

04-023

DETERMINATION OF THE VISITORS FLOW MANAGEMENT STRATEGIES IN A NATIONAL PARK USING SYSTEM DYNAMICS

Soto Miranda, Sergio ⁽¹⁾; Vergara González, Eliseo ⁽²⁾; Rodríguez Montequín, Vicente ⁽²⁾; Morán Palacios, Henar ⁽²⁾; Vigil Berrocal, Miguel Ángel ⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad de la Rioja, ⁽²⁾ Universidad de Oviedo

Managing natural spaces, with a balance between visitors and environmental sustainability, is a challenge already tackled in many scientific papers. This study targets this issue from a system dynamics approach. A model has been constructed to simulate the flow of visitors in a summer day to the Ordesa sector in the Spanish Ordesa and Monte Perdido National Park. Using system dynamics methodology it is possible to intervene in those variables that affect the arrival of visitors, vehicles parking and the shuttle bus system between the Torla parking and the Ordesa meadow, in accordance with this sector's carrying capacity. It can be concluded that the schedule and the number of shuttle buses are two of the factors with more influence over the flow of visitor arriving to the trails. This study proves the usefulness of system dynamics modelling to the park managers when they need to simulate different scenarios and adopt proper strategies.

Keywords: *System Dynamics; National Park; Environmental Sustainability*

DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DEL FLUJO DE VISITANTES A UN PARQUE NACIONAL UTILIZANDO DINÁMICA DE SISTEMAS

La gestión de espacios naturales, buscando el equilibrio entre el acceso de visitantes y la sostenibilidad medioambiental, es un reto que ya ha sido abordado en diversos trabajos científicos. Este estudio tiene como objetivo abordar esta problemática desde el enfoque de la dinámica de sistemas. Se ha construido un modelo para simular el flujo de visitantes en un día de verano al sector Ordesa del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Empleando la metodología de la dinámica de sistemas se puede intervenir sobre las variables que afectan al acceso de visitantes, estacionamiento de vehículos, y al sistema de autobuses lanzadera que existe entre el parking de Torla y la Pradera de Ordesa, respetado la capacidad de carga del sector. Se ha concluido que la frecuencia y el número de autobuses lanzadera son dos de los factores que más influencia tienen en el flujo de visitantes que llegan a los senderos. Con este estudio se demuestra la utilidad que tiene para los gestores del parque disponer de un modelo de dinámica de sistemas con el que simular diferentes escenarios y así adoptar las estrategias necesarias.

Palabras clave: *Dinámica de Sistemas; Parque Nacional; Sostenibilidad Medioambiental*

Correspondencia: Vicente Rodríguez Montequín montequi@api.uniovi.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Los Parques Nacionales, figura pionera en la filosofía de la conservación, buscan la protección del paisaje y los sistemas naturales lo más fielmente posible a su estado original y salvaje. Los Parques Nacionales nacieron como tales en el año 1872, en el territorio norteamericano de Yellowstone (Estados Unidos), como una señal de identidad de la nueva nación estadounidense que buscaba en la naturaleza un medio para consolidar su corta historia. La figura de Parque Nacional sería importada a España por medio de la Ley de Parques Nacionales del año 1916.

En 1918, dos años después de que se diera luz verde a la primera Ley de Parques Nacionales, y 25 días después de que se creara el primer Parque Nacional español –el Parque Nacional de la Montaña de Covadonga–, se declaraba el Parque Nacional del valle de Ordesa o del río Ara. El día 16 de agosto de 1918, un Real Decreto firmado por S. M. el rey Don Alfonso XIII en el Palacio de la Magdalena (Santander), establecía los límites del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga y declaraba el del Valle de Ordesa o del río Ara, en el Pirineo del Alto Aragón, con el establecimiento también de sus límites geográficos.

La gestión y protección de estos espacios enfrenta a dos premisas. Por un lado, la necesidad de preservarlos de cualquier impacto que pudiera alterar de manera irreversible su configuración medio ambiental. Y por otro, el derecho de la sociedad a acceder a los mismos para desarrollar distintos tipos de actividades (socioeconómicas, culturales, recreativas, investigación) y poder conocer y disfrutar de tan valiosos recursos.

