



Hacienda Pública Española / Revista de Economía Pública, 164-(1/2003): 29-47
© 2003, Instituto de Estudios Fiscales

Modelización semiparamétrica y validación teórica del método de valoración contingente. Aplicación de un algoritmo genético *

MARCOS ÁLVAREZ DÍAZ
MANUEL GONZÁLEZ GÓMEZ
Universidad de Vigo

Recibido: mayo, 2002
Aceptado: enero, 2003

Resumen

En este trabajo aplicamos una novedosa técnica capaz de modelizar y predecir la disposición a pagar de un visitante por mantener el actual nivel de protección de tres islas del Parque Nacional de las Illas Atlánticas de Galicia (en concreto, las conocidas como Islas Cíes). El procedimiento, denominado Algoritmo Genético o Evolutivo, está inspirado en la genética y en las teorías darwinianas de supervivencia y selección natural. Los resultados obtenidos se comparan con las técnicas tradicionales tanto en términos de porcentajes de aciertos como en términos de las variables finalmente seleccionadas.

Palabras Clave: método de valoración contingente, validez teórica, algoritmos genéticos.

Clasificación JEL: C14, Q26.

1. Introducción

El Método de Valoración Contingente (MVC), originalmente propuesto por Davis (1963), se ha convertido en la principal herramienta de valoración ambiental ante las limitaciones presentadas por aquellas otras técnicas basadas en la conducta de los agentes en el mercado (preferencias reveladas). El método ha sido aplicado para valorar numerosos y diversos bienes públicos ambientales como la calidad del agua, la existencia de especies silvestres, la conservación de espacios naturales, la preservación del paisaje y los daños ambientales (Carson *et al.*, 1995). En España, la mayoría de los estudios de valoración de bienes públicos realizados han empleado este método y, sobre todo, han abordado como objeto de análisis espacios naturales protegidos (Kriström y Riera, 1997; León, 1994).

* Agradecemos las sugerencias realizadas por dos evaluadores anónimos. El trabajo de campo ha sido financiado por la Universidad de Vigo y el Instituto de Estudios Económicos de Galicia (Fundación Pedro Barrié de La Maza). Versiones previas han sido presentadas en el IV Coloquio Hispano-Portugués de Estudios Rurales (Santiago, junio 2001), en la XXVII Reunión de Estudios Regionales (Madrid, noviembre 2001) y en el IX Encuentro de Economía Pública (Vigo, febrero 2002).

El MVC goza de reconocimiento oficial tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos existiendo, además, dos importantes guías prácticas sobre su aplicación (NOAA, 1993; Carson, 1999). Sin embargo, a pesar de su reconocimiento y de su empleo generalizado, constatado con numerosas aplicaciones empíricas,¹ el método sigue suscitando cierta controversia en torno a sus resultados.

Los aspectos estadísticos relacionados con la estimación de la disposición al pago y su validación han incrementado su importancia dentro de los trabajos de investigación en valoración contingente. En las últimas décadas se verifica un empleo generalizado de un formato de pregunta cerrado (close-ended format). Mientras que con la pregunta abierta era posible una estimación directa de la disposición al pago a partir de las respuestas de los entrevistados, con el formato cerrado es necesario utilizar un modelo estadístico-econométrico. Sin embargo, en este último caso, se reconoce la posibilidad de que la elección de un determinado modelo pudiera sesgar la disposición al pago obtenida (An, 2000). Simultáneamente, el modelo seleccionado también es utilizado para llevar a cabo una validación de los resultados obtenidos. Este proceso, denominado validez teórica o de constructo, permite comprobar el grado de consistencia y robustez de los resultados de valoración obtenidos respecto a las expectativas teóricas. Básicamente, el proceso de validación consiste en realizar una regresión econométrica entre la disposición al pago declarada y una serie de variables explicativas que, al menos teóricamente, se consideran determinantes. La validez de los resultados se juzga en función del cumplimiento de los signos esperados, de la significatividad estadística de los coeficientes estimados y de algún criterio de bondad de ajuste (por ejemplo R^2 o porcentaje de aciertos de signo). De esta forma, el planteamiento econométrico y, en concreto, el definir y descubrir una estructura funcional adecuada se presenta como una cuestión de suma relevancia en el proceso de validación de los resultados y estimación con pregunta cerrada.

De forma genérica, en el ámbito científico, las técnicas tradicionalmente empleadas para descubrir relaciones matemáticas entre variables empíricas observadas se pueden agrupar en tres aproximaciones alternativas: los métodos paramétricos, no-paramétricos y semiparamétricos (Bishop, 1995). Las estimaciones realizadas en los ejercicios de valoración contingente se caracterizan por emplear mayoritariamente una perspectiva paramétrica. Por tanto, se determina una forma funcional *a priori* con una serie de parámetros que son posteriormente estimados. Para el caso de aplicaciones con pregunta abierta se suele utilizar una regresión lineal y, para aquellas con pregunta cerrada o dicotómica, modelos de elección discreta (logit y probit). Sin embargo, como ha sido mencionado en la literatura, la elección discrecional de una determinada relación funcional puede originar efectos significativos sobre los resultados de valoración obtenidos a partir de una misma muestra (León, 1996; Hanemann y Kanninen, 1999). En definitiva, es posible que la rigidez en la modelización de las preferencias de los individuos mediante una perspectiva paramétrica pudiera sesgar los resultados del MVC. Para lograr una mayor flexibilidad funcional y, en consecuencia, evitar la posible existencia de sesgos, se han planteado diferentes métodos alternativos de estimación basados en una perspectiva no-paramétrica o semiparamétrica.

Los métodos no-paramétricos presentan la principal ventaja de no asumir *a priori* ninguna forma funcional inicial, permitiendo que la relación entre variables quede enteramente determinada por el conjunto de datos disponible. Sin embargo, a pesar de esta mayor flexibilidad funcional, las técnicas no-paramétricas se caracterizan por exigir un número elevado de observaciones, por mostrar una mayor complejidad analítica a medida que se incrementa el tamaño muestral y, además, por la imposibilidad de analizar la relevancia de las variables explicativas. Kriström (1990) propuso la incorporación de una estimación no-paramétrica al MVC aunque, debido a sus limitaciones, fue utilizada en muy pocas ocasiones (Hanemann y Kanninen, 1999).²

Durante las últimas dos décadas se han desarrollado en la literatura econométrica muchas y diferentes herramientas semiparamétricas para la estimación de modelos (Horowitz, 1998). Al igual que la perspectiva no-paramétrica, estas técnicas no asumen una única forma funcional pero, además, permiten incorporar con mayor facilidad variables explicativas (Cooper, 2002) y su complejidad no aumenta al incrementar el tamaño muestral. Por tanto, esta aproximación busca combinar las ventajas de los métodos paramétricos y no-paramétricos (Bishop, 1995). Sin embargo, su principal inconveniente se centra en una mayor complejidad analítica respecto a las tradicionales técnicas paramétricas. Su aplicación al ámbito específico de la Valoración Contingente ha sido escasa y basada, fundamentalmente, en modelos de razón de fallo proporcional dentro del análisis de duración (An, 2000) y en modelos con forma funcional de Fourier (Creel y Loomis, 1997).

