle or not. This information corresponds to observed characteristics and decisions of individuals. Collected answers are publicly available in Excel format, including the coding of questions and answers (Cadem, 2014b). To analyze the behavior of the population, **DISCRETE CHOICE MODELS** were estimated, such as Multinomial Logit (MNL) and Mixed Logit (ML) (Ortúzar and Willumsen, 2011).

First, MNL models were used to select the relevant variables that explain the choice of recycling, in addition to recategorizing some of them to facilitate their interpretation. Using criteria such as the likelihood ratio test, **STATISTICAL SIGNIFICANCE** of the parameters and log-likelihood, the best MNL model is chosen. This is then used as a basis to generate different ML models from which the probabilities of recycling at the population level are estimated.

In all models, the variable to be explained is the observed choice of recycling by the respondent, while the explanatory variables are associated with the primary income-earner of the household in which the subject lives. These are related

el sujeto. Estas tienen relación con la región donde vive, su sexo, el número de integrantes del hogar (considerando solo las observaciones con 1 entre 10 integrantes), rango etario al que pertenece ("18-34"; "34-54"; "55 y más"), su nivel de ingreso ("menos de 100.000"; "entre 100.001 y 150.000"; "entre 150.001 y 200.000"; "entre 200.001 y 300.000"; "entre 300.001 y 500.000"; "entre 500.001 y 1.000.000"; "entre 1.000.001 y 2.500.000"; "más de 2.500.000"), y nivel educacional ("sin educación"; "básica incompleta"; "básica completa"; "media incompleta"; "media completa"; "técnica superior incompleta"; "técnica superior completa"; "universitaria incompleta"; "universitaria completa"; "postgrado"). Adicionalmente, se ocupan **FACTORES DE EXPANSIÓN** para así generar resultados representativos de la población.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideró un 95% de confianza para evaluar la significancia estadística de todos los modelos. El mejor modelo MNL tiene por situación base que el sostenedor vive en las regiones XIII y IV, es hombre, tiene entre 18 y 34 años, tiene un ingreso menor a \$100.000 y no cuenta con educación. Además, agrupa las variables de Educación en "sin educación", "básica (completa e incompleta)", "media (completa e incompleta)", "superior incompleta (universitario o técnica)", "superior completa (universitaria o técnica)" y "postgrado (magíster y doctorado)" lo que facilita la interpretación del modelo. Las funciones de utilidad de este modelo son las siguientes:

Al estimar los parámetros, todos resultaron ser estadísticamente significativos. La log-verosimilitud de este modelo es la más alta de todos los MNL estimados y

to the geographic region where they locate, their gender, the number of members in the household (considering only the observations with 1 in 10 members), the age group to which they belong ("18-34"; "34-54"; "55 and more"), their income level ("less than 100,000"; "between 100,001 and 150,000"; "between 150,001 and 200,000"; "between 200,001 and 300,000"; "between 300.001 to 500,000"; "between 500,001 and 1,000,000"; "between 1,000,001 and 2,500,000"; "more than 2,500,000"), and educational level ("no education"; "basic incomplete"; "basic complete"; "average incomplete"; "average complete"; "higher technical incomplete"; "higher technical complete"; "university incomplete"; "university complete"; "postgraduate"). Additionally, **EXPANSION FACTORS** are included in order to generate results that are representative of the population.

3. RESULTS AND DISCUSSION

A 95% confidence level was considered to assess the statistical significance of all models. The best MNL model considers a base situation where the primary income-earner lives in regions XIII or IV, is male between 18 and 34 years old, has an income of less than \$100,000 and has no education. In addition, the model groups the Education variables into "no education", "basic (complete and incomplete)", "medium (complete and incomplete)", "incomplete higher education (university or technical)", "complete higher education (university or technical)" and "postgraduate education (Master's and Doctorate)" which facilitates the interpretation of the model. The utility functions of this model are:

