

ECONOMÍA APLICADA • 11

Manuel González Gómez

y

Marcos Álvarez Díaz

Departamento de Economía Aplicada,
Universidad de Vigo

**UN ALGORITMO GENÉTICO VERSUS TECNICAS TRADICIONALES
PARA LA VALIDACION TEORICA EN VALORACIÓN CONTINGENTE**

CONSELLO EDITOR:

Xoaquín Álvarez Corbacho,
Economía Aplicada. UC;
Manel Antelo Suárez,
Fundamentos da Análise Económica. USC;
Juan J. Ares Fernández,
Fundamentos da Análise Económica. USC;
Xesús Leopoldo Balboa López,
Historia Contemporánea. USC;
Xosé Manuel Beiras Torrado,
Economía Aplicada. USC;
Joam Carmona Badía,
Historia e Institucións Económicas. USC;
Luis Castañón Llamas
Economía Aplicada. USC;
Xoaquín Fernández Leiceaga,
Economía Aplicada. USC;
Lourenzo Fernández Prieto,
Historia Contemporánea. USC;
Ignacio García Jurado,
Estatística e Investigación Operativa. USC;
Mª do Carmo García Negro,
Economía Aplicada. USC;
Xesús Giraldez Rivero,
Historia e Institucións Económicas. USC;
Wenceslao González Manteiga,
Estatística e Investigación Operativa. USC;
Manuel Jordán Rodríguez,
Economía Aplicada. USC;
Rubén C. Lois González,
Xeografía. USC;
Edelmiro López Iglesias,
Economía Aplicada. USC;
José A. López Taboada,
Historia e Institucións Económicas. USC;
Alberto Meixide Vecino,
Fundamentos da Análise Económica. USC;
Emilio Pérez Touriño,
Economía Aplicada. USC;
Miguel Pousa Hernández
Economía Aplicada. USC;
Albino Prada Blanco,
Economía Aplicada. UV;

Carlos Ricoy Riego,
Fundamentos da Análise Económica. USC;
José Mª da Rocha Álvarez,
Fundamentos da Análise Económica. UV;
Xavier Rojo Sánchez,
Economía Aplicada. USC;
José Santos Solla,
Xeografía. USC;
Juan Surís Regueiro,
Economía Aplicada. UV;
Manuel Varela Lafuente,
Economía Aplicada. UV;

COORDINADORES DA EDICIÓN:

- **Área de Análise Económica**
Juan J. Ares Fernández

- **Área de Economía Aplicada**
Manuel Jordán Rodríguez

- **Área de Historia**
Lourenzo Fernández Prieto

- **Área de Xeografía**
Rubén C. Lois González,

ENTIDADES COLABORADORAS

Fundación Caixa Galicia
Consello Económico e Social de Galicia
Fundación Feiraco
Instituto de Estudios Económicos de
Galicia Pedro Barrié de la Maza

Edita: Servizo de Publicacións da Universidade de Santiago de Compostela
ISSN: 1138 - 2686
D.L.G.: C-1689-97

UN ALGORITMO GENÉTICO VERSUS TECNICAS TRADICIONALES PARA LA VALIDACION TEORICA EN VALORACIÓN CONTINGENTE

Manuel González Gómez y Marcos Álvarez Díaz

Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Vigo

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 del Parque Natural de las Illas 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.

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 preservación del paisaje, los daños ambientales y, sobre todo, la estimación del valor de uso recreativo y de conservación de espacios naturales (Riera (1994), Pérez y Barreiro (1997), Pinto et al. (1998) y Del Saz et al. (1999)). En España, la mayoría de los estudios de valoración de bienes públicos realizados han empleado este método y, de forma generalizada, han abordado como objeto de estudio espacios naturales protegidos (Kriström y Riera (1997), Barberán et al. (1998), León (1994)).

La validación de los resultados obtenidos con el MVC se ha convertido en una de las cuestiones más relevantes en el debate científico sobre valoración ambiental. Se plantea el interrogante de si los individuos estarían realmente dispuestos a pagar las cantidades declaradas en el escenario hipotético presentado en el cuestionario. En la literatura, no obstante, se distingue entre diferentes conceptos de validez: Validez de Contenido, Validez de Criterio, Validez Convergente y Validez Teórica (Garrod y Willis (1999)).

La validez de contenido (content validity) es muy difícil de comprobar. Generalmente se pretende el cumplimiento de ciertas premisas en el cuestionario como pueden ser: el planteamiento de un escenario hipotético realista, la aportación de información detallada y comprensible del bien a valorar, el empleo de un instrumento de pago creíble o la incorporación de elementos que permita a los encuestados conocer la existencia de bienes sustitutivos y restricciones presupuestarias. La estrategia planteada consiste en considerar los resultados acumulados de aplicaciones anteriores y, fundamentalmente, seguir las recomendaciones propuestas por los principales investigadores.