Recientemente ha surgido en el ámbito de la informática una serie de procedimientos semiparamétricos de búsqueda funcional inspirados en la Genética y en las Teorías Darwinianas de Selección Natural y Supervivencia (Holland, 1992). Estos métodos, conocidos como Algoritmos Genéticos o Evolutivos (AG), ya han sido empleados satisfactoriamente en diferentes campos científicos, incluida la economía (Koza, 1992; Szpiro, 1997; Neely *et al.*, 1997; Allen y Karjalainen, 1999; Fyfe *et al.*, 1999; Kaboudan, 2000; Beenstock y Szpiro, 2002; Álvarez-Díaz y Álvarez, 2002). Esta intensa y creciente difusión de los AG se debe, fundamentalmente, a las ventajas que ofrecen: utilizan relativamente pocos datos;³ su empleo es sencillo y, sobre todo, no imponen ninguna restricción inicial de la forma funcional subyacente en los datos. Pero, además, al contrario de otros métodos semiparamétricos, el AG ofrece explícitamente una ecuación matemática permitiendo una sencilla interpretación *ad hoc* de los resultados. Sin embargo, frente a estas ventajas, estas técnicas suelen presentar el inconveniente de ser computacionalmente intensivas y, por otro lado, no es posible la realización de contrastes de hipótesis ni de intervalos de confianza.

En este trabajo utilizamos un AG, denominado DARWIN (Álvarez *et al.*, 2001), capaz de modelizar y predecir la disposición de un individuo a pagar una entrada por conservar el espacio natural de las Islas Cíes. El objetivo planteado en nuestra aplicación empírica es doble. Por una parte se comparan los resultados de modelización y predicción obtenidos con el AG (método semiparamétrico) con aquellos otros alcanzados por medio de los modelos Probit y Logit (métodos paramétricos). Esta comparación permitirá confirmar o rechazar la existencia de un sesgo motivado por la rigidez funcional de las técnicas paramétricas. Adicional-

mente, el trabajo presenta el interés de aplicar una novedosa herramienta de análisis desconocida en los ejercicios de valoración contingente.

El artículo se estructura en cinco secciones. Después de esta sección introductoria se explica el funcionamiento del algoritmo genético. En la tercera sección se describen las características del espacio a valorar y de la aplicación del MVC. A continuación se presentan los resultados obtenidos y, por último, se finaliza con una sección dedicada a conclusiones.

2. Aproximación semiparamétrica: aplicación de un algoritmo genético

Los algoritmos genéticos engloban toda una serie de procedimientos inspirados en la biología y, en concreto, en la genética y en la teoría de la evolución de las especies.⁴ A partir de la evolución de un conjunto aleatorio de posibles soluciones y mediante la aplicación de operadores basados en los conceptos de selección natural, supervivencia del individuo más fuerte y herencia genética, estos procedimientos informáticos permiten encontrar una solución óptima a un determinado problema.

En este trabajo se ha empleado el algoritmo genético DARWIN (Álvarez *et al.*, 2001) como herramienta analítica para modelizar, predecir y estimar la disposición de un visitante a pagar una entrada por mantener el nivel actual de protección del espacio natural de las Islas Cíes.⁵ Este AG permite obtener explícitamente una expresión matemática que permite relacionar de una forma óptima la variable dependiente Y_i (aceptación o rechazo a pagar una cantidad determinada por parte del visitante i) con una serie de variables independientes $X = \{X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}\}$ (cantidad propuesta y $k-1$ características socioeconómicas del visitante i). El algoritmo genético DARWIN obtiene la solución óptima en una serie de etapas.

En un primer paso genera de forma aleatoria una población inicial de N ecuaciones matemáticas susceptibles de representar adecuadamente la relación entre la variable dependiente y las variables independientes del modelo. Estas ecuaciones matemáticas se construyen por medio de una combinación aleatoria de operadores y argumentos de la forma

$$S_j = [(A \otimes B) \otimes (C \otimes D)] \quad \forall 1 \leq j \leq N \quad [1]$$

donde A , B , C y D son los argumentos (genes operandos), el símbolo \otimes representa los operadores matemáticos (genes operadores) y el subíndice j hace referencia a cada una de las N ecuaciones pertenecientes a la población inicial. Los argumentos considerados pueden ser números reales pertenecientes a un determinado intervalo (coeficientes de las ecuaciones) o bien variables independientes. Por su parte, los operadores matemáticos (\otimes) empleados serán la suma (+), resta (-), multiplicación (\cdot) y división (\div), este último operador estará protegido para evitar cocientes entre 0 o números muy pequeños. También cabe la posibilidad de incluir otros operadores matemáticos (como el logaritmo o los trigonométricos, por ejemplo), pero a costa de incrementar la complejidad en el proceso de optimización funcional.

En el segundo paso, una vez determinada la población inicial de candidatos, comienza el proceso evolutivo seleccionando aquellas ecuaciones que mejor se ajusten al problema o, en terminología técnica, que presenten una mayor fortaleza. Para este propósito, ha sido definido como criterio de fortaleza la Ratio de Aciertos de Signo (Success Ratio).

$$SR_j = \frac{\sum_{i=1}^M \theta[Y_i \cdot \hat{Y}_i > 0]}{M} \quad (\forall 1 \leq j \leq N), \quad [2]$$

siendo j la ecuación j -ésima perteneciente a la población inicial, $\theta(\cdot)$ la función Heaviside ($\theta(\cdot) = 1$ si $Y_i \cdot \hat{Y}_i > 0$ y $\theta(\cdot) = 0$ si $Y_i \cdot \hat{Y}_i < 0$), Y_i es el valor observado, \hat{Y}_i el valor predicho y M el número total de las observaciones muestrales destinadas a entrenar el AG. A continuación, todas las ecuaciones de la población inicial son clasificadas en orden decreciente según su SR_j . Las ecuaciones con valores muy pequeños de SR son eliminadas mientras que, por el contrario, las que posean un valor más elevado tendrán una mayor probabilidad de supervivencia constituyendo la base de la siguiente generación.

