



Documentos de Trabajo

Dinámica evolutiva en un modelo de interacción entre visitantes y residentes de una localidad turística

Elvio Accinelli, Edgard Carrera, Juan G. Brida y Lionello Punzo

Documento No. 16/06
Noviembre, 2006

Dinámica evolutiva en un modelo de interacción entre visitantes y residentes de una localidad turística

Elvio Accinelli*, Juan Gabriel Brida† Edgar JS Carrera‡y y Lionello Punzo §

Abstract

In this paper we model tourism development in the framework of multi-population dynamics and analyze the time pattern of its impact as the evolution of the interaction between two populations feeding over the same space-resource. Each population might be structured in two (or more) “clubs” with variable membership, a club being a group of population members sharing social and economic interests as to the management of the relevant resource. Thus, each club has in principle a different set of strategies as to protection and valorization of broadly defined environmental resources at the tourist destination. Such resources share some of the characteristics of the so called commons. To represent such peculiar situation, we use Evolutionary Game Theory, in particular as is applied to the theory of evolution of interacting structured populations. In one such game, one strategy will be characterized as conservative and its alternative as depredative. Interaction between different strategies and the corresponding playing clubs gives rise to a rich dynamics, as some joint outcomes are inherently unstable, as is known, others being evolutionary stable. Such situation will be modelled by a version of the well known replicator dynamics, to emphasize its evolutionary nature.

Resumen

En este trabajo analizaremos la evolución del comportamiento de una población compuesta por dos clases de individuos que interactúan en una región de interés turístico, la de los turistas y la de los pobladores. Su comportamiento en relación al medio ambiente puede ser de tipo conservador o tipo depredador. Es decir cada individuo puede comportarse en forma responsable hacia la conservación del medio ambiente, o bien elegir un

*Universidad Autónoma Metropolitana, Posgrado en Ciencias Económicas; Mexico. E-mail adress: elvio@correo.xoc.uam.mx. Tel.: (5255) 55947392, Fax: (5255) 55947392.

†School of Economics and Management - Free University of Bolzano, Italy. E-mail address: JuanGabriel.Brida@unibz.it. Tel.: +39 0471 013492, Fax: +39 0471 013 009.

‡Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Coahuila, México. E-mail adress: carrera.edgar@gmail.com Tel.: (5284)4111 02 57.

§Dipartimento di Economia Politica Università di Siena, Italy. E-mail adress: punzo@unisi.it Tel-fax: +39 0577 298619

comportamiento no cuidadoso de la riqueza natural independientemente de la clase de la que participa. Según su propio interés los individuos elegirán uno u otro tipo de comportamiento, el que puede modificarse hacia uno u otro lado a lo largo de la interacción. A partir de dos modelos de imitación del comportamiento mostraremos la posibilidad de introducir la dinámica del replicador para analizar la evolución de la población local y la de los turistas y consecuentemente de analizar la evolución del comportamiento en relación al medio ambiente de los participantes en esta actividad.

Palabras clave: ecuación del replicador, dinámica de imitación, sostenibilidad del turismo,

Clasificación JEL: C72; C73; D74; L83

1 Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar la evolución del comportamiento de individuos que interactúan en una región de interés turístico. En particular nuestro vamos a analizar como influye la conducta de los agentes involucrados en el turismo en la preservación del medio ambiente. Supondremos que los individuos de una determinada población, pertenecen cada uno a una de dos posibles clases, la de los residentes y la de los turistas. Cada individuo de la población está en una u otra clase, no pudiendo ser parte de ambas a la vez. Ambas clases cuentan inicialmente con individuos que se comportan de manera comprometida con el cuidado del medio ambiente o no. A lo largo de la interacción en dicha región el comportamiento de los individuos de cada una de las clases, puede cambiar, en uno u otro sentido. La herramienta para analizar la evolución de las poblaciones hacia uno u otro tipo de comportamiento será la teoría de los juegos evolutivos.¹

La población de turistas que visita una cierta localidad puede dividirse esencialmente en dos tipos de individuos. Por un lado tenemos los turistas que concurren a la localidad año tras año y por un periodo de tiempo largo y que tienen interés en que las condiciones del lugar que visitan se mantengan o sean mejoradas. En particular estos turistas, manteniendo una comunicación estrecha con los residentes, están interesados en la preservación del medio ambiente de la localidad. Un turista que hace una estancia de varios días en una localidad gasta dinero en hoteles, museos, restaurantes, compra artesanías del lugar restituyendo al territorio parte de los recursos que ha usado bajo forma de pago monetario. Por otro lado hay una población de turistas que concurren al lugar generalmente sólo por el día (a veces sólo por unas horas) o fin de semana, que probablemente no regresaran al lugar y cuyo interés en el lugar es circunstancial. Generalmente, este tipo de turistas no se interesa en el daño que pueden causar al medio ambiente de la localidad pues con seguridad no regresaran a la localidad y su interés es el de hacer un uso exhaustivo de los recursos turísti-

¹Un tratamiento de la teoría de juegos evolutivos se puede encontrar en [7], [9], [10], [11] y [18]. Para hacer una conexión entre la teoría de juegos evolutivos y la teoría clásica de juegos, se recomienda consultar [16].