Por medio de la validez de criterio (criterion validity) se comprueba la existencia del conocido como sesgo hipotético. Se verifica si las preguntas hipotéticas de valoración originan respuestas hipotéticas. De forma genérica, para contrastar la existencia de este sesgo se ha planteado si con bienes privados los resultados obtenidos con MVC se corresponden con el comportamiento de los individuos en el mercado real (Mitchell y Carson (1989)).

Con la validez convergente (convergent validity) se verifica si las medidas de bienestar obtenidas por MVC son semejantes a aquellas proporcionadas por otros métodos de valoración (Johansson (1987)).

Por último, con la validez teórica (theoretical validity) se analiza el grado de consistencia entre los resultados de valoración contingente y las expectativas teóricas. En la actualidad, en la mayoría de las aplicaciones de valoración contingente se emplea una regresión econométrica entre la disposición al pago

declarada y una serie de variables explicativas que, al menos teóricamente, se consideran determinantes. La validez 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). Por tanto, el planteamiento econométrico y, en concreto, el definir y descubrir una estructura funcional adecuada se presenta como una cuestión de suma relevancia a la hora de contrastar la validez teórica.

En el ámbito científico, las técnicas tradicionalmente empleadas para descubrir relaciones matemáticas entre variables empíricas observadas se pueden agrupar en 3 aproximaciones alternativas: los métodos paramétricos, no-paramétricos y semiparamétricos (Bishop (1995)). Las estimaciones realizadas en los ejercicios de valoración contingente emplean 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, los modelos logit-probit. Sin embargo, 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) y Hanemann y Kanninen (1999)).

Por su parte, los métodos no-paramétricos no asumen ninguna forma funcional inicial permitiendo que la relación entre variables quede enteramente determinada por el conjunto de datos disponible. A pesar de esta mayor flexibilidad, las técnicas no-paramétricas se caracterizan por exigir un número elevado de observaciones y por mostrar una mayor complejidad analítica a medida que se incrementa el tamaño muestral. 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)). Para el caso español, esta técnica ha sido empleada para estimar la Disposición a Pagar (DAP) por acceder al Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Barreiro et al. (1998)).

Tanto las opciones no-paramétricas como paramétricas no son consideradas plenamente satisfactorias por McFadden y Leonard (1993). En la tercera aproximación, los denominados métodos semiparamétricos, se agrupan aquellas técnicas que no se restringen a una única forma funcional y, además, la complejidad no aumenta al incrementar el tamaño muestral (Yuying (2000)). Por tanto, esta aproximación busca combinar las ventajas de los métodos paramétricos y no-paramétricos. Recientemente ha surgido en el ámbito semiparamétrico una serie de procedimientos de búsqueda funcional no-lineal inspirados en la Genética y en las Teorías Darwinianas de Selección Natural y Supervivencia (Holland (1992)). Estos métodos, conocidos como algoritmos genéticos o evolutivos, ya han sido empleados satisfactoriamente en ingeniería (Goldberg (1989)), química (Brodmeier et al. (1994)), acústica (Gerstoft (1995)) y economía (Szpiro (1997)). Esta difusión multidisciplinar de los AG se debe, fundamentalmente, a la multitud de ventajas que ofrecen: utilizan relativamente pocos datos, su empleo es sumamente sencillo y, sobre todo, no imponen ninguna restricción inicial de la forma funcional subyacente en los datos. Además, al contrario de otros métodos semiparamétricos (como las Redes Neuronales), el AG determina explícitamente una estructura funcional en forma analítica (ecuaciones matemáticas).

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 acceder al espacio natural de las Islas Cíes. Al margen del ejercicio de modelización y predicción, el trabajo presenta el interés adicional de aplicar una aproximación semiparamétrica desconocida en los ejercicios de valoración contingente. El trabajo se estructura en 3 secciones. En la primera de ellas se describen las características del espacio a valorar y de la aplicación del MVC. A continuación se explica el funcionamiento del algoritmo genético y se presentan los resultados obtenidos. Por último se finaliza con una sección dedicada a conclusiones.

2-. CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO NATURAL ANALIZADO Y DEL CUESTIONARIO EMPLEADO.

Tres islas (San Martiño, Faro y Monte Agudo) situadas en la entrada de la ría-bahía de Vigo configuran el Parque Nacional de las Islas Cíes (PNC), con una extensión de 967 ha de las cuales 454 ha constituyen medio terrestre. En este espacio natural anidan 11 especies de aves en riesgo de desaparición, tal y como aparece reflejado en el anexo I de la directiva de aves silvestres 79/409 de la Unión Europea. Está integrado en la lista de Zonas Importantes de Aves (Important Bird Areas)¹ que ha significado su declaración como zona de especial protección de aves (ZEPA). Está incluido en la propuesta de espacios para la Red Natura 2000 que el Estado Español ha presentado a la Comisión Europea.

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 visitas² que se concentran temporalmente en Semana Santa y en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. 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

¹ Elaborada conjuntamente por la Comisión Europea, el Consejo Internacional para la Protección de Aves y la Oficina Internacional para la Investigación de Humedales y Aves Acuáticas. Determina los espacios que deberían ser declarados de especial preservación para la protección de aves.