When estimating the parameters, all of them turned out to be statistically significant. The log likelihood of this model is the highest of all estimated MNLs and is equivalent to

$$\begin{aligned}
 U_{\text{RECICLAR}} = & ASC_{SI} + \beta_{\text{REG-1}} \cdot \text{REG}_1 + \beta_{\text{REG-2}} \cdot \text{REG}_2 + \beta_{\text{REG-3}} \cdot \text{REG}_3 + \beta_{\text{REG-5}} \cdot \text{REG}_5 \\
 & + \beta_{\text{REG-6}} \cdot \text{REG}_6 + \beta_{\text{REG-7}} \cdot \text{REG}_7 + \beta_{\text{REG-8}} \cdot \text{REG}_8 + \beta_{\text{REG-9}} \cdot \text{REG}_9 + \beta_{\text{REG-10}} \cdot \text{REG}_{10} \\
 & + \beta_{\text{REG-11}} \cdot \text{REG}_{11} + \beta_{\text{REG-12}} \cdot \text{REG}_{12} + \beta_{\text{REG-14}} \cdot \text{REG}_{14} + \beta_{\text{REG-15}} \cdot \text{REG}_{15} + \beta_M \cdot \text{MUJER} \\
 & + \beta_{\text{EDAD-2}} \cdot \text{EDAD}_2 + \beta_{\text{EDAD-3}} \cdot \text{EDAD}_3 + \beta_{\text{ING-2}} \cdot \text{INGRESO}_2 + \beta_{\text{ING-3}} \cdot \text{INGRESO}_3 \\
 & + \beta_{\text{ING-4}} \cdot \text{INGRESO}_4 + \beta_{\text{ING-5}} \cdot \text{INGRESO}_5 + \beta_{\text{ING-6}} \cdot \text{INGRESO}_6 + \beta_{\text{ING-7}} \cdot \text{INGRESO}_7 \\
 & + \beta_{\text{ING-8}} \cdot \text{INGRESO}_8 + \beta_{\text{ING-99}} \cdot \text{INGRESO}_{99} + \beta_{\text{ED-23}} \cdot \text{EDUCACION}_{23} \\
 & + \beta_{\text{ED-45}} \cdot \text{EDUCACION}_{45} + \beta_{\text{ED-68}} \cdot \text{EDUCACION}_{68} + \beta_{\text{ED-79}} \cdot \text{EDUCACION}_{79} \\
 & + \beta_{\text{ED-10}} \cdot \text{EDUCACION}_{10} + \beta_{\text{ED-99}} \cdot \text{EDUCACION}_{99} + \beta_{\text{INTE}} \cdot \text{INTEGRANTES}
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$U_{\text{NO_RECICLAR}} = ASC_{\text{NO}} = 0 \quad (2)$$

equivale a -102.501,91, su rho-cuadrado es de 0,088 y tardó 36 segundos en ejecutarse. Por lo tanto, se escogió este modelo como el MNL para generar un modelo ML.

El modelo ML se estimó maximizando la verosimilitud usando simulación de Monte-Carlo con 250 extracciones, incorporando heterogeneidad en ASC_{SI} y β_{INTE} . Es decir, estos últimos fueron utilizados como medias de una distribución Normal, mientras que ASC_{SI-S} y β_{INTE-S} como un valor que, al elevarlo al cuadrado, corresponde a la varianza de ésta misma. El caso base de este modelo es igual al del mejor MNL, por lo que las funciones de utilidad son:

Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 1**

-102,501.91, its rho-square is 0.088 and it took 36 seconds to run. Therefore, this model was chosen as the MNL to generate an ML model.

The ML model was estimated maximizing the likelihood using Monte-Carlo simulation with 250 extractions, incorporating heterogeneity in ASC_{SI} and β_{INTE} . That is, the latter were used as means of a normal distribution, whereas ASC_{SI-S} and β_{INTE-S} as a value that, when squared, corresponds to its variance. The base case of this model is the same as the best MNL, so the utility functions are:

The results obtained are presented in **Table 1**:

$$\begin{aligned}
 U_{RECIKLAR} = & (ASC_{SI} + ASC_{INTE-s} \cdot Normal) + \beta_{REG-1} \cdot REG_1 + \beta_{REG-2} \cdot REG_2 \\
 & + \beta_{REG-3} \cdot REG_3 + \beta_{REG-5} \cdot REG_5 + \beta_{REG-6} \cdot REG_6 + \beta_{REG-7} \cdot REG_7 + \beta_{REG-8} \cdot REG_8 \\
 & + \beta_{REG-9} \cdot REG_9 + \beta_{REG-10} \cdot REG_{10} + \beta_{REG-11} \cdot REG_{11} + \beta_{REG-12} \cdot REG_{12} + \beta_{REG-14} \cdot REG_{14} \\
 & + \beta_{REG-15} \cdot REG_{15} + \beta_M \cdot MUJER + \beta_{EDAD-2} \cdot EDAD_2 + \beta_{EDAD-3} \cdot EDAD_3 \\
 & + \beta_{ING-2} \cdot INGRESO_2 + \beta_{ING-3} \cdot INGRESO_3 + \beta_{ING-4} \cdot INGRESO_4 + \beta_{ING-5} \cdot INGRESO_5 \\
 & + \beta_{ING-6} \cdot INGRESO_6 + \beta_{ING-7} \cdot INGRESO_7 + \beta_{ING-8} \cdot INGRESO_8 + \beta_{ING-99} \cdot INGRESO_{99} \\
 & + \beta_{ED-23} \cdot EDUCACION_{23} + \beta_{ED-45} \cdot EDUCACION_{45} + \beta_{ED-68} \cdot EDUCACION_{68} \\
 & + \beta_{ED-79} \cdot EDUCACION_{79} + \beta_{ED-10} \cdot EDUCACION_{10} + \beta_{ED-99} \cdot EDUCACION_{99} \\
 & + (\beta_{INTE} + \beta_{INTE-s} \cdot Normal) \cdot INTEGRANTES \\
 U_{NO_RECIKLAR} = & ASC_{NO} = 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

De los resultados expuestos, se concluye que todos los parámetros son estadísticamente significativos, con excepción el asociado a la V región, por lo que su comportamiento es similar al de las regiones base. Adicionalmente, los signos de los parámetros relacionados con la edad, nivel de ingreso y nivel educacional coinciden con lo esperado, es decir, todos tienen signo positivo. Por otra parte, la log-verosimilitud equivale a -88.492,1 (mayor que la del mejor modelo MNL), su rho-cuadrado es de 0,096, y tardó 8 horas, 29 minutos y 21 segundos en ejecutarse.

En el caso de sexo, se observa que ser mujer afecta positivamente a la probabilidad de reciclar. Lo mismo ocurre con el parámetro de integrantes, ya que por cada residente en el hogar aumenta la propensión a reciclar. De manera similar, se aprecia que aquellos que poseen entre 35 y 54

From these results, we conclude that all the parameters are statistically significant, with the exception of that associated with Region V, which behavior is similar to the base regions. In addition, the signs of the parameters related to age, income level and educational level coincide with what is expected, that is, they all have a positive sign. On the other hand, the log-likelihood equals -88,492.1 (higher than the best MNL model), its rho-square is 0.096, and it took 8 hours, 29 minutes and 21 seconds to run.

As for gender, it is observed that being a woman positively affects the probability of recycling. The same occurs with the number of household members, since for each resident the propensity to recycle increases. Similarly, it is observed that members between 35 and 54 years old are more likely to recycle than those over 55 years old, both of which are more likely to recycle than younger people. In addition, the

Tabla 1.- β 's estimados del modelo ML.

Nombre	Valor	Test - t	Nombre	Valor	Test - t
ASC_{SI}	-3,41	-6,42	β_{ING-1}	1,83	6,86
ASC_{SI-S}	5,52	9,06	β_{INTE}	0,269	6,78
β_{EDAD-2}	0,81	7,89	β_{INTE-S}	0,81	7,31
β_{EDAD-3}	0,40	5,15	β_M	0,70	7,85
β_{ED-23}	1,63	4,40	β_{REG-1}	-2,24	-8,41
β_{ED-45}	2,38	5,84	β_{REG-2}	-2,24	-8,73
β_{ED-68}	3,06	6,55	β_{REG-3}	-0,82	-5,85
β_{ED-79}	3,57	7,19	β_{REG-5}	-0,03	-0,27
β_{ED-99}	3,63	6,71	β_{REG-6}	0,46	3,29
β_{ED-10}	4,02	7,45	β_{REG-7}	0,41	3,52
β_{ING-2}	1,47	5,66	β_{REG-8}	-0,97	-6,94
β_{ING-3}	2,79	7,89	β_{REG-9}	0,29	2,43
β_{ING-4}	2,57	7,90	β_{REG-10}	-2,15	-8,96
β_{ING-5}	2,78	8,17	β_{REG-11}	-1,44	-7,71
β_{ING-6}	2,44	7,79	β_{REG-12}	-2,16	-8,95
β_{ING-7}	1,95	6,87	β_{REG-14}	-0,68	-4,91
β_{ING-8}	1,14	4,33	β_{REG-15}	-2,41	-8,45