La popularización de los parques nacionales como destino turístico, así como las mayores facilidades de acceso debido al avance de los medios de transporte y la mejora de infraestructuras, han dado lugar a situaciones de saturación, que impiden que dicha experiencia sea satisfactoria, y lo que es aún peor, pueden deteriorar y afectar a ese medio natural protegido.

La mejora por tanto de la gestión de los parques nacionales es desde hace tiempo una preocupación objeto de estudios y debates científicos, tanto a nivel internacional como nacional.

2. El Parque de Nacional Ordesa y Monte Perdido

El Parque nacional de Ordesa y Monte Perdido está ubicado en el Pirineo oscense, íntegramente en la comarca del Sobrarbe, Aragón (España). Se reparte entre los términos municipales de Bielsa, Fanlo, Puértolas, Tella-Sin, Torla-Ordesa y Broto.

Es el segundo parque nacional más antiguo de España, tras ser declarado el 16 de agosto de 1918 mediante el Real Decreto 16-08-1918 con el nombre de Valle de Ordesa. El 13 de julio de 1982, con la Ley 52/1982 el Parque se amplió y se reclasificó bajo el nombre actual.

El Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido está compuesto por 15.608 has. Cinco municipios aportan parte de sus términos municipales a la zona central del Parque.

- Torla, 2.315 has.
- Fanlo, 8.265 has.
- Tella-Sin, 731 has.
- Puértolas, 2.473 has.
- Bielsa, 1.824 has.

El Parque Nacional dispone de una Zona Periférica de Protección de 19.679 has como medida de protección especial para los recursos del Parque Nacional, incluidos los valores

paisajísticos. Se trata de suelo no urbanizable de protección especial. En él sólo se permiten los aprovechamientos tradicionales compatibles con las finalidades del Parque.

En la actualidad la afluencia de visitantes al Parque oscila entre los 650.000 y los 700.000 anuales, con un máximo en el mes de agosto (alrededor de 170.000 visitantes) y un mínimo en enero (alrededor de 5.000 visitantes). Su distribución por valles o sectores es: Ordesa 52%, Añisclo 23%, Pineta 21 % y Escuaín 4%. La capacidad de acogida del sector Ordesa es de 1.800 visitantes simultáneamente; la del sector Añisclo, de 650 visitantes; la del sector Escuaín, de 325 visitantes; y la del sector Pineta, de 900 visitantes.

Esta limitación comporta la regulación de las carreteras de acceso al Parque, así como la incentivación de sistemas de transporte de carácter colectivo al interior del Parque a partir de aparcamientos alternativos a los situados originalmente en el interior del Parque (Aparcamientos de *La Pradera* de Ordesa y *La Tella* en Añisclo). El emplazamiento de estos aparcamientos disuasorios, piezas clave de la regulación de la visita del Parque en el período estival, es: Torla, Vio y Vadiello (Puértolas).

El uso público del parque está sometido a importantes variaciones en cuanto a su visita. El 50% de sus visitantes acuden a él en los meses del verano, período propicio para recorrer los senderos de montaña.

Así, en su gestión se han abordado la puesta en marcha de un sistema de acceso mediante transporte público colectivo en el valle de Ordesa mediante autobuses lanzadera que conectan el aparcamiento situado en el pueblo de Torla con Ordesa. Este sistema entraña la complejidad lógica de dar servicio a más de 120.000 personas entre Semana Santa y el período de julio a mediados de octubre; sin embargo, los beneficios son indudables para el valle de Ordesa, afectado durante año por la excesiva concentración de coches y personas.

Existe en la actualidad un servicio de autobuses lanzadera al sector Ordesa desde la localidad de Torla. Su periodo de funcionamiento es en 2018: del 29 marzo al 1 de abril (Semana Santa), del 28 de abril al 1 de mayo, del 30 de junio al 16 de septiembre, y del 12 al 14 de octubre.