cos. Este tipo de visitantes genera serios problemas en el mantenimiento de las características de la localidad. Es por esto que algunas localidades turísticas de fama mundial como San Gimignano y Venecia en Italia han impuesto una tasa a los visitantes de este tipo. En modo totalmente análogo, los pobladores de la localidad pueden tener una conducta más o menos cuidadosa del medio ambiente. Dentro de los residentes tenemos las familias y pobladores tradicionales del lugar que viven allí no por motivos estrictamente económicos sino por ejemplo por la calidad de vida que tienen en esta localidad, en general dada por un medio ambiente saludable y placentero. Este grupo de residentes ve al turista como un huésped al que quiere atraer al lugar para que, aunque no se convierta en residente, tenga una conducta como la propia y puedan unos y otros beneficiarse mutuamente de la convivencia, aunque sea circunstancial. Otros residentes están allí por objetivos meramente especulativos. Este grupo está generalmente asociado con el turismo de masa y corto plazo descrito anteriormente. Está formado, por ejemplo, por los agentes que brindan servicios a los turistas que vienen por el día, muchas veces sin considerar el daño posible de un uso indiscriminado de las ventajas turísticas del lugar. Este tipo de residentes no tiene mayor interés en preservar las características ambientales del lugar, ya que sólo le interesa el beneficio inmediato que puede obtener y la maximización de una función de utilidad muchas veces miope. Su conducta puede estar contrapuesta a la conservación del medio ambiente.²

Podemos señalar algunos ejemplos de como ha evolucionado la dinámica de poblaciones de visitantes-residentes llegando a distintos tipos de "equilibrios". Es bien conocido el caso de la localidad turística balnearia italiana Rimini.³ A inicios del siglo XX esta era una localidad de playa a la que concurrían las mismas familias año tras año a ocupar el mismo hotel o casa de propiedad por una estancia de al menos un mes. Este tipo de turista compartía el ambiente con los pobladores locales en una atmósfera de preservación y mejora del medio ambiente. En este proceso surgieron grandes hoteles de lujo como el Grand Hotel y muchas villas de lujo. En este caso el equilibrio era de totalidad de pobladores y turistas "cooperativos". Luego de la Segunda Guerra Mundial, Rimini empezó a ser destino turístico de masa recibiendo una población de visitantes que eran cualitativamente distintos a los de principios de siglo. Estos turistas permanecen menos tiempo en Rimini, llegan en grandes cantidades con una mentalidad poco cooperativa respecto al medio ambiente, atraído por bajas tarifas de hoteles de media y baja calidad, más que por las virtudes propias de la zona. La cantidad de turistas que llegan a Rimini sobrepasa su capacidad de carga⁴ provocando daños al ambiente. Es así que en la actualidad la composición de las poblaciones turísticas y residentes ha cambiado hacia una estructura totalmente opuesta a la que se tenía a inicios del siglo XX. En la actualidad se puede observar un "equilibrio" en que la totalidad de residentes y visitantes son "depredadores" o "no cooperativos con políticas tendientes a la preservación del patrimonio y

²En [13] se puede encontrar un análisis detallado sobre el concepto de turismo sostenible y las interrelaciones turistas - residentes.

³Ver [5].

⁴Ver [19] para una definición de capacidad de carga turística.

el medio ambiente. La evolución del turismo en Venezia es similar al caso de Rimini.

Un ejemplo de "equilibrio" no trivial o heterogeneo (esto es, un equilibrio en que en ambas poblaciones de turistas y residentes hay individuos cooperativos y no cooperativos) es la Riviera Maya en la península de Yucatán (Mexico). Allí podemos encontrar zonas como Cancún o Playa del Carmen donde se ve tanto una población residente y turística de tipo depredadora ⁵, y zonas como Tulum o Islas Mujeres donde, debido a una legislación que las protege, se puede observar un turismo sostenible donde residentes y visitantes colaboran en la preservación del medio ambiente de la localidad. Los destinos turísticos de Jamaica y Kenya pueden considerarse también dentro del caso de equilibrio no trivial. El turismo en Jamaica es el sector con más entradas en divisas y uno de las industrias más fuertes económicamente. Un reciente estudio ambiental desarrollado por la Organización de Estados Americanos (OAS) inspeccionó la base de los recursos naturales que sostienen al turismo y concluyó que esta base está "enfaticada" en y alrededor de la riqueza en flora y fauna del caribe jamaicano y de la infraestructura con que cuenta en los principales centros turísticos⁶. El problema para Jamaica es que estas áreas actualmente sostienen a grandes poblaciones de transeúntes con estilos de vida en ingresos - altos lo que ha generado impactos negativos sobre el medio ambiente y la vida local para los habitantes de Jamaica, sin embargo, la tendencia es seguir manejando a los flujos turísticos de Jamaica como la principal fuente de su economía. Por su parte, en Kenya la industria del turismo proporciona aproximadamente 192 millones de dólares por año en ingresos y es el mejor sector en niveles de salarios, pero al mismo tiempo, tal "industria del turismo" tiene un impacto negativo en la ecología de los parques naturales, un ejemplo es la interrupción del ciclo de vida animal (en su alimentación y reproducción) al tener una explotación de recursos naturales cada vez son más las especies en peligro de extinción. Así, los kenianos encaran el dilema de atraer (mayores ingresos) divisas a través del turismo o mantener un ecosistema sano manteniendo la cantidad de turistas en un nivel sostenible, ver [4]. Acorde con estas observaciones diremos que un individuo es de tipo C -estrategista si su comportamiento es responsable (o cooperativo en relación al medio ambiente y al patrimonio cultural del lugar) o bien que es del tipo NC -estrategista si su comportamiento es no responsable o no cooperativo en relación a la preservación del medio ambiente. Cada clase, turistas y residentes, tiene originalmente una cantidad predeterminada de individuos de uno u otro tipo. En este trabajo vamos a modelar la dinámica de poblaciones que se da en esta estructura formada por dos clases (turistas y residente) en la que cada clase tiene dos tipos de comportamiento (cooperativo o no cooperativo). El análisis de la evolución de cada una de las clases que componen la población, hacia uno u otro tipo de comportamiento lo haremos mediante dos diferentes

