Revista de Economía Aplicada E A Número 37 (vol. XIII), 2005, págs. 89 a 106

INCENTIVOS EN SELECCIÓN ADVERSA PARA EL CONTROL DEL ACCESO A ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

DANIEL FUENTES-CASTRO
CEMAGREF BORDEAUX
Unité agriculture et dynamique l'espace rural

El deterioro de espacios naturales protegidos debido al exceso de visitas es una situación frecuente. En este artículo modelizamos la gestión del acceso a tales espacios en un entorno de selección adversa. El regulador ofrece a cada visitante un contrato personalizado que consiste en un permiso de visita de duración limitada combinado con una transferencia monetaria; ambos, permiso y transferencia, dependen de la valoración que cada visitante tiene del paraje. La duración total de los permisos de visita respeta la capacidad de congestión del espacio natural considerado. Los visitantes tienen así dos posibilidades: decidir la duración de su visita o aceptar una visita de duración limitada a cambio de una desgravación fiscal verde. En ambos casos ningún visitante resulta excluido del acceso al paraje, aun cuando no todos los visitantes acepten el contrato. El coste de regulación puede financiarse vía precio de entrada al parque o vía presupuestos públicos. En el primer caso es preciso tener en cuenta el efecto renta de los contratos, mientras que en el segundo se plantea la cuestión, quizás paradójica, de hasta dónde el contribuyente está dispuesto a financiar la conservación de espacios naturales que él mismo considera de excepcional interés.

Palabras clave: ecotasas, selección adversa, contratos, bienes comunes, medio ambiente, exclusión, incentivos.

Clasificación JEL: Q20.

Las situaciones de congestión y consiguiente deterioro de espacios con particular interés natural, paisajístico y/o biológico son frecuentes en nuestras sociedades. La economía del medio ambiente y de los recursos naturales [Baumol y Oates (1988), Bromley (1995)] trata estos y otros fenómenos de sobrexplotación atendiendo principalmente a las nociones de *rivalidad* y *exclusión* [Ostrom *et al.* (1994), Salanié (1998)]. La pertinencia del análisis teórico que presentamos en este artículo reside en la combinación de los dos fenómenos que describimos a continuación y que, a nuestro entender, caracterizan en algunas ocasiones la problemática del acceso a parques naturales y otros espacios similares:

– La frecuente catalogación de tales espacios como patrimonio público y la consiguiente definición de los derechos de propiedad [Grafton, Squires y Fox (2000)] hacen difícil en términos político-sociales la exclusión de visitantes como solución al problema de la congestión, aun cuando la exclusión sea técnicamente factible. En este contexto el regulador se ve privado del derecho de exclusión, que es su principal instrumento para prevenir la congestión [Buchanan y Yoon (2000)].
– El deterioro derivado de la sobrexplotación de tales espacios (disminución del atractivo paisajístico, pérdida de biodiversidad, contaminación, ...) puede alcanzar niveles críticos antes de que la rivalidad entre usuarios provoque la aparición de externalidades negativas recíprocas significativas (esperas, aglomeraciones, insuficiencia de servicios anexos, ...)[1]. Cuando esto sucede, la capacidad de congestión del espacio considerado viene determinada no tanto por el número de visitantes a partir del cual se incomodan los unos a los otros, sino sobre todo por *la carga máxima de visitas (o nivel de congestión) que es capaz de soportar el parque sin sufrir un deterioro ambiental significativo.* Este valor, que nosotros consideramos exógeno, retoma la idea de un *"safe minimum standard of conservation"* propuesto por Bromley (1995).

En cuanto a la definición de la capacidad de congestión, si suponemos que una hora de visita de un individuo implica un cierto deterioro ambiental x, podremos considerar el número máximo de horas de visita que el parque es capaz de soportar sin poner en riesgo su equilibrio ambiental. De este modo, la cuestión pertinente es cómo repartir el máximo impacto ambiental tolerable (o nivel de congestión) entre los visitantes, o dicho de otro modo, cuánto tiempo de visita le corresponde a cada visitante. Así pues la capacidad de congestión del parque no se define por el número de visitantes, sino por el tiempo total que han estado visitando el parque[2].

No consideramos la posibilidad de que todos los visitantes se asocien con la intención de maximizar su utilidad conjunta (solución de *first best*), puesto que además de ser de difícil aplicación probablemente conduciría a la exclusión de alguno de los potenciales visitantes [Fuentes-Castro, Jayet y Rotillon (2002)].

Desde una óptica de *second best* modelizamos estáticamente la gestión del acceso a un espacio natural en un entorno de *selección adversa* [Laffont y Tirole (1993), Laffont y Martimort (2002)]. En particular consideramos una relación de agencia en la que múltiples visitantes (i.e., los Agentes), diferentes unos de otros en la valoración que tienen del parque, acceden a un paraje natural (en adelante, el parque) que un regulador (i.e., el Principal) desea preservar. Suponemos que la utilidad que los Agentes obtienen de una visita depende de su duración y de la va-

(1) Como ejemplo podemos citar el deterioro ambiental de muchas playas, que en ocasiones alcanza niveles significativos antes de que el elevado número de toallas incomode en exceso a los visitantes. De hecho, los turistas no parecen dejar de acudir a las playas aun sabiendo que la superficie per cápita es mínima y que el deterioro ambiental es elevado.

(2) Un razonamiento similar podría resultar válido si la variable temporal de la visita fuera sustituida por una variable espacial; en cuyo caso, a más espacio visitado, mayor utilidad del visitante y mayor deterioro del parque.

loración propia que del parque hace cada visitante. En este modelo la primera de las dos informaciones es observable, mientras que la segunda es una información propia y exclusiva de cada Agente (i.e., su tipo), que puede corresponderse con su *disposición al pago* (DAP) por la visita o su *compensación exigida* (DAC) por la no-visita, así como estimarse, por ejemplo, por el método de los costes de viaje [OCDE (1996)]. El regulador, por su parte, desconoce tal información.

El Principal ofrece a cada Agente un contrato de visita personalizado, que consiste en un permiso de visita de duración limitada combinado con una transferencia monetaria. Ambos, permiso y transferencia, dependen del tipo de cada Agente. El contrato está diseñado de tal modo que la duración global de los permisos de visita respeta la capacidad de congestión del parque (exógena). Además, el hecho de que un Agente rechace el contrato no le impide el acceso al parque.

Con ayuda de las condiciones de incentivo y de participación, mostramos que el conjunto de Agentes que aceptan los contratos nunca es el vacío. También mostramos que puede resultar eficiente que sólo una parte de los Agentes acepte los contratos mientras el resto los rechaza y continúa visitando el parque sin restricción temporal alguna.