² Suponen 230 jornadas/ha/año, muy por encima de la media de las 48 jornadas/ha/año de los parques nacionales españoles (MMA, 1996:206) y de otros espacios naturales metropolitanos europeos (Bateman (1996), FAO(1986)).

utilizan mayoritariamente los servicios de transporte de la empresa concesionaria (94,8%) frente a una minoría que emplean embarcaciones privadas.

Durante los meses de verano de 1998 se realizaron 595 entrevistas personales. Los entrevistados fueron seleccionados aleatoriamente entre los visitantes del PNC. La versión final del cuestionario utilizado consta de tres partes³. En la primera se pregunta a los entrevistados sobre el uso real y potencial del Parque, en la segunda se plantea el escenario de valoración diseñado para recoger la disposición al pago y, por último, en la tercera parte se obtiene información socioeconómica de los entrevistados. En el cuadro 1 se presentan las variables construidas a partir del cuestionario que fueron empleadas como potencialmente explicativas de la Disposición a Pagar por acceder al espacio natural (DAP).

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 producirían ante la ausencia de gestión pública sobre el estado de las islas (por ejemplo, la ausencia de las medidas de conservación, del suministro de las infraestructuras recreativas y de la gestión de las visitas). Para la descripción del escenario se ofrece a los entrevistados información de los aspectos más representativos del espacio natural con la ayuda de un panel de fotografías especificando, al mismo tiempo, su localización en el Parque (aguas, playas, flora, fauna ...).

³ 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).

CUADRO 1: Variables Empleadas en el Análisis

DATA	Aceptación Entrada Propuesta: Variable Dicotómica que recoge si el entrevistado acepta o no el Precio Propuesto (DATA para el caso del AG tomará valores -1 y 1. SI para el caso del Modelo Probit tomará valores 0 y 1).
SI	
A	Importe Propuesto en la Pregunta de Valoración
DTRANQUI	Dicotómica Tranquilidad: Cuando el Principal Atractivo de la Visita es la Tranquilidad.
DLIMPIO	Dicotómica Contaminación: Si lo más Valorado por el Entrevistado es la Ausencia de Contaminación.
CINCO	Número de visitas al Parque Natural en los últimos 5 años.
DVERDE	Dicotómicas sobre Conducta Ambiental: Suma de 5 Variables Dicotómicas sobre aspectos del comportamiento ambiental del entrevistado.
EDAD	Año de Nacimiento del Entrevistado (normalizado).
DSENDE	Dicotómica Senderismo: Si el Principal Atractivo del Parque es el Senderismo.
DVIDA	Dicotómica Vida: Cuando el Principal Atractivo Declarado es Observar la Naturaleza.
DPLAYA	Dicotómica Playa: Si el Principal Atractivo son las Playas.
DHIJO	Dicotómica Hijo: Si el Entrevistado declara Tener Hijos.
DINFO	Dicotómica Información: Si Recibió o ya Disponía de Información sobre el Parque Natural.
SEXO	Dicotómica Sexo: Presenta el valor 1 si el entrevistado es mujer.
DESTUD	Dicotómica Educación: Toma el valor 1 si el entrevistado declara poseer estudios superiores al bachiller.
DOCUP	Dicotómica Ocupación: Si el Entrevistado está o no Ocupado
FUTURO	Dicotómica que Recoge la Intención del Entrevistado de Volver a Visitar el Parque en un Futuro.
DSAT	Dicotómica Satisfacción: Si la Satisfacción de la Visita ha sido Alta o Muy Alta.
INC	Renta equivalente imputada según OCDE.

Una vez presentada la situación actual se aborda la obtención de la disposición al pago por mantener las características naturales y recreativas del parque. Suponiendo un cese en la gestión pública se plantea al visitante la disyuntiva de asumir su 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 visita⁴. Este instrumento de pago presenta 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 cerrado (Bishop y Heberlein (1979))). Los precios de partida propuestos fueron de 300, 600, 900, 1.200, 2.000 y 3.000 Ptas. Las frecuencias obtenidas para la muestra finalmente considerada se presentan en el Cuadro 2.

⁴ El deterioro ambiental se presenta en un panel de fotografías simétrico al mostrado en la situación actual.

Cuadro 2: Frecuencias de las Respuestas y Precios Propuestos en la Pregunta de Valoración

Precio PropuestoA	Respuesta		Total	Porcentaje Aceptación
	SI	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%
TOTAL	304	150	454	

Siguiendo a Hanemann y Kanninen (1999) se realizó un diseño en etapas utilizando los resultados de las respuestas predecesoras para optimizar el diseño en las siguientes. Primero se utilizaron los resultados de la encuesta piloto para un diseño de cuatro entradas de salida (300, 600, 900 y 1.200) pero, a la hora de realizar las encuestas, se detectó que el rango de valores no era lo suficientemente amplio. Para corregir este problema se establecieron dos nuevas salidas adicionales de 2.000 y 3.000 Ptas. Las 6 entradas propuestas anteriores se distribuyen aleatoriamente entre los individuos de la muestra. Según el contraste de Kolmogoroff-Smirnov, la distribución de frecuencias observadas no es significativamente distinta a la distribución uniforme pudiéndose afirmar que el diseño se concretó de forma óptima (Hanemann y Kanninen (1999)). 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 base a los motivos argumentados se rechazaron algunas observaciones.