años son más dados a reciclar que los mayores de 55 años, siendo ambas probabilidades mayores en comparación a los más jóvenes. Además, se ve que el efecto de la variable educación es creciente a medida que este aumenta. Por otra parte, se visualiza que no hay una tendencia clara de la magnitud de los parámetros a medida que el ingreso aumenta. Sin embargo, β_{ING-3} y β_{ING-5} (tramos de ingreso "entre 150.001 y 200.000" y "entre 300.001 y 500.000" respectivamente), presentan el efecto más grande sobre la probabilidad de reciclar. Finalmente, se muestra que los parámetros relacionados con las regiones en su mayoría son negativos, con excepción de los que hacen referencia a la región VI, VII y IX, lo que muestra una mayor propensión a reciclar en ellas. Se observa también que las regiones extremas tienen parámetros más negativos, por lo que su probabilidad de reciclar es menor que las otras con respecto al caso base.

Luego, con los resultados del modelo ML se estimaron las probabilidades suponiendo la siguiente situación base: hogar con 4 integrantes en la cual su sostenedor posee una edad entre 18 y 34 años y vive en la XIII o IV región. Los

effect of the education variable grows as age increases. On the other hand, there is no clear trend in the magnitude of the parameters as income increases. However, β_{ING-3} and β_{ING-5} (income brackets "between 150,001 and 200,000" and "between 300,001 and 500,000", respectively) show the largest effect on the probability of recycling. Lastly, the regional parameters are mostly negative, with the exception of those referring to regions VI, VII and IX, which indicates a greater propensity to recycle in these regions. It is also observed that extreme Northern and Southern regions have more negative parameters, indicating that their probability of recycling is lower than the other regions with respect to the base case.

Thus, considering the results of the ML model, we estimated probabilities assuming the following base case: household with 4 members where the primary income-earner is between 18 and 34 years old and lives in the XIII or IV region. The results are presented in Tables 2 and 3, which show the probabilities of recycling according to gender, education level and income:

resultados se exponen en las **Tablas 2 y 3**, las cuales muestran las probabilidades según sexo, niveles de educación e ingreso:

Las Tablas 2 y 3 muestran que las mujeres tienen una mayor probabilidad de reciclar que los hombres, y que las personas con niveles intermedio de ingreso tienen una mayor probabilidad de reciclar que las pertenecientes a clases extremas. Adicionalmente, se ve una relación casi directa

Tables 2 and 3 show that women are more likely to recycle than men, and people with intermediate income levels are more likely to recycle than people from the extremes of the income distribution. Additionally, there is an almost direct relationship between the level of education and the probability of recycling, i.e. the higher the level of education, the greater the probability of recycling.

Tabla 2.- Probabilidad de reciclar de un hombre usando el mejor modelo ML.

HOMBRE	Básica	Media	Superior incompleta	Superior completa	Postgrado
\$100.001 - \$150.000	54,4%	59,0%	62,9%	65,7%	68,2%
\$150.001 - \$200.000	62,2%	66,2%	70,2%	72,9%	75,0%
\$200.001 - \$300.000	61,1%	65,5%	69,2%	71,6%	73,7%
\$300.001 - \$500.000	62,4%	66,6%	70,1%	72,8%	74,9%
\$500.001 - \$1.000.000	60,1%	64,8%	68,2%	71,2%	73,2%
\$1.000.001 - \$2.500.000	57,5%	61,7%	65,4%	68,2%	70,8%
Más de \$2.500.000	52,7%	56,9%	61,1%	64,0%	66,3%

Tabla 3.- Probabilidad de reciclar de una mujer usando el mejor modelo ML.