Por otra parte, es preciso que la duración de la visita sea controlable[3] para que el regulador pueda disuadir comportamientos de tipo *free-rider* que desequilibren la gestión del acceso al parque.

La agregación de las transferencias monetarias a que los Agentes tienen derecho cuando aceptan el contrato (el coste total de regulación) se financia por medio de "bonos verdes" con derecho a desgravación fiscal.

En la Sección 1 presentamos las características básicas del modelo, así como las hipótesis de partida. El contrato propuesto a los Agentes se expone en la Sección 2. En el epígrafe 2.1. se analizan las condiciones de incentivo, en el epígrafe 2.2. la condición de participación y en el epígrafe 2.3. la solución del contrato. El coste de regulación se presenta en el epígrafe 2.4. En la Sección 3 se ilustran gráficamente los resultados analíticos generales del modelo. Finalmente, las conclusiones del trabajo se presentan en la Sección 4.

1. El modelo

Sea $u(t, \theta)$ la utilidad que cada Agente obtiene de la visita al parque que se pretende preservar, donde t denota el tiempo de duración de la visita y θ el tipo del Agente. Dicha utilidad es cóncava con respecto a la duración de la visita (i.e., la utilidad crece con respecto a la duración de la visita pero con rendimientos marginales decrecientes) y por lo tanto verifica la hipótesis $u_{tt} < 0$. Además, consideramos que la utilidad marginal de la duración de la visita aumenta con el tipo θ de cada visitante: $u_{t\theta} > \theta$. Esta última hipótesis no es imprescindible en la resolución del modelo, pero clarifica la interpretación del mismo. Así, resulta sencillo interpretar el tipo θ como la valoración que cada Agente tiene del parque y por

(3) El comportamiento *free rider* en este contexto consitiría en firmar el contrato con la finalidad de recibir la transferencia monetaria correspondiente pero extralimitarse en el tiempo de visita del parque.

tanto traducir la hipótesis $u_{t\theta} > \theta$ del siguiente modo: cuanto mayor es la valoración que un Agente tiene del parque, mayor es la utilidad marginal de la duración de su visita. El tipo θ de los Agentes, así interpretado, puede identificarse con la DAP por la visita o la DAC por la no-visita y estimarse, si fuese necesario, por el método de los costes de viaje, por ejemplo.

Suponemos que los Agentes están distribuidos según su tipo de acuerdo con la función de distribución $\gamma(\theta)$, que es positiva y está definida en el intervalo $\Theta = [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. Denotamos $\Gamma(\theta)$ la correspondiente función de densidad.

El programa de maximización de cada Agente, supuestamente racional, consiste en determinar la duración óptima de su visita. Cuando las acciones individuales no están coordinadas y el acceso al parque se realiza sin restricción temporal alguna, la duración óptima de la visita de cada Agente del tipo θ es $t^*(\theta)$ tal que

$$u_t(t^*(\theta), \theta) = 0 \qquad (FOC^*)$$

Las dificultades en la gestión del acceso al parque surgen cuando la demanda de visitas supera la capacidad de congestión $\bar{T}$, que es exógena y conocida por el Principal. De este modo, el problema en que nos centramos es pertinente cuando se verifica la condición siguiente:

$$T^* = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} t^*(\theta)\, \gamma(\theta)\, d\theta > \bar{T}$$

Superada esta capacidad $\bar{T}$, los efectos nocivos se observan en el deterioro del parque (disminución del atractivo paisajístico, pérdida de biodiversidad, contaminación, deterioros físicos, ...) antes de que sea relevante la desutilidad de la visita causada por las esperas, aglomeraciones, insuficiencia de servicios anexos, ...

El Principal se fija como objetivo maximizar la utilidad conjunta de los Agentes al tiempo que respetar la capacidad de congestión del parque. Además, como hemos anunciado previamente, el Principal no excluye a ningún Agente del acceso al parque.

2. El contrato

El Principal propone un mecanismo de incentivo que combina un permiso de visita de duración determinada, que notamos $\hat{t}(\cdot)$, y una transferencia monetaria, que notamos $\tau(\cdot)$, a cada Agente. Ambos, permiso de visita y transferencia, dependen del tipo θ de cada Agente, que es desconocido por el Principal. Siguiendo la teoría de contratos en selección adversa [Rasmusen (1989), Salanié (1994)], el interés de la transferencia reside en hacer revelar el verdadero tipo de cada Agente y representa el coste de la información asimétrica o coste de regulación (véase la Sección 2.4.).

El programa de maximización de cada Agente pasa a ser el siguiente:

$$\max_{\tilde{\theta}} u(\hat{t}(\tilde{\theta}), \theta) + \tau(\tilde{\theta}) \qquad [1]$$

donde $\tilde{\theta}$ es el anuncio del verdadero tipo θ. Cada Agente θ sabe que recibirá una transferencia monetaria $\tau(\tilde{\theta})$ y un permiso de visita $\hat{t}(\tilde{\theta})$ cuando el anuncio de su tipo sea $\tilde{\theta}$.

2.1. *Las condiciones de incentivo*

La condición de incentivo permite al Principal obtener el verdadero anuncio del tipo θ de cada Agente. Para ello, y de acuerdo con el principio de revelación [Laffont y Tirole (1993)], el Principal impone en su programa de maximización la restricción resultante de maximizar la utilidad de cada Agente con respecto al anuncio de su tipo. Es decir, el Principal diseña el mecanismo de incentivo de modo que cada Agente revela su verdadero tipo. Las condiciones de incentivo de primer y segundo orden, *IC*1 e *IC*2 respectivamente, se exponen en la siguiente proposición[4] (véase la demostración en el Anexo A).

Proposición 1. Considerando $u_{tt} < 0$ y denotando $\hat{t}(\theta)$ la duración de la visita solución del programa de maximización de cada visitante (ecuación 1), las condiciones de incentivo son:

$$u_t(\hat{t}(\theta), \theta)\dot{\hat{t}} + \dot{\tau} = 0 \qquad (IC1)$$

$$\dot{\hat{t}} \cdot u_{t\theta} > 0 \qquad (IC2)$$

La condición de incentivo de primer orden (*IC*1) garantiza al Principal que los Agentes revelan su verdadero tipo: para cualquier Agente, el mejor de los anuncios posibles ($\tilde{\theta}$) es su verdadero tipo (θ). La condición de incentivo de segundo orden (*IC*2) determina la relación que ha de existir entre la utilidad marginal de la duración de la visita y el tipo de los Agentes. Así tenemos que el signo de la variación de la utilidad marginal de la duración de la visita con respecto al tipo ha de ser el mismo que el signo de la variación de la duración del permiso de visita con respecto al tipo.