⁵Por ejemplo, en Cancún la cantidad de cuartos de hotel se duplicó entre el 2000 y el 2005 con un fuerte impacto ambiental. Ver [14] y [15] para una descripción del turismo y los problemas de intracción turistas - residentes en México y en particular en Cancún.

⁶Ver detalles en [12] y [3]

dinámicas poblacionales de imitación del comportamiento⁷. Empezaremos con una dinámica de imitación del vecino y más adelante introduciremos como alternativa la dinámica de imitación del más exitoso. Veremos que en ambos casos a partir de simplificaciones en las ecuaciones de evolución llegamos a ecuaciones que corresponden a la dinámica del replicador (ver detalles en [17] y [18]). De esta forma será posible analizar la evolución de las poblaciones y sus estados de equilibrio, así como los diferentes tipos de estabilidad de estos equilibrios.

El trabajo está organizado en el siguiente modo. En la sección 2 introducimos las características de las poblaciones que interactúan en la localidad y la ecuación que nos da la variación de conducta de los agentes de cada grupo. En la sección 3 se introduce la dinámica de imitación del vecino que será analizada en la sección 4. En la sección 5 analizaremos la dinámica de imitación del más exitoso. Finalmente, la última sección de este trabajo está dedicada a extraer algunas conclusiones y formular futuros desarrollos de la investigación.

2 Características de la población

Supongamos que en un momento determinado la población que habita en una determinada región está compuesta por dos clases distintas, los residentes R y los turistas T . Cada población tiene dos tipos de estrategistas, los que cooperan C y los que no cooperan NC con la protección del medio ambiente. Sea $x^\tau \in R_+^2$, dado por $x^\tau = (x_C^\tau, x_{NC}^\tau)$, $\tau \in \{R, T\}$ de modo que $x_C^\tau + x_{NC}^\tau = 1$. En cada período cada individuo de la población τ y estrategia i se plantea si revise o no su estrategia actual con probabilidad r_i^τ . Sea p_{ij}^τ la probabilidad de que un individuo de clase τ y tipo i cambie su comportamiento al tipo j dado que decidió revisar su comportamiento. Nótese que $r_i^\tau p_{ij}^\tau$ es la probabilidad de que dicho individuo cambie efectivamente su comportamiento al tipo j . En lo que sigue se denotará por $e_C = (1, 0)$ y $e_{NC} = (0, 1)$ a los vectores correspondientes a las estrategias puras, cooperar o no cooperar independientemente de la clase τ .

Supongamos que la probabilidad de que un individuo que se haya planteado cambiar de estrategia la cambie efectivamente, dependa exclusivamente de la proporción de individuos de su misma clase y tipo que lo rodean. Es decir, los turistas que se planteen la interrogante acerca de cambiar o no su estrategia se guiarán exclusivamente por lo que hacen los turistas con los que se encuentra y no tomará en cuenta para su decisión a los residentes. Análogamente actuarán los residentes. En este caso la variación esperada de estrategistas de tipo i dentro de cada clase τ en promedio vendrá dada por la probabilidad de que un individuo del tipo j de la clase τ se pase al tipo i por la cantidad existente de individuos del tipo j en la clase considerada, menos la probabilidad de que un individuo del tipo j se pase al tipo i por la cantidad existente de individuos del tipo j siempre dentro de la clase τ .

⁷Los modelos evolutivos de aprendizaje social por imitación parecen apropiados para el estudio del comportamiento de agentes bajo condiciones de información limitada. En especial ([2], [6] y [8]) proveen un enfoque teórico de juegos evolutivos con información limitada.