Las ecuaciones supervivientes al proceso de selección son empleadas para generar a las ecuaciones de una nueva generación de soluciones (Proceso de Reproducción). Para ello se les aplicarán los denominados operadores genéticos: Clonación, Cruzamiento y Mutación. Con la clonación las mejores ecuaciones son copiadas exactamente a la siguiente generación. Por su parte, con el operador cruzamiento se seleccionan parejas de ecuaciones con elevados valores de SR_j para intercambiar partes de sus argumentos y operadores matemáticos. Por último, la mutación implica el reemplazamiento aleatorio de algún operador o argumento en un porcentaje reducido de ecuaciones. Consideremos, por ejemplo, que las siguientes ecuaciones pertenecen a la población inicial

$$S_1: (A + B) / C$$

$$S_2: (D \cdot E) - G$$

donde A, B, C, D, E y G son los argumentos de las ecuaciones (coeficientes y variables independientes). Supongamos que ambas expresiones sobreviven al proceso de selección (presentan un elevado criterio de fortaleza) y se constituyen como base para la siguiente generación. El operador cruzamiento implica la selección aleatoria en cada ecuación de un bloque de operadores y argumentos y su posterior intercambio. A modo ilustrativo, supongamos que se ha seleccionado el bloque $(A + B)$ de la expresión S_1 y el bloque constituido por el argumento G de la expresión S_2 . Por medio de un intercambio de bloques se generan dos nuevas ecuaciones de la forma

$$S_3: G/C$$

$$S_4: (D \cdot E) - (A + B)$$

Como se puede observar, las nuevas ecuaciones heredan ciertas características de sus progenitores. Supongamos ahora que se ha seleccionado de nuevo la expresión S_1 para aplicar el operador genético mutación. Por tanto, a partir de S_1 se puede obtener la ecuación

$$S_5: (A \cdot B) / C$$

donde la mutación ha consistido en la alteración aleatoria de un operador matemático.

Para finalizar el ejemplo, sea S_2 una de las expresiones que presenta el mayor criterio de fortaleza. Para evitar un problema de involución, el algoritmo aplica el operador genético clonación y copia exactamente S_2 a la siguiente generación. De esta forma se garantiza que no se origine un empeoramiento generacional a medida que se desarrolla el proceso iterativo.

En definitiva, la nueva población generada a partir de la población inicial de ecuaciones estará constituida por ecuaciones clonadas (por ejemplo, S_2), mutadas (por ejemplo, S_5), o cruzadas (por ejemplo, S_3 y S_4). A partir de este momento el proceso evolucionará repitiendo los pasos de selección y reproducción de forma iterativa en busca de aquella expresión matemática que mayor SR presente. Después de un número determinado de generaciones del proceso, la iteración terminará y el AG ofrecerá explícitamente como resultado una ecuación matemática $S^*: F(X)$ que considere óptima.

3. Características del espacio natural analizado y del cuestionario empleado

El trabajo se centra en el análisis de tres islas (San Martiño, Faro y Monte Agudo) situadas en la entrada de la ría-bahía de Vigo. Tienen una extensión de 967 ha. de las cuales 454 ha. constituyen medio terrestre y pertenecen al «Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia», último declarado en España (Ley 15/2002, BOE de 2 de julio de 2002).

El Parque cuenta con infraestructuras que facilitan a los visitantes beneficiarse de las diversas singularidades naturales: senderos, rotulación sobre la localización de la flora, la fauna, las playas, los acantilados y sus características principales, un centro de interpretación de la naturaleza, instalaciones de camping y servicio de agua potable. Cada año recibe la visita de aproximadamente 150.000 personas que se concentran temporalmente en Semana Santa y en los meses de junio, julio, agosto y septiembre.⁶ No habiendo población residente significativa, la intensidad de las visitas supone una presión medioambiental que ha dado lugar a la implantación de limitaciones y regulaciones: determinación de zonas de acceso restringido, límite diario máximo de visitantes (2.000 personas y 800 campistas al día), normas de conducta, vigilancia y servicios que eviten daños sobre la vegetación, aguas, playas. Para el trayecto marítimo de 15 km, los visitantes utilizan mayoritariamente los servicios de transporte de la empresa concesionaria (94,8 por 100) frente a una minoría que emplean embarcaciones privadas.

La aplicación desarrollada en este trabajo pretende estimar con Valoración Contingente la disposición al pago de los visitantes por los beneficios que genera la intervención de la Administración Pública. Para este propósito, durante los meses de verano de 1998 se realizaron de forma aleatoria 595 entrevistas personales entre los visitantes.

Tabla 1
Residencia habitual y frecuencia y duración de la visita (en porcentaje de cada grupo)

Procedencia entrevistado	Frecuencia visita		Duración visita		
	1 vez	2 o más veces	1/2 día	1 día	2 o más días
Pontevedra	47	53	4	69	27
Resto de Galicia	84	16	7	69	24
Resto de España	96	4	29	65	6
Total	80	20	19	67	14

A partir de la información derivada de las encuestas, se pudo caracterizar a los visitantes del Parque. Por ejemplo, como se puede comprobar en la tabla 1, la frecuencia y duración de visita seguía una pauta marcada: para más del 80 por 100 de los entrevistados era su primera visita y tenía una duración de una jornada (67 por 100). Como se observa en la tabla 2, el perfil medio del visitante resultó ser el de una persona joven (el 65 por 100 tiene menos de 41 años), varón, sin grandes responsabilidades familiares (sólo el 25 por 100 tenía hijos), mayoritariamente ocupada (más del 76 por 100), con una distribución de los ingresos mensuales netos en torno a 130.000 ptas., con un nivel de estudios universitarios finalizados y con un importante grado de conciencia ambiental.

Más de la mitad (55 por 100) disponía de información previa sobre el parque y manifestaba una robusta demanda por conservar el patrimonio natural: el 65 por 100 consideraba que la ausencia de cualquier impacto ambiental de las islas era uno de los principales atractivos y el 60 por 100 destacaba el ambiente de tranquilidad. En este sentido, y a pesar de que la visita y el trabajo de campo de los entrevistadores se concentró en la época estival, llama la atención el hecho de que sólo un 38 por 100 declara como uno de los principales atractivos las playas.