Puesto que hemos adoptado la hipótesis $u_{t\theta} > 0$ para facilitar la interpretación del modelo, la condición de incentivo de segundo orden (*IC*2) impone que el permiso de visita sea creciente con el tipo ($\dot{\hat{t}} > 0$). Para que la hipótesis $u_{t\theta} > 0$ se verifique en todo momento estamos considerando, explícitamente, que la utilidad marginal del tiempo de visita es monótona creciente con respecto al tipo de los Agentes; lo que se interpreta como la condición de Spence-Mirrlees [Mirrlees (1997)].

2.2. *La condición de participación*

Además de incentivar a los Agentes para que revelen su verdadero tipo, el Principal ha de garantizar que participen en la regulación del parque. Para ello la utilidad que reporta a los Agentes la aceptación del contrato ha de ser, al menos, igual a la utilidad que éstos obtienen en ausencia de coordinación (*FOC**). Dicho de otro modo, la utilidad de reserva de cada Agente se corresponde con la utilidad de la situación en que no existe limitación alguna en la duración de la visita, por lo que el mecanismo de incentivo resulta menos exigente para los Agentes (y por lo tanto más costoso para el Principal) que un contrato a la *"take-it-or-leave-it"*, pero menos contestable en términos de gestion del patrimonio público.

(4) Nota: $\dot{x}$ designa $\frac{dx}{d\theta}$

Introducimos también un supuesto de flexibilidad en la aceptación de los contratos, de tal modo que el Principal se reserva el derecho de excluir de los contratos (i.e., de la transferencia monetaria, que no del acceso al parque) a los Agentes de mayor tipo bajo la justificación de que su interés en la visita es tan elevado que prefieren obtener un permiso de visita de duración ilimitada antes que percibir transferencia monetaria alguna a cambio. Todo ello sin detrimento de maximizar la utilidad conjunta. Este supuesto de flexibilidad en la elaboración del mecanismo de incentivo ha sido ya explorado en otros trabajos; [Bourgeon, Jayet y Picard (1995)], por ejemplo, lo aplican a la política agrícola de abandono de cultivos.

El subconjunto de los Agentes a quienes está destinado el contrato se denota $B \subseteq \Theta$. Obviamente, esta formulación incluye el caso extremo en que todos los Agentes aceptan el contrato que el Principal les propone (caso $B = \Theta$).

Así pues, los Agentes que aceptan el contrato aceptan una visita de duración limitada $\hat{t}(\theta)$ y reciben a cambio una transferencia monetaria $\tau(\theta)$. Esta compensación monetaria puede ser puesta en práctica, por ejemplo, por medio de una desgravación fiscal verde. Aquellos Agentes que no aceptan el contrato no perciben transferencia monetaria alguna, pero disfrutan de una visita de duración libre $t^*(\theta)$. Entre ambos tipos de visitantes hallamos *Agente Pívot,* que es aquel que se encuentra en la frontera entre el subconjunto de Agentes que aceptan el contrato y el subconjunto de Agentes que lo rechazan. La utilidad que obtiene el Agente Pívot a través del contrato es la misma que obtendría en ausencia de toda regulación.

Sea $\Re(\theta)$ la renta de información de cada Agente, definida como la diferencia entre la utilidad que supone la aceptación del contrato y la utilidad de reserva de cada Agente. La condición de participación se escribe del siguiente modo:

$$\forall \theta \in B : \Re(\theta) = u(\hat{t}(\theta), \theta) + \tau(\theta) - u(t^*(\theta), \theta) \geq 0 \qquad \text{(IR)}$$

cuyas propiedades se resumen en la siguiente proposición (véase la demostración en el Anexo B).

Proposición 2. La renta de información es monótona cuando las condiciones de incentivo se cumplen. Como $u_{t\theta} > 0$ para todo θ, la renta de información es decreciente con respecto al tipo ($\dot{\Re}(\theta) < 0$) y B adopta necesariamente la forma $[\underline{\theta}, b]$.

Además, la condición de incentivo de segundo orden (*IC*2) garantiza que el permiso de visita y la transferencia monetaria son ambos decrecientes con respecto al tipo: $\dot{\hat{t}} < 0$ y $\dot{\tau} < 0$.

2.3. *La solución del contrato*

Además de las condiciones precedentes (*IC*1, *IC*2, *IR*), propias del mecanismo de incentivo, la regulación del parque requiere de otras dos condiciones adicionales: el respeto de la capacidad de congestión ($\overline{T}$) y la adecuación del mecanismo de incentivo a unos límites de financiación.

$$\int_B \hat{t}\,(\theta)\gamma(\theta)\, d\theta + \int_{\Theta/B} t^*(\theta)\gamma(\theta)\, d\theta \leq \overline{T} \qquad \text{(RD)}$$

$$\int_B \tau(\theta)\gamma(\theta)\, d\theta \leq F \qquad \text{(BD)}$$

La primera de las dos condiciones (*RD*) significa que la duración total de las visitas (la de los Agentes que aceptan el contrato más la de los Agentes que lo rechazan) no ha de sobrepasar la capacidad de congestión del parque. La restricción presupuestaria (*BD*) impone que el coste de regulación respete un límite dado que denotamos *F*.

La función objetivo del Principal, de acuerdo con el contrato $\{\hat{t}(\cdot), \tau(\cdot)\}$, es la agregación de las utilidades individuales de todos los Agentes y se escribe

$$U = \int_B u(\hat{t}(\theta), \theta)\gamma(\theta)\, d\theta + \int_{\Theta/B} u(t^*(\theta), \theta)\gamma(\theta)\, d\theta$$

$$\text{s.a. : } (IC1), (IC2), (IR), (RD), (BD)$$

Dejando a un lado la condición de incentivo de segundo orden (*IC*2), que normalmente se verifica *a posteriori*, el lagrangiano que define el programa de maximización del Principal es el siguiente[5]:

$$\max_{t(\cdot),\, \tau(\cdot)} \mathcal{L} = \int_B \{u(\hat{t}(\theta), \theta) - (\lambda\tau(\theta) + u\hat{t}(\theta))\}\, \gamma(\theta) d\theta$$

$$+ \int_{\Theta/B} \{u(t^*(\theta), \theta) - ut^*(\theta))\}\, \gamma(\theta) d\theta \qquad \text{(LG)}$$

$$\text{s.a. : } IC1,\ IR,\ \mu \geq 0,\ \lambda \geq 0 \text{ y } FOC^* \text{ que define } t^*(\theta)$$

En la siguiente proposición se expone su solución (véase la demostración en el Anexo C).