Los turismos, autocares, motos y bicicletas disponen de un aparcamiento situado en Torla, con capacidad para 386 turismos y 17 autocares. El servicio diario de ida, entre Torla y la Pradera de Ordesa, comienza a las 06:00 horas -excepto en octubre que empieza a las 07:00 horas-. Termina a las 19:00 horas en los meses de julio y agosto. En Semana Santa y octubre, el horario de subida es hasta las 18 horas. El servicio diario de vuelta entre la Pradera de Ordesa y Torla finaliza a las 22:00 horas durante los meses de julio y agosto. En Semana Santa y octubre el último retorno es a las 20:30 horas, y en septiembre a las 21.00 horas. Los intervalos de salida son cada 15 o 20 minutos.

La capacidad del Parque en el sector de Ordesa, por motivos de preservación, es de 1.800 personas simultáneamente, una vez superada ésta se suspendería el servicio hasta que descienda dicha cantidad con el retorno de visitantes.

3. Los modelos de sistemas dinámicos aplicados a la sostenibilidad medioambiental

Uno de los ámbitos en los que se ha aplicado la modelización de sistemas dinámicos ha sido el de la sostenibilidad medioambiental. Han sido especialmente autores norteamericanos los que han desarrollado una serie de interesantes trabajos, aplicando la dinámica de sistemas a la gestión de espacios naturales protegidos y al control de los impactos ambientales que generan los miles de personas que los visitan anualmente.

Para ilustrar esta corriente de investigación, Cole (2005) hace una compilación de 12 estudios de caso estadounidenses sobre el uso de simulación de modelos por ordenador

aplicados a la planificación y gestión de actividades en espacios naturales. En estos estudios de caso se simula el flujo de visitantes, ya sea a pie, en bicicleta, en vehículo o en embarcación, cómo y por dónde se desplazan, y qué actividades realizan.

La obra de Nguyen (2012) es una referencia básica. Este autor parte de la premisa del desafío que supone la preservación de los parques nacionales para las generaciones venideras. Muchos de ellos en todo el mundo ya están experimentando la degradación de sus recursos naturales debido a la saturación de sus accesos y caminos.

En el *Glacier National Park* de Montana ha ocurrido lo mismo debido al aumento de visitas año tras año, desde su inauguración en 1932. En 2007 se llevó a cabo un proyecto de restauración de su principal vía de acceso, y se introdujo un sistema gratuito de autobuses lanzadera para disminuir la congestión de sus accesos, el cual ha recibido valoraciones positivas por parte de usuarios, gestores del parque e investigadores.

A partir de aquí, se plantea el uso de la simulación de sistemas dinámicos para evaluar el efecto de esta decisión. Se construye el modelo sobre el esquema de ocupación típico de un día de julio en el parque. Así, el modelo permite revelar el comportamiento de los visitantes y explorar posibles medidas para mejorar la gestión de accesos e itinerarios. Se crean tres sub-modelos conectados entre sí: el sub-modelo de tráfico, el sub-modelo del autobús lanzadera, y el sub-modelo de itinerarios a pie. Los resultados ya permiten ver que, si bien la lanzadera reduce la congestión del tráfico, no acaba con la congestión de los aparcamientos. Esto es debido principalmente al gran número de vehículos que llegan a los aparcamientos, pero no consiguen encontrar plaza para aparcar. El autobús lanzadera permite aumentar entre un 18 y un 22% el número de senderistas que llegan al punto inicial en el centro de visitantes de Logan Pass.

En el trabajo de Nguyen (2012) se realizan distintos test, incluyendo variaciones de la capacidad de los aparcamientos, del número de visitantes, del tiempo de visita y de la capacidad de los autobuses. El trabajo revela cómo el sistema de lanzadera descongestiona los accesos por carretera, pero aumenta los efectos sobre los senderos al ser capaz de llevar a ellos a más gente.