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

De la información recogida se deriva que la frecuencia de visita y el número de permanencia en el PNC sigue una pauta marcada: para más del 80% de los entrevistados era su primera visita y tenía una duración de una jornada. El perfil medio del visitante resultó ser el de una persona joven (el 57% tiene menos de 34 años), varón, sin grandes responsabilidades familiares (sólo el 25% tiene hijos), mayoritariamente ocupada (más del 70%), con una distribución de los ingresos mensuales en torno a las 130.000 Ptas., con un nivel de estudios medios finalizados y con un importante grado de conciencia ambiental (el 63% tiene un valor mayor o igual a 4 en el índice verde).

Más de la mitad (55%) disponía de información previa sobre el parque y manifiesta una robusta demanda para conservar el patrimonio natural: el 60% manifiesta que el ambiente de tranquilidad de las islas es el principal atractivo y el 65% la ausencia de cualquier impacto ambiental⁵. En este sentido, 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% declara que el principal atractivo del PNC sean sus playas. 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 ecosistemas singulares. Por este motivo nuestro objetivo se centra en estimar el valor de conservación del espacio natural.

⁵ Para una submuestra de residentes en Pontevedra de forma representativa entre visitantes y no visitantes, se comprobó cómo la probabilidad de ser visitante se asocia a valorar la tranquilidad y la ausencia de contaminación.

3-. APROXIMACIÓN SEMIPARAMÉTRICA: APLICACIÓN DE UN ALGORITMO GENÉTICO

3.1-. Funcionamiento

En este trabajo utilizamos un AG, denominado DARWIN (Álvarez A. et al. 2001), como herramienta analítica para modelizar, predecir y estimar la disposición de un individuo a pagar una entrada por acceder al espacio natural de las Islas Cíes. Este AG permite obtener explícitamente una expresión matemática no-lineal que relaciona la variable dependiente Y_i (Decisión al Pago del individuo i) con una serie de variables independientes $X = \{X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}\}$ (k -características socioeconómicas del individuo i). Su funcionamiento se basa en la simulación en un ordenador del proceso evolutivo observado en la Naturaleza y puede ser explicado por medio de una serie de pasos iterativos.

Para empezar, en el primer paso se genera de forma aleatoria una población inicial de N ecuaciones matemáticas (cromosomas) por medio de una sencilla combinación aleatoria de operadores y operandos de la forma

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

en donde A , B , C y D son los argumentos (genes operandos) y el símbolo \otimes representa a los operadores matemáticos (genes operadores). Los argumentos considerados pueden ser números reales pertenecientes a un 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, comienza el proceso evolutivo seleccionando aquellas ecuaciones que presentan una mayor fortaleza. Para este propósito se ha determinado un criterio de fortaleza definido como

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

en donde SR_j es el ratio de aciertos de signo (Success Ratio) presentado por la ecuación j-ésima ($\forall 1 \leq j \leq N$), $\theta(\cdot)$ es 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 es 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 aniquiladas 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 serán empleadas para generar a los individuos de una nueva generación (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.

En definitiva, la nueva población generada a partir de la población inicial estará constituida por individuos clonados, mutados o cruzados. 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 $Y = F(X)$ que considere óptima.

3.2 Datos y Parámetros del AG

La muestra finalmente empleada contiene 454 observaciones una vez descartadas aquellas observaciones incompletas. En la tabla 1 se presentan las variables objeto de análisis construidas a partir de la información derivada de las encuestas.

Para identificar posibles problemas de sobreparametrización se han reservado 154 observaciones para confirmar la validez y consistencia predictiva de la solución final proporcionada por el AG. 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 individuos (ecuaciones) con un número máximo de caracteres (argumentos y operadores) $nt=16$. En total DARWIN ha generado y analizado 600.000 ecuaciones (120 individuos \times 5.000 iteraciones).

3.3 Resultados y Comparación

Una vez configurado DARWIN según los parámetros descritos en el apartado anterior, la expresión matemática finalmente alcanzada 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% para el conjunto total de datos. Como se puede observar, las variables supervivientes al proceso evolutivo han

sido: SEXO, DVERDE, A, DPLAYA y CINCO. Según DARWIN, son estas las variables que explican en mayor medida la decisión de los individuos a pagar una entrada por acceder al 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). Podemos observar cómo los individuos más jóvenes y las mujeres presentan una mayor predisponibilidad a aceptar la cantidad propuesta. En cambio, más sorprendente parece el efecto negativo de la variable DPLAYA conociendo la calidad de las playas de las islas y también la ausencia en la ecuación de la variable INC (renta equivalente adulto).