Proposición 3. El mecanismo de incentivo óptimo perteneciente a la clase {duración del permiso de visita $\hat{t}$, transferencia monetaria τ} depende del signo de variación de la utilidad marginal respecto del tipo θ. En el caso $u_{t\theta} > 0$, para cualquier $\theta \in B = [\underline{\theta}, b]$ la duración del permiso de visita $\hat{t}$ sigue, necesariamente, la siguiente ecuación:

$$-\lambda \frac{\Gamma(\theta)}{\gamma(\theta)} u_{t\theta}(\hat{t}(\theta), \theta) = (1 + \lambda) u_t(\hat{t}(\theta), \theta) - \mu \qquad [2]$$

Además, la condición de participación se satura en el Agente Pívot *b* y se respeta la capacidad de congestión:

$$\begin{cases} \tau(b) = u(t^*(b), b) - u(\hat{t}(b), b) \\ \displaystyle\int_B \hat{t}(\theta)\, \gamma(\theta)\, d\theta + \int_{\Theta/B} t^*(\theta)\, \gamma(\theta)\, d\theta = \overline{T} \end{cases}$$

(5) Nota: sea μ el multiplicador de lagrange asociado a la restricción *RD* (i.e., el precio sombra de la visita) y λ el multiplicador de lagrange asociado a la restricción *BD* (i.e., el coste de oportunidad de los fondos de regulación).

El contrato queda totalmente definido por: i) la condición de incentivo de primer orden ($IC1$, de donde se obtiene la transferencia monetaria de cada Agente $\tau(\theta) = \tau(b) - \int_b^\theta u_t(\hat{t}(x), x)\dot{\hat{t}}dx$); ii) la caracterización del Agente Pívot b y de la transferencia que éste recibe, $\tau(b)$. En la siguiente proposición resumimos la caracterización del Agente Pívot (véase la demostración en el Anexo D). Para ellos notamos K la derivada del lagrangiano del problema (ecuación LG) con respecto al pívot b:

$$K(b) = \mu(t^*(b) - \hat{t}(b)) - (1 + \lambda)\tau(b) \qquad [3]$$

Proposición 4. El conjunto B, formado por los Agentes que aceptan el contrato, nunca es el vacío y está estrictamente incluido en el intervalo Θ cuando el pívot b es tal que $K(b) = 0$. Además, existe un valor de λ por debajo del cual necesariamente todos los Agentes aceptan los contratos ($B = \Theta$).

Por lo tanto, no solamente el contrato es siempre pertinente, puesto que $B \neq \phi$, sino que además es posible encontrar un Agente Pívot que se halle en el interior del intervalo de Agentes, lo que quiere decir que el rechazo del contrato por una parte de los Agentes puede resultar eficiente para la maximización de la utilidad total.

2.4. El coste de regulación y el Agente Pívot

Como ya presentamos en la Sección 2.2, el Principal puede tener interés en excluir de los contratos a los Agentes con mayor valoración de la visita al parque (θ elevados). Este supuesto de flexibilidad en la elaboración del mecanismo de incentivo destinado a regular la entrada al parque engloba dos casos: el primero, cuando $b = \bar{\theta}$; el segundo, cuando $b \neq \bar{\theta}$ (más concretamente $b < \bar{\theta}$, ya que $u_{q\theta} > 0$).

Si el Agente Pívot resulta tal que $b = \bar{\theta}$, es porque todos los Agentes deciden reducir la duración de su visita a cambio de una transferencia monetaria positiva. La condición de participación se verifica en este caso cuando $\Re(\bar{\theta}) = 0$ (véase la ecuación IR), de donde obtenemos $\tau(\bar{\theta})$ tal que completa la solución expuesta en la Proposición 3.

Para analizar el segundo caso ($b \neq \bar{\theta}$) y por definición de Agente Pívot, utilizamos las ecuaciones $\Re(b) = 0$ y $K(b) = 0$, respectivamente:

$$u(\hat{t}(b), b) + \tau(b) - u(t^*(b), b) = 0 \qquad [4]$$

$$\mu(t^*(b) - \hat{t}(b)) - (1 + \lambda)\tau(b) = 0 \qquad [5]$$

La solución de este sistema de ecuaciones, como se muestra en la siguiente proposición, es una transferencia monetaria tal que verifica la siguiente condición (véase la demostración en el Anexo E):

$$\forall \theta \geq b : \tau(\theta) = 0$$

Proposición 5. Si $b < \bar{\theta}$, la transferencia del Agente Pívot es nula ($\tau(b) = 0$) y el precio sombra de la visita al parque $\mu = \lambda \dfrac{\Gamma(b)}{\gamma(b)} u_{q\theta}(\hat{t}(b), b)$.

Esta situación se engloba en la más general de aceptación pertinente del contrato: recordemos que $B \neq \phi$ (véase la Proposición 4). Cuando $b \leq \bar{\theta}$ los Agentes con tipos inferiores al del Agente Pívot reducen la duración de su visita y reciben una compensación monetaria positiva, mientras que los Agentes con mayores tipos mantienen la duración de su visita sin compensación alguna. El contrato propone así una solución consistente ya que la condición de participación (*IR*) se verifica para cualquier θ en $\Theta = [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$:

$$\begin{aligned} \forall\theta &\in B : u(\hat{t}, \theta) + \tau(\theta) \geq u(t^*, \theta) \\ \forall\theta &\notin B : u(t^*, \theta) \geq u(t^*, \theta) \end{aligned}$$

El coste total ($\hat{F}$) del mecanismo de incentivo es tal que

$$\hat{F} = \int_B \tau(\theta)\, \gamma(\theta)\, d\theta \qquad [6]$$

donde el coste de oportunidad del Principal (λ) es exógeno. El coste de regulación no es más que la agregación de las transferencias monetarias a que los Agentes tienen derecho cuando aceptan el contrato que el Principal les destina. Nótese que la puesta en práctica del mecanismo de regulación requiere que la duración de la visita sea observable y que el Principal pueda ejercer un control efectivo sobre ella. El coste de dicho control condiciona fuertemente el coste de oportunidad del Principal (λ), tal y como sostienen Laffont y Tirole (1993).