En el modelo de Nguyen (2012) se ha recreado toda la compleja estructura de interacciones entre visitantes a pie y en vehículo, autobuses lanzadera e itinerarios a pie, comparando escenarios con distintas modalidades y capacidades del sistema de lanzaderas. El horizonte temporal es de 12 horas, y para el número de visitantes se tienen en cuenta el máximo anual de 2 millones.

Esto supone una importante novedad que conviene destacar, ya que es el primer estudio que emplea *Vensim* para analizar un modelo intradía, a diferencia de trabajos precedentes que lo empleaban para horizontes temporales de varios años. Esta opción es la misma que se va adoptar en el presente estudio.

Posteriormente, el propio Ford, Nguyen et al., (2012), revisó cómo se estaba implementado el modelo simulado para el *Glacier National Park*, y cómo estaba sirviendo para el desarrollo de la gestión de las visitas a largo plazo.

En el Parque Nacional de Yosemite encontramos los trabajos de White et al., (2012), y de Manning (2012). El primero de ellos simula un modelo sobre la capacidad de visitantes y transporte del parque. Se tienen en cuenta parámetros de calidad como la duración de los trayectos, la saturación de los itinerarios, y el número de vehículos con los que se cruza un visitante. Dado que los últimos patrones de visitas están fuera del límite de aceptabilidad, será necesario utilizar el modelo para probar en distintos escenarios las posibles alternativas que por parte de los gestores del parque se deberían llevar a cabo. En el segundo caso se estudia la capacidad de carga del parque. Se integran indicadores de calidad percibidos por los usuarios del parque durante su visita, número de usuarios por cada zona, y una

simulación del modelo para determinar los valores máximos de capacidad de carga diaria que respetasen los estándares mínimos de calidad. Para esta capacidad de carga se establecen distintos niveles: preferible, aceptable, que requiere una acción de los gestores, y umbral máximo.

Otro caso interesante es el del Parque Nacional del Gran Cañón y las embarcaciones que lo recorren descendiendo el río Colorado. Así tenemos a Gimblett et al., (2000), con un estudio sobre un modelo de simulación para el uso de río Colorado por parte de los visitantes y empresas turísticas. El modelo permite simular la programación anual de visitantes, reservas, tamaño y capacidad de cada embarcación, etc., permitiendo visualizar los resultados de forma gráfica en un Sistema de Información Geográfica que, mediante colores, identifica las zonas donde se va a producir saturación y cuándo ocurrirá. Esto permite programar mejor las salidas de las embarcaciones, planificar estrategias y medidas adoptar antes del comienzo de la temporada.

Otro trabajo similar sería el de Roberts y Bieri (2001), en el que analizan cómo afecta el caudal del río Colorado al uso turístico del parque por parte de los visitantes que lo recorren en embarcaciones: tiempo en el agua y fuera del agua, ubicación de los campamentos, paradas realizadas, etc. En la época de caudal bajo, los turistas llegan a pasar un 50% menos de tiempo en las actividades fuera del río.

Los espacios naturales españoles no han quedado al margen de estas tendencias en investigación de modelos sobre sistemas dinámicos.

Sobre el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, Vielva (2017) desarrolla el sistema de aforadores automáticos que emplean para el conteo de vehículos, peatones y bicicletas. Además, han implementado el conteo por telefonía móvil, que permite conocer los flujos de entradas y salidas, rutas utilizadas por los visitantes y zonas de concentración en el interior del parque. Todo esto, complementado con encuestas y muestreos en los aparcamientos para determinar la ocupación media de los vehículos, lo emplean para alimentar su modelo y extrapolar resultados útiles para la gestión del parque.

En cuanto a las Islas Canarias, pueden destacarse dos trabajos. En el primero de ellos, Hernández (2017) explica el sistema de aforadores que tienen en el Parque Nacional del Teide, desde 1996, para contabilizar vehículos y personas que acceden al parque. Hace un estudio cuantitativo de la evolución del número de visitantes en los últimos años. En una encuesta que realizaron en el año 2016 a los usuarios, se refleja la demanda de más aparcamientos y menores accesos, así como la percepción de saturación en temporada alta.