En resumen, el perfil del visitante medio y de la visita se ajustaría así a la oferta de un recurso natural que no sólo combina atributos recreativos y paisajísticos sino que, además, presenta una rica biodiversidad y un ecosistema singular. Por este motivo nuestro objetivo se centra en estimar el valor de conservación del espacio natural.

La versión final del cuestionario utilizado constaba de tres partes.⁷ En la primera se preguntaba a los entrevistados sobre el uso real y potencial del Parque, en la segunda se planteaba el escenario de valoración diseñado para recoger la disposición al pago y, por último, con la tercera parte se obtenía información socioeconómica de los entrevistados.

Tabla 2
Características de la población entrevistada

	Total	Porcentaje
Hombres	350	58,8%
Mujeres	245	41,2%
< 18 años	6	1,0%
18-40	384	64,5%
41-65	188	31,6%
> 65	17	2,9%
Ningún niño en hogar	443	74,5%
1 niño	80	13,4%
2 niños	62	10,4%
> 2	10	1,7%
Estudios Primarios	101	7,0%
Estudios Secundarios	172	28,9%
Estudios Superiores	319	53,6%
Otros	31	0,5%
Estudiante	76	12,8%
Empleado	455	76,5%
Parado	33	5,5%
Jubilado	31	5,2%
Ingresos < 100.000 ptas.	202	34,0%
100.000-200.000 ptas.	256	43,0%
200.000-300.000 ptas.	79	13,2%
300.000-400.000 ptas.	21	3,6%
> 400.000 ptas.	15	2,5%
Sin datos	22	3,7%

El escenario de valoración se construyó a partir de monografías previas sobre el parque, información suministrada por su dirección y opiniones de expertos. De esta forma se pudo perfilar y definir los efectos que se originarían ante una hipotética ausencia de gestión pública sobre el estado de las islas (por ejemplo, derogación de las medidas de conservación, del suministro y cuidado de las infraestructuras recreativas y del control de las visitas). Para la descripción del escenario se ofreció a los entrevistados información de los aspectos más representativos del espacio natural (playas, flora, fauna) con la ayuda de un panel de fotografías especificando su estado de conservación actual y su localización en el Parque, y también se les pregunta por el uso que hacen de los mismos.

Una vez presentada la situación actual e hipotética suponiendo un cese en la gestión pública, se abordaba la obtención de la disposición al pago por mantener las características naturales y recreativas del parque. Se planteó al visitante la disyuntiva de asumir un deterioro ambiental o, por el contrario, contribuir a financiar los costes de la gestión al nivel actual por medio del pago de una entrada por jornada de visita.⁸ La disposición al pago obtenida a partir de estas respuestas intenta aproximar una medida de variación equivalente.

La pregunta de valoración propuesta en el escenario de valoración fue la siguiente:

De no encontrarse una alternativa, se puede ver en esta ilustración en qué se convertirían las islas sin los recursos que se le destinan actualmente. La situación llevaría a la acumulación de basuras en las playas y en otros espacios de las islas, falta de servicios de camping y mayor riesgo de incendios. El abandono de los programas de recuperación de flora y fauna acabaría con las aves y vegetación protegidas. Desaparecería la vigilancia de las normas de protección del espacio natural y llegaría la masificación y la edificación.

Ante esta disyuntiva, para garantizar la situación actual: ¿hubiese pagado Ud. —al margen del coste de transporte— una entrada diaria de A ptas. para acceder al parque teniendo bien presente que ya no dispondría de esos recursos para otros usos personales?»

La elección de una entrada como medio de pago se justifica por poseer una mayor credibilidad que un impuesto especial, recargo impositivo o contribución a un fondo. Además, la posibilidad de excluir a quienes no paguen la entrada presenta un elevado grado de verosimilitud y factibilidad debido al factor de insularidad del parque. Por otro lado, resulta un medio de pago conocido ya que a escasos 30 km. existe otro espacio panorámico mucho más frecuentado (Monte de Santa Tegra, con 400.000 visitas/año) en el que se exige el pago de una entrada. Emplear una entrada diaria frente a una sin especificar temporalmente presenta la ventaja de determinar claramente el número de veces que el visitante tendría que pagarla. De esta manera se evita que los visitantes de varios días tiendan a aceptar con mayor facilidad el pago de una entrada global para toda la visita.

Se utilizó el formato de pregunta dicotómico cerrado (Bishop y Heberlein, 1979) ya que, como afirma Kriström (1995), se asemeja mejor a las decisiones adoptadas en los mercados reales y, además, requiere un menor esfuerzo para contestar.⁹ Siguiendo a Hanemann y Kanninen (1999) establecemos los precios de partida realizando las encuestas en diferentes etapas. En primer lugar se realizan algunas entrevistas piloto con formato abierto para determinar el rango de valores. A partir de esta información se establecieron cuatro entradas de salida (300, 600, 900 y 1.200). A la hora de realizar las encuestas se detectó que el rango de valores no era lo suficientemente amplio pues las respuestas a los valores más altos eran casi todas positivas. Para corregir este problema se establecieron dos nuevas salidas adicionales de 2.000 y 3.000 ptas. De esta forma, los valores finalmente propuestos fueron 300, 600, 900, 1.200, 2.000 y 3.000 ptas. que se distribuyeron aleatoriamente entre los individuos de la muestra. Según el contraste de Kolmogoroff-Smirnov, la distribución de frecuencias observadas no fue significativamente distinta a la distribución uniforme confirmándose, de esta manera, que el diseño se concretó de forma óptima (Hanemann y Kanninen, 1999). Las frecuencias obtenidas para la muestra finalmente considerada se presentan en la tabla 3.

Con el objetivo de diferenciar las verdaderas respuestas «no» a la cantidad propuesta de aquellas otras consideradas como «protesta», se pedía a los entrevistados que explicasen el motivo de su respuesta negativa. En algunas respuestas los visitantes fundamentan su rechazo a la cantidad propuesta en que el dinero es malo (4 casos), no se creen el guión (13 casos) y no explicita ningún motivo que pueda ser aceptado como cero real (17 casos). También fueron descartadas seis observaciones correspondientes a personas nacidas después de 1980

Tabla 3
Frecuencias de las respuestas y precios propuestos

Precio propuesto a (ptas.)	Rrespuesta		Total	Porcentaje aceptación
	Sí	No		
300	57	9	66	86,36%
600	68	15	83	81,92%
900	47	19	66	71,21%
1.200	65	25	90	72,22%
2.000	30	40	70	42,85%
3.000	37	42	79	46,83%
Observaciones utilizadas en la estimación	304	150	454	76,3%
Observaciones «Cero Protesta»			34	5,7%
Observaciones población < 18 años			6	1%
Observaciones falta información variables			101	17%
TOTAL			595	

porque la muestra se limitó a mayores de edad, y 101 observaciones consideradas como incompletas (faltaba información de alguna de las variables).