Esto se resume en el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales,

$$\dot{x}_i^\tau = r_j^\tau p_{ji}^\tau x_j^\tau - r_i^\tau p_{ij}^\tau x_i^\tau, \forall i, j \in \{C, NC\}, j \neq i, \tau \in \{R, T\}. \quad (1)$$

Es decir el incremento de individuos (τ, i) es igual a la cantidad de individuos del tipo (τ, j) , $j \neq i$ que en promedio se plantean cambiar de estrategia por la probabilidad de que lo hagan, menos la probabilidad de que individuos del tipo (τ, i) se transformen en tipo (τ, j) . Obsérvese que el hecho de que alguien cambie o no de estrategia depende de condiciones propias de cada clase τ . Esto es, la suerte que corran los diferentes tipos de estrategistas del otro grupo no influyen en estas decisiones.

3 Imitación del vecino

En esta sección analizaremos nuestro primer modelo evolutivo. Cada individuo tomará su decisión de cambiar o no su comportamiento en función del tipo de individuo de su propia clase con el que se encuentre. Esto es, turistas considerarán únicamente el comportamiento de turistas y residentes el de residentes únicamente. Por la tanto la dinámica evolutiva tendrá las siguientes características:

- (i) Supongamos que el hecho de que un individuo se planteé cambiar de estrategia o no, depende de lo exitoso que sea su estrategia medida por la utilidad $u^\tau(e_i, x_{-\tau})$, (donde $-\tau \in \{R, T\}$, $-\tau \neq \tau$) y de la población de individuos de su propio tipo, es decir que $r_i^\tau = f_i^\tau(u^\tau(e_i, x_{-\tau}))$.
- (ii) Supondremos además un modelo de imitación, donde cada individuo una vez que se planteó cambiar, adopta la estrategia del primero de su propia clase con el que se encuentra. Entonces tenemos que

$$p(i \rightarrow j/\text{se planteó cambiar}) = p_{ij}^\tau = x_j^\tau, i, j \in \{C, NC\},$$

para cada $\tau \in \{R, T\}$.

A partir de estas consideraciones el sistema de ecuaciones (1) estará dado por

$$\dot{x}_i^\tau = x_j^\tau f_j^\tau(u^\tau(e_j, x^{-\tau}))x_i^\tau - x_i^\tau f_i^\tau(u^\tau(e_i, x^{-\tau}))x_j^\tau \quad (2)$$

Es decir:

$$\dot{x}_i^\tau = (1 - x_i^\tau)x_i^\tau [f_j^\tau(u^\tau(e_j, x^{-\tau})) - f_i^\tau(u^\tau(e_i, x^{-\tau}))]. \quad (3)$$

Esta es la forma general correspondiente al modelo dinámico que representa la evolución de la población compuesta por turistas y residentes, es decir, (3) representa la evolución de una población $\tau \in \{R, T\}$ dado que parte de sus individuos de tipo $i, j \in \{C, NC\}$ han cambiado de estrategia imitando al vecino o al primero que se encontraron de su misma clase (turistas y residentes). El sistema relaciona cuatro variables y cuatro ecuaciones, pero dado que se verifican

las relaciones $x_C^\tau + x_{NC}^\tau = 1$ para $\tau = \{R, T\}$, entonces (3) puede reducirse a un sistema de dos ecuaciones diferenciales y dos variables. En lo que sigue del trabajo nuestro sistema 2×2 tendrá variables x_C^R y x_C^T .

En la siguiente sección analizaremos las propiedades del modelo bajo hipótesis de linealidad.

4 El modelo lineal

Supongamos que la f_i^τ es independiente del tipo i , es lineal en el éxito y que cuanto más exitoso es una estrategia medida por cierta utilidad $u^\tau(\cdot)$ menor será la propensión a cambiar de tipo; es decir:

$$f_i^\tau(u^\tau(e_i, x_{-\tau})) = \alpha_\tau - \beta_\tau u^\tau(e_i, x_{-\tau}) \in [0, 1]$$

donde $\alpha_\tau, \beta_\tau \geq 0$. Supongamos además que la utilidad del estrategista de clase τ y tipo i viene dada por

$$u^\tau(e_i, x^{-\tau}) = e_i A^\tau x^{-\tau}, \quad i \in \{C, NC\}$$

donde $A^\tau \in \mathcal{M}_{2 \times 2}$, ($\tau \in \{R, T\}$).

En este caso la dinámica del modelo está representado por el sistema de ecuaciones diferenciales

$$\dot{x}_C^\tau = \beta_\tau x_C^\tau (1 - x_C^\tau) [(1, -1) A^\tau x_C^{-\tau}], \quad \tau \in \{R, T\}. \quad (4)$$

y este sistema puede ser escrito de la siguiente forma:

$$\begin{cases} \dot{x}_C^R = \beta_R x_C^R (1 - x_C^R) (m^R x_C^T + n^R) \\ \dot{x}_C^T = \beta_T x_C^T (1 - x_C^T) (m^T x_C^R + n^T) \end{cases} \quad (5)$$

donde los coeficientes, m^τ y n^τ dependen de las entradas de las matrices A^T y A^R .