El segundo de los trabajos insulares es el de Um y Momo (2010), en el que desarrollan con *Vensim* modelos dinámicos de sistemas sostenibles de turismo. Se contraponen los comportamientos del turismo de masas y el turismo ecológico, para posteriormente ver la velocidad de degradación del ecosistema y por cuánto tiempo será sostenible. Como resultado se observa que la sostenibilidad del ecosistema sólo se cumple cuando hay un mayor grado de turismo ecológico.

Por último, hacer referencia a los trabajos de Marquina (1997), (2003), (2017), y Rada, Marquina y Viñuales (2011), ya que en ellos se explica la problemática particular del parque en cuanto a sus accesos y la gestión del flujo de visitantes, así como las medidas que se han adoptado para regularlo, como por ejemplo el sistema de autobuses lanzadera.

4. Materiales y métodos

Para este estudio, los datos se han obtenido de fuentes institucionales. En concreto, del Instituto Aragonés de Estadística, y de los agentes gubernamentales encargados de la administración y gestión del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: el Organismo

Autónomo de Parques Nacionales, dependiente del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación – Ministerio para la Transición Ecológica, y el Equipo de Uso Público del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.

Entre los datos obtenidos tenemos los siguientes:

- Número de visitantes por año a los Parques Nacionales en España. Años 1989-2015 (IAE, 2018).
- Porcentaje de Visitantes en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido sobre el total de Parques nacionales. Años 1989-2015.
- Estimación de las visitas mensuales a los cuatro sectores (Ordesa, Pineta, Añisclo, Escuaín) del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Años 2013-2017.
- Conteo de personas por hora que acceden al parque, realizado el 4 de agosto de 1994.
- Número de autobuses lanzadera empleados cada día del mes de agosto de 2009.
- Capacidad de cada autobús (entre 50 y 60 pasajeros).
- Número de visitantes diarios, entre los años 2005 y 2015, desde el mes de junio al mes de noviembre.

De la normativa que regula el uso del parque, se ha obtenido:

- Capacidad de acogida diaria de cada sector, en número de visitantes, y en vehículos en el caso del aparcamiento de Torla.

Además de los datos estadísticos, de bibliografía genérica se ha obtenido:

- Número de infraestructuras de que dispone el parque (centros de visitantes, centros de información, aparcamientos, miradores).

Los datos provienen de fuentes que tienen acceso directo a la información del parque. Estos datos se han obtenido mediante la observación directa, sus propios informes y estudios, encuestas a visitantes, y más recientemente, mediante dispositivos aforadores para el conteo de personas y vehículos que acceden al parque.

4.1 Desarrollo del modelo

El modelo que se ha desarrollado en este trabajo es el correspondiente al sistema dinámico que se establece por el flujo de visitantes en el sector de Ordesa del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, durante el periodo estival.

Durante este periodo, los visitantes llegarán, ya sea en turismos o en autobuses, hasta el parking público de la localidad de Torla (1.032 m), el cual tiene una determinada capacidad de plazas de aparcamiento para cada tipo de vehículo: 386 turismo y 17 autobuses.

Una vez ahí, se dirigirán a la parada del sistema de autobuses lanzadera, que los llevará 8 km carretera arriba hasta la Pradera de Ordesa (1.310 m), punto final del trayecto, y donde comenzarán la visita al parque a través de sus senderos.

La Pradera de Ordesa tiene una capacidad de carga simultánea limitada (1.800 personas), y en caso de superarse esta cantidad los responsables del parque restringirán el acceso hasta que el número de visitantes vuelva a descender de ese límite.

El sistema de lanzadera tiene una frecuencia de subida y de bajada variable, en función de los visitantes que se acumulen esperando para subir o bajar. El número de autobuses disponibles queda determinado por el contrato suscrito por el órgano gestor del parque con

la empresa de transportes que proporciona el servicio. Dentro del pliego de condiciones, se establece que la capacidad de los autobuses lanzadera será de entre 50 y 60 plazas.