MUJER	Básica	Media	Superior incompleta	Superior completa	Postgrado
\$100.001 - \$150.000	59,0%	63,2%	66,8%	69,6%	72,0%
\$150.001 - \$200.000	66,4%	70,4%	73,9%	76,0%	78,1%
\$200.001 - \$300.000	65,0%	69,0%	72,6%	75,1%	77,2%
\$300.001 - \$500.000	66,1%	70,1%	73,7%	76,0%	78,1%
\$500.001 - \$1.000.000	64,2%	68,4%	71,9%	74,4%	76,5%
\$1.000.001 - \$2.500.000	61,5%	65,7%	69,5%	72,2%	74,4%
Más de \$2.500.000	56,6%	61,3%	65,0%	67,8%	70,3%

entre el nivel de educación y la probabilidad de reciclar, es decir, a mayor nivel educacional siempre aumentan las probabilidades de reciclar.

4. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos coinciden con el análisis planteado por Díaz et al. (2004) en cuanto al nivel de educación, sexo y edad, lo que no ocurre con el nivel de ingreso. Por otro lado, las hipótesis iniciales solo se cumplen para el sexo y el nivel de educación. Con el modelo final se puede inferir que los residentes en un hogar de 4 integrantes, cuyo sostenedor tiene entre 18 y 34 años, tendrá una probabilidad de reciclar mayor al 50%, independiente de su nivel de educación e ingreso. Suponiendo que el caso base planteado representa

4. CONCLUSIONS

The results presented here are in good agreement with the analysis produced by Díaz et al. (2004) in terms of education level, gender and age, but not with respect to income level. Moreover, the initial hypotheses are only fulfilled for gender and educational level. Using the final model, it can be inferred that the residents of a 4-member household, whose primary income-earner is between 18 and 34 years old, will have a probability of recycling greater than 50%, independent of their level of education and income. If we assume that the base case represents a

una familia estándar chilena, se puede concluir entonces que más de la mitad de la población está preparada -o al menos concientizada- para evolucionar hacia una vida más ecológica.

Cabe destacar que, a pesar de obtener valores mayores al 50% en todos los casos, el nivel de educación e ingreso produce que estos varíen, mostrando que la clase media tiene mayor probabilidad de reciclar que las clases alta y baja. Por otro lado, el sexo del sostenedor del hogar también incide en la probabilidad de reciclaje, siendo esta última mayor en el caso de las mujeres. En consecuencia, efectivamente los factores socioeconómicos inciden en el comportamiento ecológico, y el modelo ML propuesto fue capaz de captar la manera en que lo hace cada uno de ellos. Tal información puede ser usada por un tomador de decisiones para implementar políticas públicas de manera correcta.

PRINCIPIO CIENTÍFICO

standard Chilean family, it can be concluded that more than half of the population is prepared - or at least aware - to evolve towards an eco-friendly lifestyle.

It should be noted that, despite obtaining probabilities greater than 50% in all cases, the level of education and income are important sources of variation, showing that the middle class is more likely to recycle than the upper and lower classes. On the other hand, the gender of the primary income-earner also affects the probability of recycling, which is greater in the case of women. In conclusion, socio-economic factors do indeed influence ecological behavior, and the proposed ML model was able to capture to what extent they may do so. This information can be used by decision makers to implement effective public policies.

GLOSARIO

FACTOR DE EXPANSIÓN: cantidad de personas en la población que representa una persona en la muestra.

MODELO DE ELECCIÓN DISCRETA: modelo que permite explicar la elección de una alternativa discreta a través de un conjunto de variables explicativas, estimando el impacto de cada una de éstas.

SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA: probabilidad de rechazar una hipótesis cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o "falso positivo").

GLOSSARY

EXPANSION FACTOR: number of people in the population that is represented by one person in the sample.

DISCRETE CHOICE MODEL: model that allows explaining the choice of a discrete alternative through a set of explanatory variables, estimating the impact of each one of them.

STATISTICAL SIGNIFICANCE: probability of rejecting a hypothesis when it is true (decision known as type I error, or "false positive").