El ratio de aciertos predictivos obtenidos en el conjunto de datos reservados a validar el resultado (72,73%) permite confirmar la ausencia de problemas de sobreparametrización. Además, para corroborar la validación y la capacidad predictiva del modelo, se ha aplicado un test no paramétrico propuesto por Pesaran y Timmermann (1992). Según este test, existen argumentos estadísticos para rechazar 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 el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos con el modelo Probit. Se ha empleado el método de selección de regresores “*hacia atrás*” descartando en cada paso aquella variable que no alcanza un nivel de significatividad del 10%.

Cuadro 3: Resultados Modelo Probit

Variable	Coefficiente	P-valor
CONSTANTE	0,8185376	0,001
A	-0,0471674	0,000
CINCO	-0,44	0,014
DPLAYA	-0,324	0,009
DVERDE	0,109	0,027
SEXO	0,275	0,027
Porcentaje de Aciertos	72,02%	

Como se puede observar, tanto el AG como el Modelo Probit presentan coincidencias que permiten intuir una cierta consistencia en los resultados de modelización. De esta forma, analizando los resultados de ambos métodos se confirmaría los efectos negativos de las variables A y DPLAYA sobre el regresando y, por otro lado, los efectos positivos de DVERDE y SEXO. Tomando como base de comparación la capacidad predictiva (Preston et al. (1995)), el porcentaje de aciertos obtenido es similar aunque sensiblemente superior en la expresión ofrecida por el AG (74% frente al 72,02% obtenido por el modelo Probit). En el cuadro 4 se presenta de forma desagregada los aciertos y fallos obtenidos por ambos métodos. Cabe destacar la mayor capacidad predictiva del AG en los casos de rechazo del precio propuesto (82 aciertos obtenidos por el Ag frente a los 55 del Probit).

Cuadro 4: Comparación Porcentaje de Aciertos

PROBIT		Valores Predichos		AG		Valores Predichos	
		0	1			-1	1
SI	0	55	95	DATA	-1	82	68
	1	32	272		1	50	254
Aciertos		327		Aciertos		336	
Porcentaje		72,02%		Porcentaje		74%	

A la hora de estimar la DAP existe una cierta divergencia entre el valor proporcionado por el AG y por el Probit. Siguiendo a Hanemann y Kanninen (1999) y Creel (1998), con el Modelo Probit se ha obtenido una estimación de la DAP de 2.393 Ptas mientras que el método semiparamétrico empleado permite estimar un valor medio de 1.619 Ptas.

Cuadro 5: Estimación DAP

Método		DAP (Ptas.)
Aproximación Semiparamétrica	AG	1.619
Aproximación Paramétrica	PROBIT	2.393

En resumen, el empleo del AG refleja unos resultados similares respecto a la técnica más empleada en los ejercicios de modelización cuando la variable dependiente es cualitativa (Modelo probit). Esta similitud permitiría afirmar la robustez y consistencia de la técnica semiparamétrica propuesta así como confirmar la validez teórica del MVC.

4-. CONCLUSIÓN

En este trabajo se ha aplicado una técnica semiparamétrica (en concreto, un AG denominado DARWIN) con la intención de modelizar y predecir la disposición de un individuo a pagar una entrada por acceder al espacio natural de las Islas Cíes. Además de la modelización y predicción, 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 como los individuos más jóvenes, las mujeres y aquellos otros con un acentuado comportamiento ambiental tienen una mayor predisposición a aceptar el precio propuesto por entrar al 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 la técnica comúnmente empleada en Valoración Contingente: el Modelo Probit. La similitud se refleja tanto en las variables finalmente seleccionadas y sus efectos sobre el regresando (A, CINCO, DPLAYA, DVERDE y SEXO) como en el porcentaje de aciertos alcanzados (74% por parte del AG frente al 72% del Modelo Probit). En cambio, existen ciertas divergencias a la hora de estimar la Disposición al Pago (1.619 Ptas. y 2.393 Ptas para el AG y Probit, respectivamente).

En conclusión, la realización de este trabajo ha permitido verificar 2 aspectos interesantes. Respecto al primero, se puede confirmar la robustez y consistencia de los resultados de valoración ya que aplicando 2 técnicas diferentes se han obtenido resultados similares. En cuanto al segundo aspecto, se constata la posibilidad de aplicar técnicas semiparamétricas en los ejercicios

de modelización y predicción de la DAP. Esta técnicas y, en particular, el AG presentan ciertas ventajas frente a las tradicionales aproximaciones paramétricas (como Probit, por ejemplo). Por un lado no se impone ninguna determinada forma funcional a priori. Por otro lado, sólo exigen “unas pocas docenas de observaciones” para obtener unos buenos resultados (Szpiro (1996)). Frente a estas ventajas, las técnicas semiparamétricas suelen presentar el inconveniente de ser computacionalmente intensivas y, para el caso concreto del AG, no es posible la realización de contrastes de hipótesis ni de intervalos de confianza.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ A., ORFILA A. AND TINTORE J. (2001): "DARWIN- an evolutionary program for nonlinear modeling of chaotic time series" Computer Physics Communications, in press.