La última parte del cuestionario tuvo como objetivo principal recoger información sobre el comportamiento medioambiental del entrevistado y su perfil socioeconómico. Esta información, junto con la obtenida en la primera parte, permiten explicar las decisiones de asignación de renta para la conservación.

4. Estimación de la DAP y validación de los resultados obtenidos. Comparación de los métodos

La muestra finalmente empleada en el análisis contiene un total de 454 observaciones. En la tabla 4 se presentan las variables objeto de análisis construidas a partir de la información proporcionada por las encuestas.

Para identificar posibles problemas de sobreparametrización del AG, se ha dividido la muestra disponible en dos subconjuntos: entrenamiento y validación. El subconjunto de entrenamiento, constituido por 300 observaciones seleccionadas aleatoriamente, está reservado para que el AG genere el proceso evolutivo y, en consecuencia, obtenga finalmente la ecuación considerada como solución al problema (S^*). Por su parte, el subconjunto de validación estaría integrado por las restantes 154 observaciones no empleadas en el proceso evolutivo. Para verificar la validez y consistencia de la expresión alcanzada por el AG es preciso que el SR obtenido tanto en el conjunto de entrenamiento como en el de validación sean similares y significativamente elevados. Si esta condición se verifica, entonces se demuestra la capaci-

Tabla 4
Variables empleadas en el análisis

DATA	<i>Aceptación Entrada Propuesta:</i> Variable dicotómica que recoge si el entrevistado acepta o no el precio propuesto. ^a
SI	
A	Propuesto en la Pregunta de Valoración
DTRANQ	<i>Dicotómica Tranquilidad:</i> Cuando el Principal Atractivo de la Visita es la Tranquilidad.
DLIMPIO	<i>Dicotómica Contaminación:</i> Si lo más Valorado por el Entrevistado es la Ausencia de Contaminación.
CINCO	<i>Número de visitas al Parque Natural en los últimos cinco años.</i>
DVERDE	<i>Índice de Conducta Ambiental</i> correspondiente a la suma de cinco variables dicotómicas sobre aspectos del comportamiento ambiental del entrevistado. ^b
EDAD	<i>Año de Nacimiento del Entrevistado</i> (normalizado).
DSENDE	<i>Dicotómica Senderismo:</i> Presenta el valor 1 si el principal atractivo declarado del Parque es el Senderismo.
DVIDA	<i>Dicotómica Vida:</i> Presenta el valor 1 si el principal atractivo declarado es observar la Naturaleza.
DPLAYA	<i>Dicotómica Playa:</i> Presenta el valor 1 si el principal atractivo declarado son las Playas.
DHIJO	<i>Dicotómica Hijo:</i> Presenta el valor 1 si el Entrevistado declara Tener Hijos.
DINFO	<i>Dicotómica Información:</i> Presenta el valor 1 si el Entrevistado recibió o ya disponía de información sobre el Parque Natural.
SEXO	<i>Dicotómica Sexo:</i> Presenta el valor 1 si el entrevistado es mujer.
DESTUD	<i>Dicotómica Educación:</i> Presenta el valor 1 si el entrevistado declara poseer estudios superiores al bachiller.
DOCUP	<i>Dicotómica Ocupación:</i> Presenta el valor 1 si el entrevistado declara estar laboralmente ocupado.
FUTURO	Dicotómica que Presenta el valor 1 si el entrevistado declara volver a visitar el Parque en un futuro.
DSAT	<i>Dicotómica Satisfacción:</i> Presenta el valor 1 si el entrevistado declara que su satisfacción de la visita ha sido alta o muy alta.
INC	<i>Renta equivalente imputada según OCDE.</i>

^a DATA y SI hacen referencia a la misma variable dependiente (aceptación del precio propuesto) aunque emplean diferente notación. Para los modelos paramétricos Logit y Probit, la variable dependiente (SI) adopta el valor 0 si se rechaza el precio propuesto y 1 si se acepta. En el caso del AG, para llevar a cabo el proceso de optimización en términos del SR, la variable dependiente (DATA) tomará el valor -1 si no se acepta el precio propuesto y 1 si se acepta.

^b Visita museos y casas de las ciencias, sigue documentales ambientales (TV y revistas), miembro organización ecologista, evita comprar productos nocivos para el medio ambiente, retorna materiales reciclables.

dad de la ecuación solución para generalizar nuevas observaciones y, por tanto, se constataría la no existencia de problemas de sobreparametrización.

Respecto a la parte técnica, DARWIN fue configurado para iterar el proceso evolutivo unas 5.000 veces. Además, la población en cada iteración estaba constituida por 120 ecua-

ciones con un número máximo de argumentos y operadores matemáticos igual a 16. En total, la simulación evolutiva desarrollada por el AG DARWIN ha generado y analizado 600.000 ecuaciones (120 ecuaciones \times 5.000 iteraciones).¹⁰

Una vez configurado DARWIN según los valores descritos en el párrafo anterior, la ecuación solución superviviente al proceso evolutivo ha sido

$$DATA = \left\{ SEXO + DVERDE - \left[\frac{A}{6,54 - 2,83 \cdot \left(DPLAYA + \frac{CINCO - EDAD}{CINCO} \right)} \right] \right\}, \quad (3)$$

presentando un porcentaje de aciertos del 74 por 100 para el conjunto total de datos. Como se puede observar, las variables supervivientes al proceso evolutivo han sido: SEXO, DVERDE, A, DPLAYA, CINCO y EDAD. Según el AG DARWIN, son éstas las variables que explican en mayor medida la decisión de los individuos a pagar una entrada por mantener el nivel actual de conservación del espacio natural de las Islas Cíes.

Los signos de las variables A y DVERDE sobre la variable dependiente (DATA) parecen estar de acuerdo con los efectos esperados *a priori*. De esta forma, el AG ha encontrado y especificado correctamente la relación negativa respecto al precio inicial propuesto (A) y la relación positiva con el comportamiento ambiental del individuo (DVERDE). Asimismo, podemos observar cómo los individuos más jóvenes y las mujeres presentan una mayor predisposición a aceptar la cantidad propuesta. Dada la elevada calidad de las playas de las islas sorprende el signo negativo de la variable DPLAYA. También es de destacar la ausencia en la ecuación de la variable INC (renta equivalente adulto).