4.1 Análisis de la estabilidad

El sistema (5) admite cinco estados estacionarios o equilibrios dinámicos estos son:

$$(0, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1) \text{ y } (\bar{x}_C^R, \bar{x}_C^T)$$

donde $\bar{x}_C^R = -\frac{n^R}{m^R}$, $\bar{x}_C^T = -\frac{n^T}{m^T}$. Nótese que el caso interesante es cuando el equilibrio no trivial $\bar{P} = (\bar{x}_C^R, \bar{x}_C^T)$ es interior al cuadrado $\mathcal{C} = [0, 1] \times [0, 1]$ lo que sucede si y sólo si

$$0 < -\frac{n^R}{m^R} < 1 \text{ y } 0 < -\frac{n^T}{m^T} < 1.$$

El análisis de la estabilidad de los puntos de equilibrio se hará en función de los coeficientes de las matrices A^T y A^R . El jacobiano del sistema (5) tiene la

siguiente forma:

$$J(x_C^R, x_C^T) = \begin{bmatrix} \beta_R(1 - 2x_C^T)(m^T x_C^R + n^T) & \beta_R m^T x_C^T(1 - x_C^T) \\ \beta_T m^R x_C^R(1 - x_C^R) & \beta_T(1 - 2x_C^R)(m^R x_C^T + n^R) \end{bmatrix} \quad (6)$$

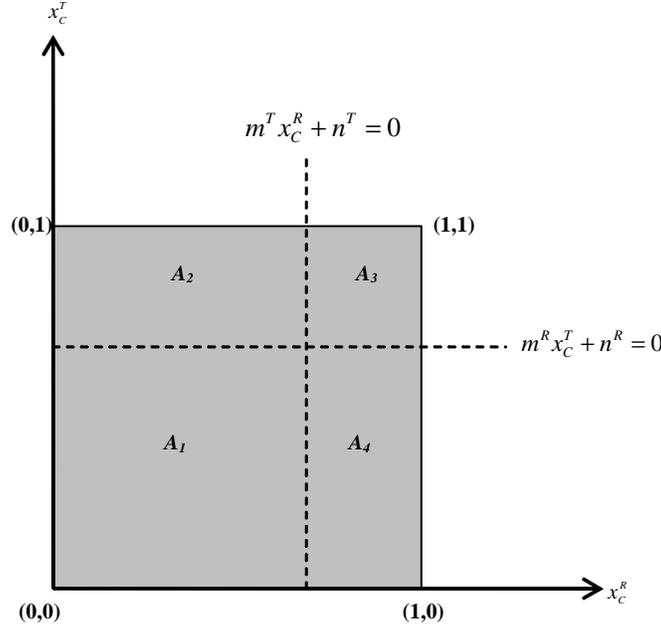


Figura 1: Cuencas de atracción de los equilibrios.

El análisis de la estabilidad de los equilibrios en el caso en que \bar{P} sea un punto interior a \mathcal{C} tiene las siguientes características:

- Si $n^R < 0$ y $n^T < 0$ entonces \bar{P} es atractor y los otros cuatro repulsores en el cuadrado \mathcal{C} .
- Si $n^R > 0$ y $n^T > 0$ entonces \bar{P} es repulsor y los otros cuatro equilibrios atraen en el cuadrado \mathcal{C} . El cuadrado \mathcal{C} queda dividido en cuatro regiones, las que corresponden a las cuencas de atracción de los respectivos equilibrios. La cuenca de atracción de $(0, 0)$ es A_1 , la de $(0, 1)$ es A_2 , la de $(1, 1)$ es A_3 y la de $(1, 0)$ es A_4 , como se ve en la figura 1.
- En los restantes casos \bar{P} es un punto silla. Su camino de ensilladura cruzará el cuadrado \mathcal{C} desde el sud-oeste al nord-este, o bien del sud-este al nord-oeste. Los restantes equilibrios serán atractores o repulsores de manera acorde, en el primer caso $(0, 0)$ y $(1, 1)$ serán repulsores mientras que $(1, 0)$ y $(0, 1)$ serán atractores. Un análisis análogo para el segundo caso.

4.2 Equilibrios de Nash

La dinámica descrita admite una interpretación en términos de la teoría de juegos, donde las matrices A^T y A^R representan las matrices de pagos de un juego bimatricial con dos jugadores, los turistas T y los residentes R . Las estrategias de turistas y residentes serán para ambos casos cooperar C o no cooperar NC con el cuidado del medio ambiente. De esta forma el análisis de la relación entre equilibrios dinámicos (estados estacionarios) de la dinámica y equilibrios de Nash del correspondiente juego tiene sentido. Las siguientes relaciones pueden deducirse fácilmente (para una demostración, ver [18]).

- Si un equilibrio dinámico es estable, entonces es un equilibrio de Nash. El recíproco no es cierto.
- Si un equilibrio dinámico es interior es entonces es un equilibrio de Nash. El recíproco no es cierto.