BARBERÁN R., BARREIRO J., DEL SAZ S. Y PÉREZ L. (1998): "Beneficios y Costes Sociales de los ENPS". Seminario ESPARC, Villaviciosa.

BARREIRO J., DEL SAZ, S. Y PÉREZ L. (1998): "Modelización No Paramétrica de Preguntas Dicotómicas en Valoración Contingente". 3rd Seminar on Environmental and Resource Economics. Departamento de Economía, Universidad de Gerona.

BATEMAN I. J. (1996): "A Comparison of Forest Recreation, Timber and Carbon Fixing Values with Agriculture in Wales: a GIS/CBA Approach" Ph. D. Thesis, Nottingham University.

BISHOP C. M.(1995): "Neural Networks for pattern Recognition, Oxford University Press.

BISHOP R. C. AND HEBERLEIN (1979): "Measuring Values of Extra-Market Goods: Are Indirect Measures Biased?" American Journal of Agricultural Economics, 61, 926-930.

BRODMEIER T. AND PRETSCH J. (1994): J. Comput. Chem. 15, 588.

CREEL M. (1998): "A Note on Consistent Estimation of Mean WTP Using a Misspecified Logit Contingent Valuation Model" Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 35, n°3, 277-284.

DAVIS R. K. (1963): "Recreation Planning as an Economic Problem" Natural Resources Journal, 3, 239-249.

DEL SAZ S, GARCÍA L Y PALAU J.M. (1999): "Los beneficios Sociales de la Remodelación Urbanística de la Fachada Litoral de Valencia: Un Estudio de valoración Contingente.

FAO (1986): Les Ressources Forestières de la Région de la CEE (153-211). New York.

GARROD G. AND WILLIS K.G. (1999): Economic Valuation of the Environment. Edward Elgar

GERSTOFT P. (1995) Journal Acoustic Soc. Am. 97

GOLDBERG D. E. (1989): Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley.

HANEMANN W. M. (1991): "Willingness to Pay and Willingness to Accept: How much can they differ?" American Economic Review, 81, 635-647.

HANEMANN Y KANNINEN (1999): "The Statistical Analysis of Discrete-Response CV Data" en Bateman I. And Willis K. (eds.) Valuing Environmental Preferences. Theory and Practice.

HOLLAND J. H. (1992): Adaptation in natural and artificial systems, Ann Arbor. The University of Michigan Press.

JOHANSSON P. O. (1987): The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits. Cambridge University Press.

KRISTRÖM B. (1990): "Valuing Environmental Benefits Using the CVM", Journal of Economics Perspectives, 8/4.

KRISTRÖM B. AND RIERA P. (1997): "El Método de Valoración Contingente. Aplicación al Medio Rural Español". Revista Española de Economía Agraria, vol. 179, 133-166.

LEÓN C. J. (1996): "Comparing Dichotomous Choice Models Using Truncated Welfare Measures", *Journal of Forest Economics*. Vol. 2(1), 31-53.

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.

McFADDEN D. AND LEONARD (1993): "Issues in the Contingent Valuation of Environmental Goods: Methodologies for Data Collection and Analysis", en *Contingent Valuation: A Critical Assessment*, Hausman ed., 165-208. North-Holland. Amsterdam

MITCHELL R. C. AND CARSON R. (1989): "Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method, *Resources for the Future*", Washington.

PÉREZ Y 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. AND TIMMERMANN A. (1992): "A Simple Nonparametric Test of Predictive Performance". *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol. 10, No. 4, 461-465.

PINTO J.L., SÁNCHEZ F. Y ROVIRA J. (1998): "Medición de los Beneficios Intangibles de un Tratamiento Médico a Través de la Valoración Contingente". *Hacienda Pública Española* 147, 171-182.

PRESTON E. AND RAMCHANDANI H. (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.

RIERA P. (1994): Manual de Valoración Contingente. Instituto de Estudios Fiscales. Madrid.

SZPIRO (1996): "Forecasting Chaotic Time Series with Genetic Algorithm", Physical Review E, Vol. 55, No.3 (2557-2568).

SZPIRO (1997): "A search for hidden relationships: data mining with genetic algorithms", Comp. Econ., 10, 267-277.

YUYING AN M. (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.