La ratio de aciertos predictivos obtenidos en el conjunto de entrenamiento (74,6 por 100) y en el conjunto de datos reservados a validar el resultado (72,73 por 100) permite confirmar la ausencia de problemas de sobreparametrización. Además, para corroborar la validación y la capacidad predictiva del modelo en términos estadísticos, se ha aplicado un test no paramétrico propuesto por Pesaran y Timmermann (1992). Según este test, existen argumentos para rechazar significativamente la hipótesis de independencia entre la variable DATA y los valores predichos proporcionados por el modelo.

Tradicionalmente la forma empleada para estimar y modelizar la DAP esperada con datos dicotómicos es a través de un modelo Logit o Probit. En las tablas 5 y 6 se presentan los resultados obtenidos con los modelos Probit y Logit, respectivamente. Se ha empleado el método de selección de regresores «hacia atrás» descartando en cada paso aquella variable que no alcanzaba un nivel de significatividad del 10 por 100.

Como se puede observar, tanto el AG como los Modelos Probit y Logit presentan coincidencias que permiten intuir una cierta consistencia en los resultados de modelización. De esta forma, analizando los resultados de los diferentes métodos se confirmarían los efectos negativos de las variables A y DPLAYA y, por otro lado, los efectos positivos de DVERDE

Tabla 5
Resultados Modelo Probit

Variables	Coefficientes	Error estándar	P-valor
Constante	0,8185376	0,249979	0,001
A	-0,0471674	0,0069678	0,000
Cinco	-0,44	0,0425288	0,014
Dplaya	-0,324	0,1320586	0,009
Dverde	0,109	0,0519996	0,027
Sexo	0,275	0,1305263	0,027
Total observaciones		454	
Porcentaje de aciertos		72,02%	
Log-L		-253,48404	
Pseudo R ²		0,12	

Tabla 6
Resultados Modelo Logit

Variables	Coefficientes	Error estándar	P-valor
Constante	1,346807	0,4173937	0,001
A	-0,077896	0,0117892	0,000
Cinco	-0,1880935	0,0713023	0,008
Dplaya	-0,5529797	0,221457	0,013
Dverde	0,1975315	0,0869072	0,023
Sexo	0,4643871	0,2202988	0,035
Total observaciones		454	
Porcentaje de aciertos		72,24%	
Log-L		-253,55478	
Pseudo R ²		0,1197	

y SEXO. Tomando como base de comparación la capacidad predictiva (Preston y Ramchandani, 1995), el porcentaje de acierto obtenido es similar aunque sensiblemente superior en la expresión ofrecida por el AG (74 por 100 frente al 72,02 por 100 obtenido por el modelo Probit y el 72,24 por 100 del modelo Logit). En la tabla 7 se presentan de forma desagregada los aciertos y fallos obtenidos por los métodos.

La forma habitual de estimar la DAP es mediante un logit básico. Este modelo tiene como únicos regresores la cuantía A y una constante. Aunque está mal especificado produce estimaciones fiables de la DAP (Creel, 1998). El resultado obtenido es de 2.394 ptas. De hecho, con la forma más correcta de estimar la DAP esperada que es incluyendo otras variables explicativas además de la cuantía A (Hanemann y Kanninen, 1999) el resultado es de 2.387 ptas. Por su parte, el AG presenta un valor medio estimado de 1.619 ptas.¹¹ Las diferencias son habituales

en valoración contingente (Kriström, 1993; Mitchell y Carson, 1995; Kriström y Riera, 1997) y en concreto entre la estimación semiparamétrica y paramétrica (Cooper, 2002; An, 2000) o entre la paramétrica y la no paramétrica (Del Saz *et al.*, 1999). Por el escenario descrito en el apartado tercero del trabajo, el valor de conservación estimado recoge la diferencia entre la situación actual del parque nacional frente al deterioro especificado en el cuestionario. En este valor se incluye el disfrute directo e indirecto por parte de los visitantes. En segundo lugar también contiene la pérdida de valores de no uso al no conservarse en la misma situación para las generaciones presentes y futuras.

En nuestra aplicación esta divergencia entre las distintas perspectivas de análisis pudiera deberse, fundamentalmente, a dos factores. En primer lugar, la mayor capacidad predictiva del AG en el caso de rechazo del precio propuesto incidiría en una menor DAP estimada respecto a los métodos paramétricos. Como se puede apreciar en la tabla 7, el AG obtiene 82 aciertos de rechazo del precio propuesto de los 150 totales y el logit/probit únicamente 55. En segundo lugar, es muy probable que esta diferencia también esté causada por los efectos desiguales que generan los valores extremos o atípicos sobre los métodos propuestos. Como se observa en la tabla 3, las respuestas a las dos últimas cuantías son muy similares, e incluso mayor en la última. Esta situación, constatada en la literatura, implica que las medidas de bienestar estimadas por valoración contingente para bienes medioambientales tienden a tener una distribución asimétrica con una cola alargándose hacia la derecha. En esta situación, los resultados de la aplicación de métodos paramétricos presentan una mayor sensibilidad a los valores extremos (Cooper, 2002).

Tabla 7
Comparación porcentaje de aciertos

PROBIT	Perspectiva paramétrica				Perspectiva semiparamétrica						
	Valores predichos		LOGIT	Valores predichos		ALGORITMO GENÉTICO	Valores predichos				
	0	1		0	1		-1	1			
SI	0	55	95	SI	0	55	95	DATA	-1	82	68
	1	32	272		1	31	273		1	50	254
Aciertos	327		Aciertos	328		Aciertos	336				
Porcentaje	72,02%		Porcentaje	72,24%		Porcentaje	74%				

En resumen, el empleo del AG refleja unos resultados similares respecto a las técnicas más empleadas en los ejercicios de modelización cuando la variable dependiente es cualitativa (Modelos Probit y Logit). Esta similitud en términos de las variables finalmente seleccionadas y del porcentaje de aciertos permiten confirmar la validez teórica del MVC y la consistencia de la técnica semiparamétrica propuesta. Sin embargo, se observan ciertas diferencias en la estimación de la DAP.