Una vez finalizan de recorrer los senderos del parque, los turistas vuelven a tomar el autobús lanzadera que los devuelve al parking de Torla, donde embarcan en sus autobuses o turismos, y salen del parque.

4.2 Variables del modelo

Las variables son obtenidas del análisis previo de los materiales y datos, y después son introducidas en el modelo generado en *Vensim*. La formulación más importante del mismo es la siguiente (en orden alfabético).

Afluencia por hora: Se ha obtenido a partir del conteo de visitantes realizado el 4 de agosto de 1994.

Autobuses en Parking: Son los autobuses que quedan aparcados en el parking de Torla.

Capacidad lanzadera: Es la capacidad del autobús lanzadera. Se toma como valor inicial 50.

Capacidad parking autobuses: Es la capacidad del estacionamiento de autobuses del parking de Torla. Tiene una capacidad máxima de 17 autobuses.

Capacidad parking turismos: Es la capacidad del estacionamiento de turismos del parking de Torla. Tiene una capacidad máxima de 386 turismos.

Capacidad Pradera: Es la capacidad de carga máxima, de manera simultánea, de visitantes en la Pradera de Ordesa. Su valor está fijado por la normativa actual en 1.800 visitantes.

Espera acceso: Si se supera ese límite de 1800 visitantes simultáneamente en la pradera, los que sigan llegando tendrán que esperar a que otros visitantes vayan saliendo para poder acceder.

Frecuencia subida: Es el número de autobuses que sube cada hora desde Torla a la pradera. En base a datos del año 2009, podemos establecer que el máximo de autobuses diarios disponibles será de 6, según pliego de prescripciones técnicas de dicho año. Actualmente, hay una serie de horarios fijos a primera y última hora, y el resto suben y bajan conforme se vayan completando, aproximadamente cada intervalo de 15-20 minutos.

Frecuencia bajada: Es el número de autobuses que baja cada hora desde la pradera a Torla. Al igual que con la frecuencia de subida, se ha tenido en cuenta el máximo de 6 autobuses diarios disponibles.

Llegada autobuses por hora: Es el número de autobuses que llegan cada hora al parking de Torla, y depende directamente de la variable N° Autobuses.

Llegada turismos por hora: Es el número de turismos que llegan cada hora al parking de Torla, y depende directamente de la variable N° Turismos.

Llegadas por hora: Medida en visitantes, es el producto de Afluencia por hora por Visitantes diarios.

N° Autobuses: Depende directamente de las Llegadas por hora, y su gráfica adopta la misma forma.

N° Turismos: Depende directamente de las Llegadas por hora, y su gráfica adopta la misma forma.

Ocupación Autobuses: Es el número de visitantes que llegan en cada autobús a Torla. No existiendo datos relativos al Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, se ha tomado como referencia el estudio de Hernández (2017) sobre el Parque Nacional del Teide. En dicho estudio la media anual de ocupación de autobuses era de 38,59 personas. Teniendo en cuenta que en nuestro modelo estamos considerando la época de máxima afluencia en el sector de Ordesa, se ha decidido elevar esta cantidad hasta 50, que emplearemos como valor inicial.

Ocupación Turismos: Es el número de visitantes que llegan en cada turismo a Torla. No existiendo tampoco datos, igualmente se ha tomado como referencia el estudio de Hernández (2017). En dicho estudio la media anual de ocupación de turismos era de 2,94 personas. Teniendo en cuenta que en nuestro modelo estamos considerando la época de máxima afluencia en el sector de Ordesa, se ha decidido elevar esta cantidad hasta 4, que emplearemos como valor inicial.

Porcentaje de personas que llegan en autobús: Es el valor complementario a las personas que llegan en turismo.

Porcentaje de personas que llegan en turismo: Se toma como valor inicial un 80%.

Salida: Son los visitantes que bajan en la lanzadera, y que al regresar al parking, embarcarán en los autobuses y turismos para salir del parque.