DOCUMENTOS DE TRABAJO XA PUBLICADOS

ÁREA DE ANÁLISE ECONÓMICA:

1. *Experimentación y estructura de mercado en la relación de licencia de patentes no drásticas. El caso de información simétrica.* (Manuel Antelo Suárez).
2. *Experimentación y estructura de mercado en la relación de licencia de patentes no drásticas. El caso de información asimétrica.* (Manuel Antelo Suárez).
3. *Modelos empíricos de oligopolio: una revisión.* (María Consuelo Pazó Martínez).
4. *El Análisis económico de los procesos de urbanización.* (Olga Alonso Villar).
5. *Optimal Tariffs When Production is fixed.* (José Méndez Naya; Luciano Méndez Naya).
6. *Reglas de clasificación discriminante: aplicación a la vivienda.* (Raquel Arévalo Tomé).
7. *Estructura demográfica y sistemas de pensiones. Un análisis de equilibrio general aplicado a la economía española.* (María Montero Muñoz).
8. *Spatial distribution of production and education.* (Olga Alonso-Villar).
9. *Diferencias salariales y comportamiento no competitivo en el mercado de trabajo en la industria española.* (Víctor Manuel Montuenga, Andrés E. Romeu Santana, Melchor Fernández Fernández).
10. *GPs' Payment Contracts and their Referral Policy.* (Begoña García Mariñoso e Izabela Jelovac).
11. *Una nueva matriz de contabilidad social para España: la SAM-90.* (Melchor Fernández e Clemente Polo).
12. *Money and Business Cycle in a Small Open Economy.* (Eduardo L. Giménez e José María Martín-Moreno).
13. *Endogenous Growth With Technological Change: A Model Based On R&D Expenditure.* (M^o Jesús Freire-Serén).
14. *Productive Public Spending in a Balassa-Samuelson Model of Dual Inflation.* (Jóse María Martín-Moreno e Jorge Blázquez).
15. *Efficient Allocation of Land between Productive Use and Recreational Use.* (Eduardo L. Giménez, Manuel González Gómez).
16. *Funcional Forms, Sampling Considerations and Estimation of Demand for Protected Natural Areas: The Cíes Islands Case Study in Galicia (Spain).* (Manuel González Gómez, Philippe Polomé e Albino Prada Blanco).
17. *Innovación e Comercio: Estimación dun Modelo Dinámico de Datos de Panel con Coeficientes Heteroxéneos.* (Xulia Guntín Araujo).
18. *Disparidades regionales en la tasa de paro: el papel del mecanismo de determinación salarial.* (Roberto Bande e Melchor Fernández, Víctor M. Montuenga).
19. *Restructuring or delegating: which is better?* (Manel Antelo, and Lluís Bru)

ÁREA DE ECONOMÍA APLICADA:

1. *Economía de Mercado e Autoxestión: Sociedades Anónimas Laborais do Sector Industrial en Galicia.* (Xosé Henrique Vázquez Vicente).
2. *Fecundidade e Actividade en Galicia, 1970-1993.* (Xoaquín Fernández Leiceaga).
3. *La reforma de la financiación autonómica y su incidencia en Galicia.* (Xoaquín Álvarez Corbacho).
4. *A industria conserveira: Análise económica dunha industria estratéxica en Galicia. 1996.* (José Ramón García González).
5. *A contabilización física dos fluxos de enerxía e materiais.* (Xoan Ramón Doldán García).
6. *Indicadores económico-financieros estratificados do sector industrial conserveiro en Galicia. 1993-1996.* (José Ramón García González).
7. *A desigualdade relativa na distribución persoal da renda en Galicia. Análise cuantitativa a partir dos datos da EPF 90/91.* (Ángela Troitiño Cobas).
8. *O benestar-renda en Galicia. Análise cuantitativa a partir dos datos da EPF 90/91.* (Ángela Troitiño Cobas).
9. *El fraccionamiento del periodo impositivo en el IRPF Español y la decisión temporal de casarse.* (Jaime Alonso, Xose C. Álvarez, Xose M. González e Daniel Miles).
10. *Análise dos inputs intermedios, primarios e da formación bruta de capital fixo no sector miticola galego.* (Gonzalo Rodríguez Rodríguez).
11. *Un algoritmo genético versus técnicas tradicionales para la validación teórica en valoración contingente.* (Manuel González Gómez y Marcos Álvarez Díaz).

ÁREA DE HISTORIA:

1. *Aproximación ao crédito na Galiza do S. XIX. Os casos da terra de Santiago e da Ulla.* (Francisco Xabier Meilán Arroyo).
2. *Aspectos do comercio contemporáneo entre España e Portugal.* (Carmen Espido Bello).
3. *Pensamento económico e agrarismo na primeira metade do século XX.* (Miguel Cabo Villaverde).
4. *Civilizar o corpo e modernizar a vida: ximnasia, sport e mentalidade burguesa na fin dun século. Galicia 1875-1900.* (Andrés Domínguez Almansa).
5. *Las élites parlamentarias de Galicia (1977-1996).* (Guillermo Márquez Cruz).
6. *Perfil do propietario innovador na Galicia do século XIX. Historia dun desencontro.* (Xosé R. Veiga Alonso).
7. *Os atrancos do sector pecuario galego no contexto da construción do mercado interior español, 1900-1921.* (Antonio Bernárdez Sobreira).
8. *Los estudios electorales en Galicia: Una revisión bibliográfica (1876-1997).* (Ignacio Lago Peñas).
9. *Control social y proyectos políticos en una sociedad rural.* Carballo, 1880-1936. (Silvia Riego Rama).
10. *As Primeiras Eleccións do Estatuto Real na Provincia de Lugo.* (Prudencio Vivero Mogo).
11. *Galicia nos tempos de medo e fame: autarquía, sociedade e mercado negro no primeiro franquismo, 1936-1959.* (Raúl Soutelo Vázquez).
12. *Organización e mobilización dos traballadores durante o franquismo. A folga xeral de Vigo do ano 1972.* (Mario Domínguez Cabaleiro, José Gómez Alén, Pedro Lago Peñas, Víctor Santidrián Arias).
13. *En torno ó elduayenismo: reflexións sobre a política clientelista na provincia de Pontevedra. 1856-1879.* (Felipe Castro Pérez).