Tabla 8
Estimación DAP

MÉTODO		DAP (ptas.)
APROXIMACIÓN SEMIPARAMÉTRICA	ALGORITMO GENÉTICO	1.619
APROXIMACIÓN PARAMÉTRICA	LOGIT BÁSICO	2.394
	LOGIT CON VARIABLES EXPLICATIVAS	2.387

5. Conclusión

En este trabajo se ha aplicado una técnica semiparamétrica basada en procedimientos informáticos (en concreto, un AG denominado DARWIN) con la intención de modelizar y estimar la disposición de un individuo a pagar una entrada por conservar el espacio natural de las Islas Cíes. Además de la modelización y estimación, el trabajo presenta el interés adicional de aplicar una aproximación semiparamétrica desconocida en los ejercicios de valoración contingente.

Los resultados alcanzados por el AG reflejan cómo los individuos más jóvenes, las mujeres y aquellos otros con un acentuado comportamiento ambiental tienen una mayor predisposición a aceptar el precio propuesto por conservar el espacio natural. Por el contrario, los individuos cuyo principal interés de la visita es disfrutar de las playas presentan mayores reticencias al pago. Resultados muy similares se han obtenido con las técnicas paramétricas comúnmente empleadas en Valoración Contingente cuando se utiliza un formato de pregunta dicotómico: Modelos Probit y Logit. La similitud se refleja tanto en las variables finalmente seleccionadas como factores determinantes de la disposición al pago (A, CINCO, DPLAYA, DVERDE y SEXO) como en el porcentaje de aciertos alcanzados (74 por 100 por parte del AG frente al 72 por 100 del Modelo Probit y el 72,24 por 100 del Modelo Logit). Esta similitud permite confirmar la robustez y consistencia de los resultados de valoración ya que empleando dos perspectivas de análisis diferentes se han obtenido resultados similares. La diferencia observada entre las disposiciones al pago estimadas están dentro del abanico de los resultados existentes en la literatura. A falta de posteriores investigaciones que analicen este aspecto, el origen de las mismas pudiera deberse a la mayor capacidad predictiva del AG en los casos de rechazo del precio propuesto y en la mayor sensibilidad de los métodos paramétricos a los valores atípicos.

Respecto a la aplicación de un AG al campo específico de Valoración Contingente se debe destacar, en primer lugar, su posible utilidad como método para verificar los resultados obtenidos con las estimaciones paramétricas tradicionales. En segundo lugar, una de sus principales ventajas radica en el menor número de observaciones requeridas. De esta forma, se disminuye considerablemente el coste de realizar estudios de valoración, se incrementa con ello el número de aplicaciones y, en consecuencia, se contribuye a la utilización de información de carácter económico en las decisiones que afectan a bienes públicos. Sin embargo, dadas las diferencias observadas al estimar la DAP adoptando distintas perspectivas, el ges-

tor no debería emplear exclusivamente los resultados del MVC como única base para la toma de sus decisiones. Por el contrario, debería considerarlo como un elemento más de juicio.

Frente a estas ventajas, los AG presentan una serie de limitaciones como el ser unos procedimientos computacionalmente intensivos y, además, no permitir la realización de contrastes de hipótesis ni de intervalos de confianza limitando la comparación de la disposición al pago estimada por esta técnica y los métodos tradicionales. Sin embargo, como afirma Mitchell (2001), el campo de los algoritmos genéticos, y de la computación evolutiva en general, es muy joven y muchos de sus problemas todavía permanecen en estudio.

Notas

1. En el estudio de Carson *et al.* (1995) se recogen más de dos mil estudios y artículos de valoración contingente.
2. Para el caso español, esta técnica ha sido empleada por algunos estudios, por ejemplo para estimar la Disposición a Pagar (DAP) por la remodelación urbanística de la fachada litoral de Valencia (Saz *et al.*, 1999; Saz y García, 2001).
3. Aunque dependiendo de la complejidad del problema, se ha llegado a afirmar que con «unas pocas docenas de observaciones» se pueden obtener buenos resultados (Szpiro, 1996).
4. La Teoría Evolutiva de Darwin considera que la Naturaleza, mediante un proceso continuo de selección natural, elimina a los individuos más débiles. Los supervivientes, por su parte, se cruzan y dan lugar a una nueva generación más fuerte ya que heredan de sus predecesores aquellos factores genéticos que más favorecen su adaptación al medio. Por medio de esta evolución gradual y continua, cada generación mejorará en términos adaptativos con respecto a las anteriores.
5. En su versión original, el AG DARWIN fue ideado para la predicción univariante de series temporales. El AG empleado en nuestro trabajo se basa en DARWIN aunque ha sido modificado, adaptándolo al análisis multivariante con datos de corte transversal que requería nuestra aplicación.
6. Suponen 230 jornadas/ha/año, muy por encima de la media de las 48 jornadas/ha/año de los parques nacionales españoles y de otros espacios naturales metropolitanos europeos (Bateman, 1996).
7. Previamente a la realización de la encuesta definitiva se utilizó un cuestionario piloto para comprobar su funcionamiento en general y, especialmente, para la parte relacionada con la aplicación del método de valoración contingente (sobre todo a la información visual suministrada y al medio de pago).
8. El deterioro ambiental se presenta en un panel de fotografías simétrico al mostrado en la situación actual. Al plantearle este escenario a los visitantes se incluyen tanto valores de uso como de no uso. Un deterioro del parque implica que no pueden disfrutar de una manera directa e indirecta de los elementos del mismo (flora, fauna, paisaje, playa) pero también puede significar una pérdida de utilidad asociada a los valores de no uso porque el espacio tampoco se conservará en su estado actual para las generaciones presentes y futuras.
9. El formato dicotómico se basa en ofrecer al entrevistado un precio y preguntarle si estaría dispuesto a pagarlo. Sin embargo, este tipo de formato presenta una serie de inconvenientes como sólo conocer si la DAP de los entrevistados es menor o mayor al precio propuesto y, por otro lado, la necesidad de emplear herramientas econométricas para obtener una estimación puntual de la DAP.
10. DARWIN permite cambios en su configuración. La elección de los valores seleccionados se basó en el trabajo de Álvarez *et al.* (2001) y en trabajos empíricos donde ya se empleó el AG (Álvarez-Díaz y Álvarez, 2002). Además, se modificaron los valores pudiéndose comprobar cómo los resultados se mantenían inalterados o empeoraban.
11. Considerando la ecuación (3) proporcionada por el AG, la DAP estimada corresponde a la cantidad que estaría dispuesta a aceptar el individuo representativo (promedio) de la muestra.