Tenemos entonces que si $n^R < 0$ y $n^T < 0$ entonces \bar{P} , siendo un equilibrio interior es de Nash y entonces los agentes no tienen incentivo para cambiar la estrategia elegida conservandose la proporción de C y NC para las poblaciones que evolucionarán establemente. En el caso en que $n^R > 0$ y $n^T > 0$ siendo \bar{P} un repulsor, entonces, en una cierta región turística los cambios en el comportamiento del tipo de individuos hacen que se evolucione fuera del equilibrio, es decir, nunca se evoluciona hacia un equilibrio heterogeneo donde existan individuos del tipo C y NC para las poblaciones de turistas y residentes. En este caso, siendo turista o residente, al cambiar de comportamiento (C, NC) el resultado es repulsivo hacia el equilibrio. Obsérvese que con excepción del estado estacionario interior, todos los demás están en los bordes del cuadrado $[0, 1] \times [0, 1]$, es decir suponen la inexistencia de algún tipo de individuos en al menos una clase. Luego si este estado estacionario es estable, un cambio en el comportamiento de un grupo pequeño de individuos de esta clase puede hacer que se evolucione hacia un equilibrio heterogeneo, es decir, en una región turística como la rívera Maya en el caribe mexicano, donde hay individuos de tipo cooperativo y depredador con respecto a la conservación del medio ambiente, al ser un equilibrio dinámico estable se tiene un equilibrio de Nash. Pero si este es estable, entonces cambios en el comportamiento de un grupo pequeño de individuos no implicarán en el largo plazo cambios en el homogeneidad de la clase.

Nótese que la dinámica de poblaciones obtenida indica diferentes situaciones de acuerdo a los valores de los parámetros. Esto es coherente con las situaciones observadas en diferentes lugares turísticos. El equilibrio que representa un turismo sostenible es aquel en que la totalidad de residentes y turistas son cooperativos, es decir, en nuestro modelo el equilibrio $(1, 1)$. Contrariamente, la peor situación es cuando nos encontramos en el equilibrio $(0, 0)$ en que las dos poblaciones son depredadoras del ambiente con una estrategia de no cooperación.

5 Imitación del más exitoso

Este caso representa un caso de imitación ligeramente más sofisticado que el anteriormente analizado. Ha diferencia de la anterior dinámica, aquí un turista o un residente se cuestionan si cambian o no de estrategia observando que tan exitosa es la estrategia de un individuo de su misma clase, es decir, la regla es simple: "imitar al mejor", i.e. $f(u, v) = 0$ si $u < v$ y $f(u, v) = 1$ si $u > v$. Esta regla de imitación, efectivamente dice: "imita las acciones que se realizan mejor, con una probabilidad proporcional sobre la ganancia esperada". Es decir, un turista cambiará de comportamiento si y sólo si la estrategia que lleva a cabo un individuo análogo perteneciente a su clase (otro turista) es más exitosa (en términos de arrojar una mayor utilidad esperada) que la propia. El mismo razonamiento vale para los residentes. Por consiguiente, la mejor política de turismo sostenible, se da en el caso en los individuos C -estrategistas son los más exitosos, y entonces, los restantes miembros de cada población imitarán tal conducta exitosa que conlleva aun comportamiento cooperativo con respecto a la preservación del medio ambiente para la región turística.

Supongamos que un individuo de la población $\tau \in \{R, T\}$ del tipo $j \in \{C, NC\}$ se encuentra con uno de su propia clase de tipo $i \neq j$ y que si $u_\tau(e_i, x^{-\tau}) > u^\tau(e_j, x^{-\tau})$ entonces el individuo cambiará su estrategia. Supongamos que cada individuo observa los retornos asociados a las estrategias diferentes a la suya con alguna inexactitud, por lo que antes de decidir cambiar su estrategia los individuos de tipo j en la clase τ toman una muestra aleatoria simple para estimar el valor de $u^\tau(e_i, x^{-\tau})$. Por lo tanto la decisión de cambiar o no cambiar su estrategia dependerá del valor observado (estimado) de la utilidad del estrategista de tipo diferente al suyo.

Tenemos entonces que la probabilidad de que un individuo de tipo j de la clase τ cambie de estrategia, está dado por la probabilidad de que se encuentre con un tipo i multiplicada por la probabilidad de que el valor muestral de la variable aleatoria (*el estimador*) $\bar{D} = u^\tau(e_i, x^{-\tau}) - \bar{u}^\tau(e_j, x^{-\tau})$ tome un valor positivo. De esta forma, la probabilidad p_{ij}^τ de que un individuo de la clase τ de tipo j se transforme en i -estrategista dentro de su clase, será igual a x_i por $P^\tau(\bar{D} \geq 0)$, la probabilidad de que observe $\bar{D} = u^\tau(e_i, x^{-\tau}) - \bar{u}^\tau(e_j, x^{-\tau}) > 0$. En definitiva:

$$p_{ij}^\tau = x_j^\tau P^\tau(\bar{D} \geq 0).$$

Supongamos que $P^\tau(\bar{D} \geq 0)$ depende del verdadero valor de la diferencia $u^\tau(e_i, x^{-\tau}) - u^\tau(e_j, x^{-\tau})$ el que es desconocido para el estrategista de tipo i . Es decir que

$$P^\tau(\bar{D} \geq 0) = \phi^\tau(u^\tau(e_j, x^{-\tau}) - u^\tau(e_i, x^{-\tau})).$$