ÁREA DE XEOGRAFÍA:

1. *A industria da lousa.* (Xosé Antón Rodríguez González; Xosé Mª San Román Rodríguez).
2. *O avellentamento demográfico en Galicia e as súas consecuencias.* (Jesús M. González Pérez; José Somoza Medina).
3. *Estructura urbana da cidade da Coruña, os barrios residenciais: o espacio obxectivo e a súa visión a través da prensa diaria.* (Mª José Piñeira Mantión; Luis Alfonso Escudero Gómez).
4. *As vilas e a organización do espacio en Galicia.* (Román Rodríguez González).
5. *O comercio nas cabeceiras do interior de Galicia.* (Alejandro López González).
6. *A mortalidade infantil no noroeste portugués nos finais do século XX.* (Paula Cristina Almeida Remoaldo).
7. *O casco histórico de Santiago de Compostela, características demográficas e morfolóxicas.* (José Antonio Aldrey Vázquez; José Formigo Couceiro).
8. *Mobilidad e planificación urbana en Santiago de Compostela: cara a un sistema de transportes sustentable.* (Miguel Pazos Otón).
9. *A produción de espacio turístico e de ocio na marxe norte da ría de Pontevedra.* (Carlos Alberto Patiño Romarís).
10. *Desenvolvemento urbano e difusión xeolingüística: algúns apuntamentos sobre o caso galego.* (Carlos Valcárcel Riveiro).

ÁREA DE XESTIÓN DA INFORMACIÓN

1. *Estudio Comparativo das Bases de Datos: Science Citation Index, Biological Abstracts, Current contents, Life Science, Medline.* (Margarida Andrade García; Ana María Andrade García; Begoña Domínguez Dovalo).
2. *Análise de satisfacción de usuarios cos servizos bibliotecarios da Universidade na Facultade de Filosofía e CC. da Educación de Santiago.* (Ana Menéndez Rodríguez; Olga Otero Tovar; José Vázquez Montero).

❖ *Tódolos exemplares están dispoñibles na biblioteca do IDEGA, así como na páxina WEB do Instituto (<http://www.usc.es/idega/>)*

NORMAS PARA A REMISIÓN DE ORIXINAIS:

Deberán ser remitidos tres exemplares do traballo e unha copia en diskette ao Director do IDEGA: Avda. das ciencias s/nº. Campus Universitario Sur. 15706 Santiago de Compostela, cumprindo coas seguintes normas:

1. A primeira páxina deberá incluír o título, o/s nome/s, enderezo/s, teléfono/s, correo electrónico e institución/s ás que pertence o/s autor/es, un índice, 5 palabras chave ou descriptors, así como dous resumos dun máximo de 200-250 palabras: un na lingua na que estea escrita o traballo e outro en inglés.
2. O texto estará en interlineado 1,5 con marxes mínimas de tres centímetros, e cunha extensión máxima de cincuenta folios incluídas as notas e a bibliografía.
3. A bibliografía se presentará alfabeticamente ao final do texto seguindo o modelo: Apelidos e iniciais do autor en maiúsculas, ano de publicación entre paréntese e distinguindo a, b, c, en caso de máis dunha obra do mesmo autor no mesmo ano. Título en cursiva. Os títulos de artigo irán entre aspas e os nomes das revistas en cursiva. lugar de publicación e editorial (en caso de libro), e, en caso de revista, volume e nº de revista seguido das páxinas inicial e final unidas por un guión.
4. As referencias bibliográficas no texto e nas notas ao pé seguirán os modelos habituais nas diferentes especialidades científicas.
5. O soporte informático empregado deberá ser Word(Office 97) para Windows 9x, Excell ou Acces.
6. A dirección do IDEGA acusará recibo dos orixinais e resolverá sobre a súa publicación nun prazo prudencial. Terán preferencia os traballos presentados ás Sesións Científicas do Instituto.

O IDEGA someterá tódolos traballos recibidos a avaliación. Serán criterios de selección o nivel científico e a contribución dos mesmos á análise da realidade socio-económica galega.