Referencias

- Allen, F. y R. Karjalainen (1999), "Using Genetic Algorithms to Find Technical Trading Rules", *Journal of Financial Economics*, 51: 245-271.
- Álvarez A., A. Orfila y J. Tintoré (2001), "DARWIN- an evolutionary Program for Nonlinear Modeling of Chaotic Time Series", *Computer Physics Communications*, 136: 334-349.
- Álvarez-Díaz, M. y A. Álvarez (2002), "Forecasting Exchange Rates Using Genetic Algorithms", *Applied Economic Letters*, in press.
- An, M. Y. (2000), "A Semiparametric Distribution for Willingness to Pay and Statistical Inference with Dichotomous Choice Contingent Valuation Data", *American Journal of Agricultural Economics*, 82: 487-500.
- Bateman, I. J. (1996), "Comparison of Forest Recreation, Timber and Carbon Fixing Values with Agriculture in Wales: a GIS/CBA Approach", Ph. Thesis, Department of Economics, University of Nottingham.
- Beenstock, M. y G. Szpiro (2002), "Specification Search in Nonlinear time-series Models using Genetic Algorithm", *Journal of Economic Dynamic & Control*, 26: 811-835.
- Bishop, C. M. (1995), *Neural Networks for pattern Recognition*, Oxford University Press.
- Bishop, R. C. y T. A. Heberlein (1979), "Measuring Values of Extra-Market Goods: Are Indirect Measures Biased?", *American Journal of Agricultural Economics*, 61: 926-930.
- Carson, R. T., J. L. Wright, N. J. Carson, A. Alberini y N. E. Flores (1995), "A Bibliography of Contingent Valuation Studies and Papers", *Natural Resource Damage Assessment Inc.*, San Diego.
- Carson, R. T. (1999), "Contingent Valuation: A User's Guide", *Discussion paper*, 99-26, University of California at San Diego.
- Cooper (2002), "Flexible Functional Form Estimation of Willingness to Pay Using Dichotomous Choice Data", *Journal of Environmental Economics and Management*, 43: 267-279.
- Creel, M. (1998), "A Note on Consistent Estimation of Mean WTP Using a Misspecified Logit Contingent Valuation Model", *Journal of Environmental Economics and Management*, 35 (3): 277-284.
- Creel, M. y J. B. Loomis (1997), "Semi-nonparametric Distribution-free Dichotomous Choice Contingent Valuation", *J. Environmental Economics and Management*, 32: 341-358.
- Davis, R. K. (1963), "Recreation Planning as an Economic Problem", *Natural Resources Journal*, 3: 239-249.
- Fyfe, C., J. P. Marney y H. F. E. Tarnert (1999), "Technical Analysis versus Market Efficiency- A Genetic Programming Approach", *Applied Financial Economics*, 9: 183-191.
- González, M., X. M. González, P. Polomé, A. Prada y M. X. Vázquez (2001), "Valoración del Patrimonio Natural. Instituto de Estudios Económicos de Galicia", *Serie Economía*, núm. 14, A Coruña.
- Hanemann, W. M. y B. Kanninen (1999), "The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data", en I. Bateman y K. Willis (eds.), *Valuing Environmental Preferences. Theory and Practice of the CVM in the US, EU and Developing Countries*, Oxford University Press.
- Holland, J. H. (1992), *Adaptation in natural and artificial systems*, Ann Arbor, The University of Michigan Press.

- Horowitz, J. (1998), *Semiparametric Methods in Econometrics*, New York: Springer.
- Kaboudan, M. A. (2000), "Genetic Programming Prediction of Stock Prices", *Computational Economics*, 16: 207-236.
- Kriström, B. (1990), "A Non-Parametric Approach to the Estimation of the Welfare Measures in Discrete Response Valuations Studies", *Land Economics*, 66: 135-139.
- Kriström, B. (1993), "Comparing Continuous and Discrete Contingent Valuation Questions", *Environmental and Resource Economics*, 3: 63-71.
- Kriström, B. (1995), *Theory and Applications of the Contingent Valuation Method*. Comunicación en el curso de "Economía Ambiental" de la UIMP, Barcelona.
- Kriström, B. y P. Riera (1997), "El Método de Valoración Contingente. Aplicación al Medio Rural Español", *Revista Española de Economía Agraria*, 179: 133-166.
- León, C. J. (1994): *La valoración Contingente del Paisaje de los Parques Naturales del Centro-Occidente de Gran Canaria*, Tesis Doctoral, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- León, C. J. (1996): "Comparing Dichotomous Choice Models Using Truncated Welfare Measures", *Journal of Forest Economics*, 2 (1): 31-53.
- Mitchell, M. (2001), "An Introduction to Genetic Algorithms", Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press.
- Neely, C., P. Weller y R. Dittmar (1997), "Is Technical Analysis in the Foreign Exchange Market Profitable? A Genetic Programming Approach", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 32 (4): 405-426.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (1993), "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation", *Federal Register*, January 11, S8 (10): 4602-4614.
- Pérez, L. y J. Barreiro (1997), "Efecto del formato de pregunta en la valoración de bienes públicos a través del método de valoración contingente", *Hacienda Pública Española*, 143: 107-119.
- Pesaran, M. H. y A. Timmermann (1992), "A Simple Nonparametric Test of Predictive Performance", *Journal of Business & Economic Statistics*, 10 (4): 461-465.
- Preston, E. y H. Ramchandani (1995), "Comparing Classification Accuracy of Neural Networks, Binary Logit Regression and Discriminant Analysis for Insolvency Prediction of Life Insurers", *Journal of Economics and Finance*, 19 (3): 1-18.
- Saz, S. Del, L. García y J. M. Palau (1999), *Los beneficios Sociales de la remodelación urbanística de la fachada litoral de Valencia: Un estudio de valoración contingente*, Madrid: Civitas.
- Saz, S. Del y L. García (2001), "Willingness to pay for environmental improvements in a large city: evidence from the spike model and from a non parametric approach", *Environmental and Resource Economics*, 20 (2): 103-112.
- Szpiro, G. (1996), "Forecasting Chaotic Time Series With Genetic Algorithm", *Physical Review E*, 55 (3): 2557-2568.
- Szpiro, G. (1997), "A search for hidden relationships: data mining with genetic algorithms", *Computational Economics*, 10: 267-277.

Abstract

In this work we employ a novel approach to model and predict the willingness to pay to maintain the current levels of protection in three islands of the Atlantic Islands National Park (Cíes Islands). This procedure, called Genetic or Evolutive Algorithm, is inspired on the genetic and the darwinian theories of natural evolution and survival. The results are compared both in terms of the success ratio achieved and in terms of the variables finally selected.

Keywords: contingent valuation method, theoretical validity, genetic algorithms.

JEL Classification: C14, Q26.