Si considerásemos un presupuesto de regulación exógeno (F^*), el contrato sólo sería pertinente cuando el coste de oportunidad de los fondos de regulación fuese inferior o igual a $\hat{\lambda}$ tal que

$$\hat{\lambda} \geq 0 : F^* = \int_B \tau(\theta)\, \gamma(\theta)\, d\theta \qquad [7]$$

En caso contrario la dotación presupuestaria prevista a efectos de financiar la regulación del acceso al parque se revela insuficiente, por lo que la puesta en práctica de tales contratos deja de ser factible.

3. Ilustración del modelo

El objetivo de esta sección es el de ilustrar gráficamente los resultados analíticos del mecanismo de incentivo expuesto en la Sección 2. Para ello consideramos un caso particular de separabilidad de la función de utilidad, así como que los Agentes están distribuidos uniformemente en el intervalo $\Theta = [0, 1]$, es decir, normalizados a 1. La función de utilidad considerada es la siguiente:

$$u(t, \theta) = 1\text{n}(1 + t) - (1 - a\theta)t$$

donde $a < 1$. Las hipótesis de partida sobre concavidad y rendimientos marginales de utilidad verifican lo expuesto en la Sección 1. En este contexto, la capacidad de congestión máxima del parque sólo se supera cuando $T^* = \frac{\ln(1-a)}{-a} - 1 > \bar{T}$ (véase la demostración en el Anexo F).

Adoptamos los siguientes valores para los parámetros del modelo: $\bar{T} = 1$, $\lambda = 0{,}15$ y $a = 0{,}8$. A partir de las proposiciones expuestas en la Sección 2 se obtienen los valores críticos $b = 0{,}423$ y $\mu = 0{,}051$. Por supuesto, cuando la capacidad de congestión del parque decrece, el número de Agentes que aceptan el contrato crece. Así por ejemplo, si $\bar{T} = 0{,}9$; $b = 0{,}976$.

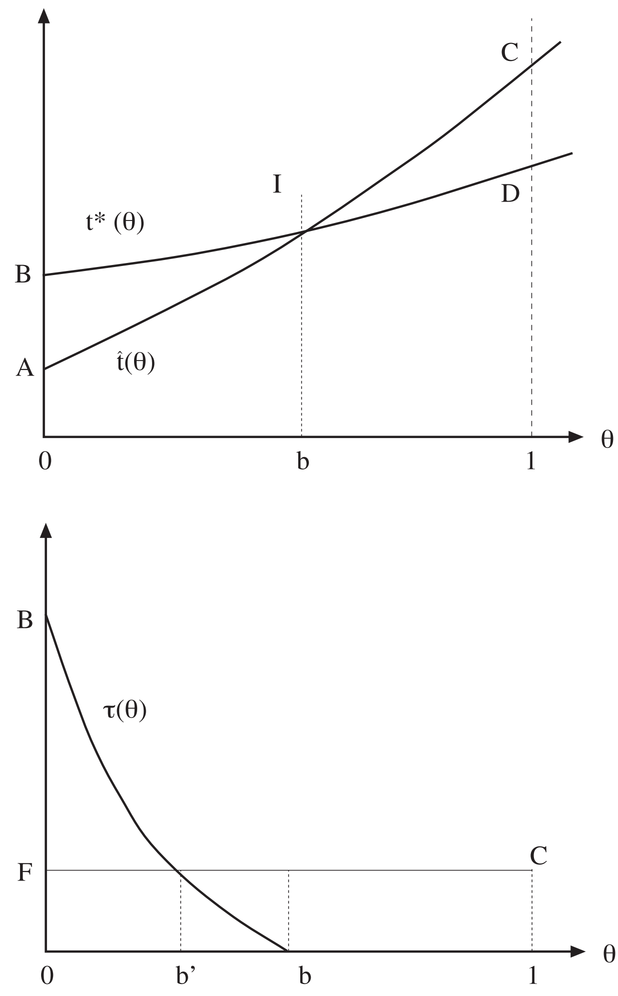
En el gráfico 1 (arriba) se muestran las trayectorias de la duración de la visita de cada Agente; en ausencia de regulación, $t^*(\theta)$ y en el caso de regulación vía contratos, $\hat{t}(\theta)$. Nótese que el área 0BD1 se corresponde con la duración total de las visitas cuando los Agentes maximizan su utilidad sin restricción en la duración de las visitas al parque (T^*). La capacidad de congestión ($\bar{T}$) es el área 0AID1. La superficie ABI equivale a la disminución total de las visitas necesaria para respetar la capacidad de congestión del parque. Recordemos que sólo los Agentes en $B = [0, b]$ aceptan el contrato.

En el gráfico 1 (abajo) se muestra el coste de financiación de los contratos frente a su redistribución, a través de la transferencia monetaria $\tau(\theta)$, en el caso de que todos los Agentes pagasen un derecho de entrada homogéneo F. Esta redistribución de los fondos de regulación se haría desde los Agentes con mayor tipo (que valoran más el acceso al parque) hacia Agentes de menor tipo (que valoran menos el acceso al parque). El Agente Pívot (b) discrimina entre aquellos que reciben transferencias monetarias y los demás. Nótese que el área 0FC1 es equivalente al área 0Bb y que ambas son compatibles con la restricción presupuestaria (F).

El gráfico 2 (arriba) ilustra el lagrangiano correspondiente al programa de maximización del Principal con respecto al Agente Pívot. Se observa claramente que existe un máximo en $b < \bar{\theta}$, y que por lo tanto el subconjunto de Agentes $\theta \in (b, \bar{\theta})$ puede ser excluido eficientemente de los contratos. Asimismo, se deduce que el conjunto de Agentes que aceptan el contrato no es el vacío ($B \neq \phi$), ya que $\mathcal{L}(x) > 0 \Leftrightarrow x > 0$.