Entonces tenemos que la probabilidad de que un estrategista del tipo j en la clase τ , observe un valor positivo para \bar{D} , aumenta con el verdadero valor de $u^\tau(e_j, x^{-\tau}) - u^\tau(e_i, x^{-\tau})$. Para simplificar el trabajo consideremos que $u^\tau(e_i, x_\tau)$ es lineal del tipo $u^\tau(e_i, x_\tau) = e_i A^\tau x_\tau$. En definitiva la probabilidad de que un j estrategista de la clase τ pase a ser un i estrategista queda representada por:

$$p_{ji}^\tau(u^\tau(e_i - e_j, x^\tau)) = \phi^\tau(u^\tau(e_i - e_j, x^{-\tau}))x_i^\tau. \quad (7)$$

Analogamente calculamos la probabilidad de que un $j \in \{C, NC\}$ se vuelva i . La variación en la τ población de i estrategistas será la probabilidad de que un individuo de la clase τ que es j -estrategista se transforme en i -estrategista por la cantidad de individuos del tipo j que hay en la clase τ menos la probabilidad de que un i se transforme en j por la cantidad de individuos de tipo i existentes en la clase τ . Es decir:

$$\dot{x}_i^\tau = [x_j^\tau p_{ji}^\tau - p_{ij}^\tau x_i^\tau] x_i^\tau.$$

En nuestro caso esta ecuación toma la forma:

$$\dot{x}_i^\tau = x_j^\tau x_i^\tau [\phi^\tau(u^\tau(e_j - e_i, x^\tau)) - \phi_\tau(u^\tau(e_i - e_j, x^\tau))]. \quad (8)$$

Haciendo una aproximación de primer orden obtenemos:

$$\dot{x}_i^\tau = x_i^\tau \phi^{\tau'}(0, x_\tau) [u^\tau(e_j - e_i, x_\tau) - u^\tau(e_j - e_i, x^\tau)] = 2\phi_\tau'(0, x^\tau) u^\tau(e_i - x^\tau, x^\tau) x_i^\tau \quad (9)$$

Luego en un entorno de un punto estacionario interior, el comportamiento de esta dinámica es aproximadamente una constante multiplicada por la dinámica del replicador. El análisis de la estabilidad del equilibrio puede realizarse a partir del sistema linealizado.

Nótese que en el caso especial en que ϕ_τ es lineal; esto es:

$$\phi_\tau = \lambda_\tau + \mu_\tau u^\tau(e_j - e_i, x^\tau)$$

siendo, λ_τ y μ_τ tales que:

$$0 \leq \lambda_\tau + \mu_\tau u(x^\tau, x^{-\tau}) \leq 1, \quad x \in \left\{ z \in R_+^2 : \max_{i=1,2} z_i \leq 1 \right\}.$$

entonces llegamos a la ecuación

$$\dot{x}_{\tau i} = 2\mu_\tau u_\tau(e_i - x_\tau, x_\tau) x_{\tau i}, \quad \tau = 1, 2.$$

En este caso el análisis de la estabilidad es análogo al realizado en el estudio de la dinámica del modelo de imitación simple.

Si bien este modelo es diferente del de imitación simple, la aproximación lineal en la medida que sea válida, (teorema de Hartman-Grobman) permite obtener una dinámica evolutiva igual a la del caso anterior. Tanto la validez de las conclusiones que se pueden obtener como la relación entre equilibrios dinámicos y equilibrios de Nash, dependerán en definitiva de las características generales que hacen válido el estudio de la estabilidad mediante el sistema linealizado.

La justificación del modelo se encuentra en el hecho observado con frecuencia de que las personas tienden a imitar el comportamiento de sus vecinos más próximos. La evolución del comportamiento de los residentes y turistas, dependerá

en definitiva de las condiciones iniciales. La buena voluntad de los residentes hacia su medio ambiente y sus tradiciones culturales puede no ser suficiente para proteger uno y otros de la depredación sufrida por una utilización agotadora del recurso turístico. No obstante si una parte de quienes llegan al lugar como visitantes y una parte de los pobladores locales inicialmente, tienen una cultura de preservación, es posible una evolución futura tendiente a un comportamiento cuidadoso del medio ambiente por parte de unos y otros. Es posible alcanzar este comportamiento sin participación de una autoridad central, es decir aun sobre la base de un modelo no cooperativo, donde turistas y residentes buscan sus propios objetivos, alcanzar estado cooperativos.

6 Conclusiones

Los modelos anteriormente descritos dan como resultado la evolución de una población análoga a la del replicador en algún sentido, pero a diferencia del modelo clásico se da aquí la posibilidad de que clases diferentes dentro de una misma población evolucionen en sentido contrario, pudiéndose observar de esta forma aun en equilibrio comportamientos absolutamente disímiles dentro de una misma población. El origen de esta posibilidad dentro del modelo se debe que a diferencia del modelo clásico donde la evolución está dada por un solo sistema de ecuaciones diferenciales, acá nos encontramos con dos dinámicas que si bien están relacionadas son diferentes uno para cada clase, y de ahí la posibilidad de llegar a equilibrios diferenciados. En nuestro caso podemos encontrarnos con poblaciones donde los residentes cooperan con el medio ambiente y turistas con comportamiento poco comprometido hacia el mismo, o reciprocamente. En definitiva esto dependerá del éxito que uno u otro comportamiento reditúe a cada individuo de una misma clase. Como en muchas ocasiones, la aplicación de la teoría de juegos muestra que es posible obtener resultados cooperativos a partir de modelos no cooperativos y sin contratos explícitos. En el caso una evolución hacia estrategias cooperativas por parte de todos los participantes, turistas o residentes. Naturalmente la concreción de esta posibilidad dependerá de las condiciones iniciales de la población, tanto de los locales como de los visitantes. De esta forma el turismo puede transformarse en una actividad sostenible.