Tanto MNL como ML son modelos de elección discreta basados en la Teoría de Utilidad Aleatoria, enfoque utilizado para modelar el comportamiento de individuos. Esta plantea que cada individuo q tiene i alternativas de elección, donde $i \in \{\text{recicla, no recicla}\}$. Cada opción le reportará una utilidad U_{iq} . Sin embargo, dado que el modelador no tiene información perfecta de las personas, se plantea una utilidad sistemática V_{iq} , y un error de manera ϵ_{iq} que capta la información omitida:

SCIENTIFIC PRINCIPLE

Both MNL and ML are discrete choice models based on Random Utility Theory, an approach used to model the behavior of individuals. It states that each individual q has i choice of alternatives, where $i \in \{\text{recycle, don't recycle}\}$. Each choice will yield a U_{iq} utility. However, since the modeler does not have perfect information about the individuals, a systematic V_{iq} utility is proposed, and an error ϵ_{iq} that captures the omitted information:

$$U_{iq} = V_{iq} + \epsilon_{iq} \quad (5)$$

Por otra parte, V_{iq} se modela así:

On the other hand, V_{iq} is modeled as:

$$V_{iq} = ASC_i + \sum_r \beta_{ir} \cdot Z_{rq} \quad (6)$$

Donde $r \in$ {sexo, integrantes, edad, ingreso, educación}. De esta manera, la teoría supone que el individuo escogerá la alternativa i si:

Where $r \in$ {gender, number of household members, age, income, education}. Thus, the theory assumes that the individual will choose the alternative i if:

$$U_{iq} \geq U_{jq} \quad (7)$$

$$V_{iq} + \varepsilon_{iq} \geq V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (8)$$

Luego, se plantea una probabilidad de elección P_{iq} , en la cual tanto MNL como ML asumen que $\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}$ distribuye Logística.

Then, a P_{iq} choice probability is posed, in which both MNL and ML assume that $\varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq}$ distributes logistic.

$$P_{iq} = \Pr \{ \varepsilon_{iq} - \varepsilon_{jq} \geq V_{jq} - V_{iq} \} \quad (9)$$

Bajo este contexto, mediante PythonBiogeme se estiman los parámetros β para obtener la probabilidad de elección de la muestra. En ese sentido, MNL asume que cada β es determinístico, mientras que ML permite que β distribuya Normal. Este último modelo posee un costo computacional elevado, puesto que requiere simular la distribución mediante Monte-Carlo a través de extracciones.

In this context, using PythonBiogeme, the parameters β are estimated to obtain the probability of choosing the sample. In that sense, MNL assumes that each β is deterministic, whereas ML allows β to follow a normal distribution. This last model has a high computational cost, since it requires simulating the Monte-Carlo distribution through extractions.

REFERENCES

- Cadem. (2014a). Informe Final. “Primera Encuesta Nacional de Medio Ambiente: Opiniones, Comportamiento y Preocupaciones”. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de: http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2015/05/Informe-Final-Primera-Encuesta-Nacional-de-Medio-Ambiente_Final.pdf
- Cadem. (2014b). Base de datos. “Primera Encuesta Nacional de Medio Ambiente: Opiniones, Comportamiento y Preocupaciones”. Ministerio del Medio Ambiente. Recuperado de: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/doc/BBDD-Primera-Encuesta-Nacional-Medio-Ambiente.xlsx>
- Díaz, G., Beerli, A. y Martín, J.D. (2004). El modelo de hábito de reciclado según el perfil sociodemográfico de los consumidores. Recuperado de: <http://www.epum2004.ua.es/aceptados/222.pdf>
- González-Torre, P., y Adenso-Díaz, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Waste management*, 25(1), 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.08.007>
- La Tercera. (2018). Gobierno prohibirá uso de bolsas plásticas en todo Chile. Recuperado de: <http://www.latercera.com/tendencias/noticia/gobierno-prohibira-uso-bolsas-plasticas-chile/146547/>
- Medina, M. (2017). Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. *Frontera Norte*, 11(21), 7-31.
- Ortúzar, J. de D. y Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport*. John Wiley & Sons.
- Refsgaard, K., y Magnussen, K. (2009). Household behavior and attitudes with respect to recycling food waste—experiences from focus groups. *Journal of Environmental management*, 90(2), 760-771. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.01.018>

EQUIPO DE INVESTIGADORES / RESEARCH TEAM



Carlos Céspedes Fernández	Víctor Gálvez Yanjarí	Sebastián Raveau Feliú
---------------------------------	-----------------------------	------------------------------