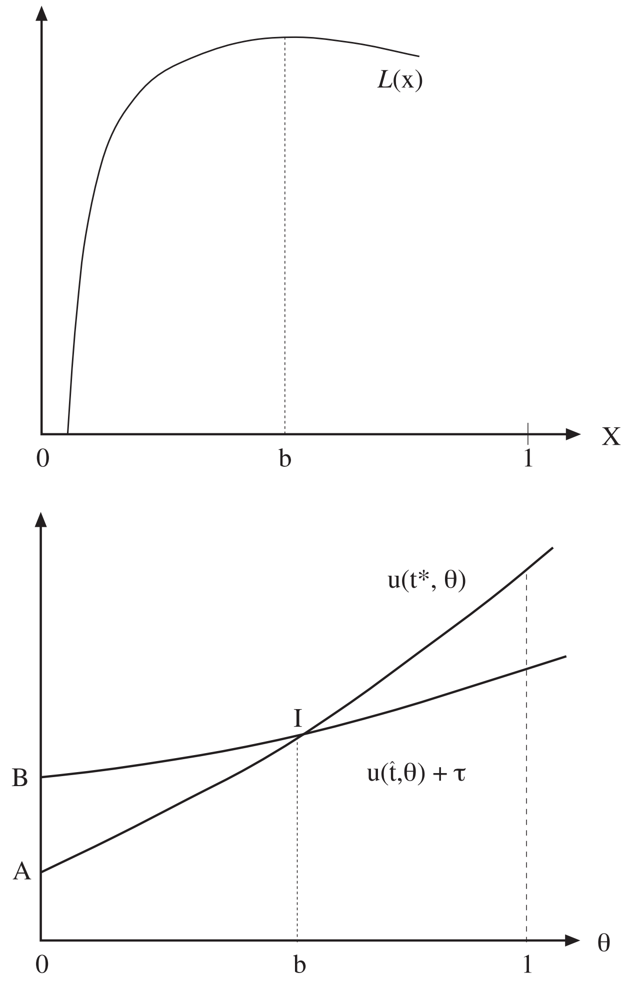
Finalmente, en el gráfico 2 (abajo) se muestra la utilidad de cada Agente en ausencia del eventual precio de entrada al parque (F). Los Agentes de tipo $\theta < b$ se sitúan sobre la trayectoria $u(\hat{t}, \theta) + \tau$ mientras que los Agentes de tipo $\theta > b$ lo hacen sobre la trayectoria $u(t^*, \theta)$.

Gráfico 1: Tiempo de visita y coste de regulación



Fuente: Elaboración propia siguiendo las especificaciones del modelo.

Gráfico 2: La función objetiva y las funciones de utilidad



Fuente: Elaboración propia siguiendo las especificaciones del modelo.

4. Conclusiones

El artículo presenta un mecanismo de incentivo para la gestión del acceso a un espacio natural que se desea preservar, dando por conocida su capacidad de congestión. Cuando el regulador no ejerce su derecho de exclusión y suponiendo que el deterioro del parque se anticipa a los efectos negativos de la rivalidad de consumo entre los visitantes, la valoración específica que cada visitante tiene del parque resulta de un gran interés para la elaboración de dicho mecanismo de incentivo.

En concreto, el regulador ofrece un contrato personalizado según el cual cada visitante decide entre el acceso sin restricciones o una visita de duración limitada que es compensada por un "bono verde" con derecho a desgravación fiscal. El mecanismo de incentivo se revela pertinente, ya que la situación en que todos los visitantes rechazan el contrato resulta excluida endógenamente. De este modo, los casos que se nos presentan son los de aceptación parcial o total[6] de los contratos.

- Cuando la aceptacion de los contratos es parcial, los visitantes con menor valoración del parque reducen la duración de su visita a cambio de una compensación monetaria, mientras que los visitantes con mayor valoración del parque deciden libremente la duración de su visita sin compensación alguna.
- Cuando todos los visitantes aceptan el contrato, todos reducen la duración de su visita a cambio de una compensación monetaria.

La agregación de los "bonos verdes" constituye el coste de regulación del acceso al parque. Para su financiación, consideramos las siguientes alternativas:

1. Que el regulador haga uso de su poder coercitivo e imponga un precio de entrada homogéneo a todos los visitantes. En este caso se produce un *trade-off* entre transferencia y precio de entrada que supone, implícitamente, una redistribución de renta desde los visitantes con mayor valoración del parque hacia los visitantes con menor valoración del mismo. En efecto, los primeros van a pagar el mismo precio de entrada que los segundos pero van a recibir una transferencia inferior al precio de entrada, que incluso será nula en caso de rechazar el contrato. El precio de entrada autofinancia la regulación del acceso al parque pero no tiene en cuenta el efecto renta sobre los visitantes (ya que en ningún momento hemos introducido hipótesis alguna sobre la correlación entre tipo y renta de cada visitante) y por lo tanto implica el ejercicio de una cierta clase de exclusión.

2. Financiar la regulación del acceso al parque vía presupuestos públicos. En este caso se mitiga el efecto renta de la financiación vía precio de entrada, sin embargo el sistema deja de autofinanciarse. El incluir en los presupuestos públicos este tipo de gasto puede poner de manifiesto la cuestión, quizás paradójica, de hasta dónde el contribuyente está dispuesto a financiar la conservación de espacios naturales que él mismo considera de excepcional interés.

En ambos casos, la puesta en práctica de los contratos requiere que el regulador pueda ejercer un control efectivo sobre la duración de las visitas, teniendo en cuenta que limitar la duración de las visitas vía bonos se presenta a priori como un modo de control preferible a la exclusión total de potenciales visitantes.

(6) Definimos aceptación *parcial* o *total* según que los contratos sean aceptados por una parte o por la totalidad del conjunto de visitantes, respectivamente.

Anexos

A) Condiciones de incentivo

Diferenciando la utilidad de cada Agente con respecto a $\tilde{\theta}$ obtenemos la condición de incentivo de primer orden ($IC1$). La condición de incentivo de segundo orden precisa que el mecanismo de incentivo verifique

$$u_{tt}(\hat{t},\theta)\dot{\hat{t}}^2 + u_t(\hat{t},\theta)\ddot{\hat{t}} + \ddot{\tau} < 0 \qquad [8]$$

Consideremos la condición de incentivo de primer orden: en cualquier caso el anuncio óptimo $\tilde{\theta}$ ha de ser igual al verdadero tipo θ, de acuerdo con el principio de revelación. Así pues, si $u_t(\hat{t}(\theta),\theta)\dot{\hat{t}} + \dot{\tau} = 0$ su diferencial total cumple $u_{tt}(\hat{t},\theta)\dot{\hat{t}}^2 + u_t(\hat{t},\theta)\ddot{\hat{t}} + u_{t\theta}(\hat{t},\theta)\dot{\hat{t}} + \ddot{\tau} = 0$, de donde obtenemos (con ayuda de la ecuación [8])

$$u_{t\theta}(\hat{t},\theta)\dot{\hat{t}} > 0$$

que es la condición de incentivo de segundo orden ($IC2$).