Puede darse también situaciones heterogeneas, como resultado de la dinámica evolutiva y de las condiciones iniciales, Como recomendación de política pública para el caso de equilibrio heterogeneos en el comportamiento de los individuos pertenecientes a cada población $\tau \in \{R, T\}$, corroboramos lo propuesto en [13], donde se afirma que un contrato social es una buena estrategia a seguir por parte del planificador central. Un contrato social en donde haya un conjunto de normas sobre la asignación y uso de los recursos colectivos (playas, montañas, ciudades, pero también restaurantes, servicios públicos etc.). A su vez, es necesario promover una cultura de las generaciones de los flujos turísticos que no sea simplemente marketing de destinación sino que prevea la utilización de los recursos en un sentido estratégico y funcional al desarrollo sustentable de la localidad turística.

Sin embargo, el problema de la sostenibilidad del turismo nos lleva a reinterpretar el presente estudio y considerar futuras indagaciones. La teoría de juegos muestra la posibilidad de alcanzar los estados cooperativos aun sobre la base de juegos no cooperativos desde que el juego se repita sin final predeterminado. La existencia de una posibilidad más de llegar al lugar en definitiva nos termina comprometiendo con la geografía y el medio ambiente del lugar al que nuevamente podremos visitar.

References

- [1] Axelrod, R. (1984), *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York.
- [2] Alós-Ferrerr, C., Ania, A.B., and Schenk H. (2000). An Evolutionary Model of Bertrand Oligopoly, *Games and Economic Behavior* 33, 1-19.
- [3] Bale, John and David Drakakis-Smith (1988), *Tourism and Development in the Third World*, Routledge.
- [4] Bachmann, Philipp (1988), *Tourism in Kenya. P. Basic Need for Whoms*, European University Studies, Peter Lang Publishers, Inc., Berne.
- [5] Conti, G. and C. Perelli (2004), Seaside tourism monoculture versus sustainability. The erosion of the social contract in the Rimini model. 3rd International Symposium on Tourism, Local Frameworks And Global Realities? Tourism, Politics And Democracy, Centre For Tourism Policy Studies (CENTOPS), University of Brighton, 9-10 September 2004, available on line on *Planum. The European Journal of Planning*, www.planum.net.
- [6] Alós-Ferrerr, C., Ania, A. B., and Vega-Redondo, F. (1999). An Evolutionary Model of Market Structure, *Theory of Markets and its Functioning* (G. van der Laan, J.-J. Herings and D. Talman, Eds.), pp. 139-163. Amsterdam: North Holland.
- [7] Friedman, D. (1991), Evolutionary games in economics, *Econometrica* 59, 637-666.
- [8] Fudenberg, D., and D. K. Levine (1998), *The theory of learning in games*. The MIT Press.
- [9] Hammerstein, P., R. Selten (1994), Game theory and evolutionary biology, in R.J. Aumann, S. Hart (eds.): *Handbook of Game Theory II*, Amsterdam: North-Holland, 931-993.
- [10] Hofbauer, J. and K. Sigmund (1988), *The Theory of Evolution and Dynamical Systems*, Cambridge UP.
- [11] Kandori, M. (1997), Evolutionary Game Theory in Economics, in D. M. Kreps and K. F. Wallis (eds.), *Advances in Economics and Econometrics: Theory and Applications*, I, Cambridge UP.

- [12] Organization of American States (2005), *The Ten Year Master Plan for Sustainable Tourism Development in Jamaica*, Washington DC.
- [13] Punzo, L. (2003), Sostenibilidad del turismo y desarrollo económico local: el caso de la región Toscana, *Econômica*, Vol. 4, N° 2, pp. 193 - 222.
- [14] Torres, R., (2002), Cancun's tourism development from a Fordist spectrum of analysis, *Tourist Studies*, 2 (1), pp. 87 – 116.
- [15] Torres, R., (2005), Gringolandia: The Construction of a New Tourist Space in Mexico, *Annals of the Association of American Geographers*, 95(2), pp. 314 – 335.
- [16] van Damme, E. (1991), *Stability and perfection of Nash equilibria*, 2nd edition, Springer-Verlag, Berlin.
- [17] Vega-Redondo, F. (1996), *Evolution, Games, and Economic Behaviour*, Oxford University Press.
- [18] Weibull, W. J. (1995), *Evolutionary Game Theory*, The Mit Press.
- [19] World Travel and Tourism Council (WTTC) (1991), "*WTTC Policy: Environmental Principles*" Brussels: World Travel and Tourism Council.