B) La renta de información

Sea $\Re(\theta) = u(\hat{t}(\theta),\theta) + \tau(\theta) - u(t^*(\theta),\theta)$ la renta de información. Por tanto $\dot{\Re} = u_t(\hat{t}(\theta),\theta)\dot{\hat{t}} + u_\theta(\hat{t}(\theta),\theta) + \dot{\tau} - u_t(t^*(\theta),\theta)\dot{t}^* - u_\theta(t^*(\theta),\theta)$. A partir de las ecuaciones de primer orden (FOC^*) e ($IC1$) obtenemos

$$\dot{\Re} = u_\theta(\hat{t}(\theta),\theta) - u_\theta(t^*(\theta),\theta)$$

Si comparamos las ecuaciones de primer orden (FOC^* e $IC1$) parece evidente que el contrato es pertinente cuando $\hat{t}(\theta) < t^*(\theta)$. Por lo tanto, si consideramos $u_{t\theta} > 0$ hallamos $\dot{\Re} < 0$, lo que quiere decir que B toma necesariamente la forma $[\underline{\theta}, b]$ (por IR). Además, podemos concluir que la variación de la renta de información es del mismo signo que la variación del tiempo de visita propuesto por el contrato (por $IC2$): $\dot{\Re}\cdot\dot{\hat{t}} > 0$.

C) La solución del contrato

Tomemos el lagrangiano del problema

$$\mathcal{L} = \int_B \{u(\hat{t},(\theta),\theta) - \mu\hat{t}(\theta)\}\,\gamma(\theta)d\theta - \lambda\int_B \tau(\theta)\,\gamma(\theta)d\theta + \int_{\Theta/B}\{u(t^*(\theta),\theta) - \mu t^*(\theta))\}\,\gamma(\theta)d\theta \qquad [9]$$

y resolvamos la siguiente integral por partes $\int_B \tau(\theta)\gamma(\theta)d\theta = [\tau\Gamma]_B - \int_B \Gamma(\theta)\dot{\tau}\,d\theta$.

Por $IC1$ transformamos la ecuación [9]:

$$\mathcal{L} = \int_B \{[u(\hat{t}(\theta),\theta) - \mu\hat{t}(\theta)]\,\gamma(\theta) - \lambda u_t(\hat{t}(\theta),\theta)\dot{\hat{t}}\,\Gamma(\theta)\}d\theta - \lambda[\tau\Gamma]_B + \int_{\Theta/B}\{u(t^*(\theta),\theta) - \mu t^*(\theta)\}\,\gamma(\theta)d\theta \qquad [10]$$

Sabemos, por la Proposición 2, que $B = [\underline{\theta}, b]$ y por tanto $[\tau\Gamma]_B = \tau(b)\,\Gamma(b)$. Dado el pívot b, el contrato óptimo se define por el programa de maximización

$\max\limits_{\hat{t}(\cdot)} \mathcal{L}_1 = \int_{\underline{\theta}}^{b} \omega(\hat{t}, \dot{\hat{t}}, \theta)\, d\theta$, donde

$$\omega(\hat{t}, \dot{\hat{t}}, \theta) = [u(\hat{t}(\theta), \theta) - \mu\hat{t}(\theta)]\gamma(\theta) - \lambda u_t(\hat{t}(\theta), \theta)\dot{\hat{t}}\Gamma(\theta) \qquad [11]$$

Aplicando la relación de Euler $\dfrac{\partial\omega}{\partial\hat{t}} = \dfrac{d}{d\theta}\dfrac{\partial\omega}{\partial\dot{\hat{t}}}$

$$(u_t(\hat{t}, \theta) - \mu)\,\gamma(\theta) - \lambda u_{tt}(\hat{t}, \theta)\,\dot{\hat{t}}\Gamma(\theta) = \frac{d}{d\theta}\,(-\lambda u_t(\hat{t}, \theta)\Gamma(\theta)) \qquad [12]$$

$$(u_t(\hat{t}, \theta) - \mu)\,\gamma(\theta) = -\lambda\,[u_{t\theta}(\hat{t}, \theta)\,\Gamma(\theta) + u_t(\hat{t}, \theta)\gamma(\theta)] \qquad [13]$$

obtenemos la siguiente condición necesaria:

$$-\lambda\,\frac{\Gamma(\theta)}{\gamma(\theta)}\,u_{t\theta}(\hat{t}, \theta) = (1+\lambda)u_t(\hat{t}, \theta) - \mu \qquad [14]$$

que es lo que buscábamos demostrar.

D) El conjunto B

El problema aparece asociado al Agente Pívot de tal modo que el Principal maximiza el lagrangiano con respecto a b. Consideremos la expresión del lagrangiano en la ecuación [10].

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_1(b) - \lambda\tau(b)\Gamma(b) + \int_{b}^{\bar{\theta}} \{u(t^*(\theta), \theta) - \mu t^*(\theta)\}\,\gamma(\theta)d\theta \qquad [15]$$

Sea

$$K(b) = \mu(t^*(\underline{\theta}) - \hat{t}(\underline{\theta})) - (1+\lambda)\,\tau(\underline{\theta}) \qquad [16]$$

donde $K(b)$ denota la derivada de $\mathcal{L}$ con respecto a b. Demostremos que $K(\underline{\theta}) > 0$ si $\underline{\theta}$ fuese el Agente Pívot.

A partir de la solución del contrato dada por la ecuación [2] tenemos (por $\Gamma(\underline{\theta}) = 0$): $(1+\lambda)u_t(\hat{t}, \underline{\theta}) - \mu = 0$, de donde la ecuación [16] se transforma en

$$K(\underline{\theta}) = (1+\lambda)\cdot(u_t(\hat{t}, \underline{\theta})\,(t^*(\underline{\theta}) - \hat{t}(\underline{\theta})) - \tau(\underline{\theta})) \qquad [17]$$

Además, utilizando la definición de Agente Pívot sabemos que $\mathfrak{R}(\underline{\theta}) = 0$, es decir:

$$K(\underline{\theta}) = (1+\lambda)\,[u(\hat{t}(\underline{\theta}), \underline{\theta}) - u_t(\hat{t}, \underline{\theta})\,\hat{t}(\underline{\theta}) - (u(t^*(\underline{\theta}), \underline{\theta}) - u_t(\hat{t}, \underline{\theta})\,t^*(\underline{\theta}))] \qquad [18]$$

De donde $K(\underline{\theta}) > 0$ porque $\hat{t}$ optimiza la función $u(t, \underline{\theta}) - u_t(t, \underline{\theta})t$, lo que es suficiente para afirmar que $B \neq \phi$.

Calculemos la derivada de la funcion K con ayuda de la condición de incentivo de primer orden ($IC1$):

$$K(b) = \mu(t^*(\underline{\theta}) - \hat{t}(\underline{\theta})) - (1 + \lambda)\tau(\theta) \quad [19]$$

$$\dot{K}(b) = \mu\dot{t}^* - \mu\dot{\hat{t}} - (1 + \lambda)\dot{\tau} \quad [20]$$

$$\dot{K}(b) = \mu\dot{t}^* + [(1 + \lambda)u_t(\hat{t}, \theta) - \mu]\dot{\hat{t}} \quad [21]$$

Esta última ecuación se transforma, por la ecuación [2], en

$$\dot{K}(b) = \mu\dot{t}^* - \lambda \frac{\Gamma}{\gamma} u_{t\theta}(\hat{t}, \theta)\dot{\hat{t}}$$

que es la diferencia de dos términos positivos (por FOC^*, $IC1$ e $IC2$). Si λ es muy grande el lagrangiano, que es cóncavo a proximidad de $\underline{\theta}$, puede tener un punto de inflexión. Si λ es suficientemente grande, es probable encontrar una solución a la ecuación $K(b) = 0$ tal que el lagrangiano alcance un máximo. Podemos demostrar que $\dot{K}(b)$ es estrictamente positivo cuando $\lambda = 0$. En este caso $K(\theta) > 0$ para cualquier θ y $b = \bar{\theta}$.

E) El Agente Pívot

Sabemos, por las hipótesis de partida consideradas en la Sección 1, que el lagrangiano del programa de maximización del Principal es cóncavo con respecto al Agente Pívot b. Por lo tanto, toda solución tal que $K(b) = 0$ ha de ser la única solución.

Es fácil comprobar que b tal que $t^*(b) = \hat{t}(b)$ es solución cuando $\tau(b) = 0$ (recordemos que b es una variable, en este estado de la definición del mecanismo de incentivo óptimo). Obtenemos t^* y $\hat{t}$ a partir de las condiciones de primer orden FOC^* e $IC1$. Efectivamente, las ecuaciones $\mathfrak{R}(b) = 0$ y $K(b) = 0$ se verifican cuando $t^*(b) = \hat{t}(b)$ y $\tau(b) = 0$:

$$u(\hat{t}(b), b) - u(t^*(b), b) + \tau(b) = 0 \quad [22]$$

$$\mu(t^*(b) - \hat{t}(b)) - (1 + \lambda)\tau(b) = 0 \quad [23]$$

Este resultado es consistente con el hecho de que todo Agente que no reduce su tiempo de visita no recibe transferencia monetaria alguna. Finalmente, utilizamos la relación entre la transferencia monetaria (τ) y el precio sombra de la visita (μ) para obtener (véase la ecuación [2])

$$\mu = \lambda \frac{\Gamma(b)}{\gamma(b)} u_{t\theta}(\hat{t}(b), b)$$

F) La capacidad de congestión máxima (ilustración)

Sea la siguiente función de utilidad de los Agentes de tipo θ

$$\forall\theta \in \Theta = [0, 1] : \ u(t, \theta) = \ln(1 + t) - (1 - a\theta)t$$

El tiempo óptimo de visita de cada Agente, en ausencia de coordinación, es $t^*(\theta)$ tal que

$$u_t(t^*(\theta), \theta) = 0 \Leftrightarrow t^*(\theta) = \frac{1}{1 - a\theta} - 1$$

Si agregamos el tiempo de visita óptimo $t^*(\theta)$ de todos los Agentes en el intervalo $\Theta = [0, 1]$ obtenemos el tiempo de visita global que ha de soportar el sitio a conservar; que, bajo el supuesto de distribución uniforme de los Agentes, se escribe

$$T^* = \int_0^1 \left[\frac{1}{1 - a\theta} - 1 \right] d\theta = \frac{\ln(1 - a)}{-a} - 1$$

Por lo tanto, si $T^* > \bar{T}$ entonces se sobrepasa la capacidad de congestión del parque.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baumol, W.J. y W.E. Oates (1998): *The theory of environmental policy*, Cambridge University Press.

Bourgeon, J.M., P.A. Jayet y P. Picard, P. (1995): "An incentive approach to land set-aside programs'', *European Economic Review*, 39, págs. 1487-1509.

Bromley, D. (1995): The Handbook of Environmental Economics, Blackwell.

Buchanan, J.M. y Yong J. Yoon (2000): "Symmetric Tragedies: Commons and Anticommons'', *The Journal of Law and Economics*, 43.

Fuentes-Castro, D., P.A. Jayet y G. Rotillon (2002): "Managing a common renewable resource in asymmetric information'', en *Proceedings of the 2nd World Congress of Environmental and Resource Economists*; June 24-27, Monterey (California).

Grafton, Q.R., D. Squires y K.J. Fox (2000): "Private property and economic efficiency: A study of a common-pool resource'', *The Journal of Law and Economics*, 43.

Laffont, J.J. y D. Martimort (2002): *The Theory of Incentives. The Principal-Agent Model,* Princeton University Press.

Laffont, J.J. y J. Tirole (1993): *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, The MIT press.

Mirrlees, J.A. (1997): "Information and incentives: The economics of carrots and sticks", *Economic Journal*, 107, págs. 1311-1329.

OCDE (1996): "Evaluer les dommages à l'environnement'', Paris, Les éditions de l'OCDE.

Ostrom, E., R. Gardner y J. Walker (1994): "Rules, Games and Common-Pool Resources", Ann Arbor: University of Michigan Press.

Rasmusen, E. (1989): "Games and Information'', Blackwell Publishers, 1994 edition.

Salanié, B. (1994): "Théorie des contrats'', París, Economica: Economie et Statistiques Avancées.
Salanié, B. (1998): "Les défaillances du marché'', Economica: Economie et Statistiques Avancées.

Fecha de recepción del original: noviembre, 2002
Versión final: noviembre, 2003

ABSTRACT

The deterioration of protected natural areas due to over-visiting is a frequent situation. In this article we modelize the management of access to such places in an adverse selection setting. The regulator offers each visitor a contract based on a limited right of access together with a monetary transfer; both right and transfer depend on the personal valuation of the natural place by each visitor. The aggregation of the limited rights of access respects the congestion capacity of the natural area. The visitors then have two possibilities: to decide the length of their visit or to reduce it in exchange for a green tax deduction. In both cases none of the visitors is denied access to the protected natural area, even when some visitors refuse the contract. The regulation cost can be financed by a price of entry or by a public budget. In the first case, the income effect of the contracts has to be taken into account, while in the second case a paradoxical question can emerge: how much taxpayers are willing to finance the conservation of protected natural areas that they consider places of exceptional interest.

Key words: ecotaxes, adverse selection, contracts, commons, environment, exclusion, incentives.

JEL classification: Q20.