Salida autobuses por hora: Se introduce esta variable para simular cómo se vacía el parking de autobuses, según van regresando los visitantes que ya han visitado la pradera y que han bajado con la lanzadera.

Salida turismos por hora: Se introduce esta variable para simular cómo se vacía el parking de turismos, según van regresando los visitantes que ya han visitado la pradera y que han bajado con la lanzadera.

Sistema lanzadera: Nos indica el número de visitantes que sube cada hora con las lanzaderas.

Turismos en Parking: Es el número de vehículos estacionados simultáneamente en el parking de Torla.

Visitantes diarios: Es el número de visitantes que acuden durante un día al sector Ordesa. Se ha obtenido que la media de visitantes diarios al sector Ordesa en agosto de 2017 es de 1789. Por ello, se establece como valor inicial 1.800.

Visitantes en Parking: Son los visitantes que quedan en el parking de Torla esperando a subir a la pradera con los autobuses lanzadera.

Visitantes en Pradera: Son los visitantes que han llegado a la pradera y que se encuentran efectivamente visitando el parque a través de sus senderos.

Time (tiempo): La simulación tendrá como ámbito temporal 1 día. La unidad temporal para la simulación será la hora.

4.3 Diagramas de flujos

Dentro del sistema dinámico que se establece dentro del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, podemos distinguir distintos sub-sistemas y sus relaciones a través del diagrama.

El sub-sistema base lo genera la entrada en el sistema de los visitantes, que una vez en el parking de Torla, tienen que esperar para subir a la Pradera de Ordesa con el sistema de

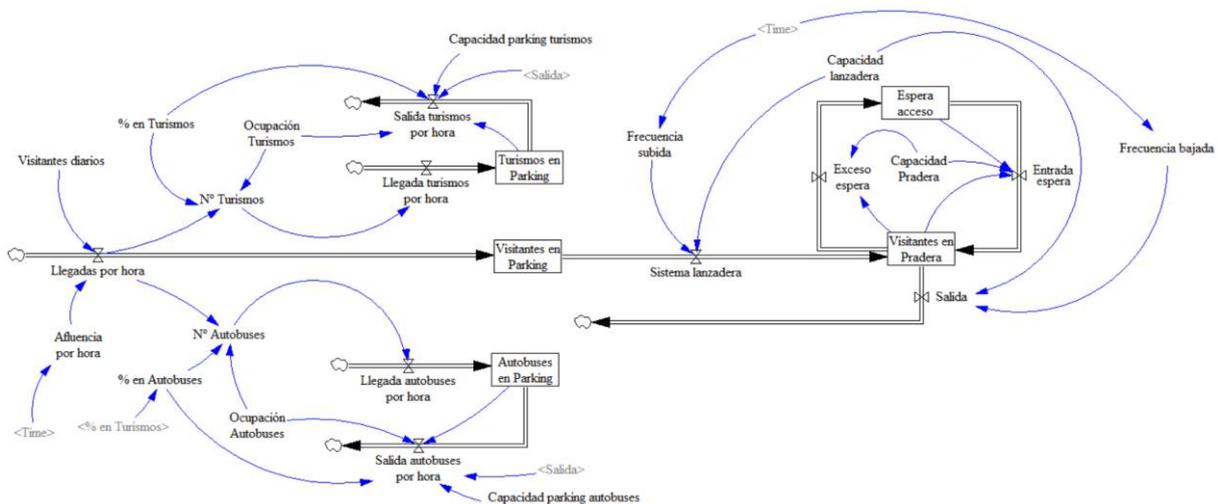
lanzaderas, para posteriormente regresar de vuelta una vez finalizada la visita y salir del sistema.

Con el flujo de llegada de visitantes, se establece un sub-sistema para los turismos, los cuales llegan transportando visitantes, estacionan en sus plazas de parking, y salen una vez finalizada la visita. Idéntico sub-sistema se establece en el caso de los autobuses.

El sistema de lanzaderas constituye otro sub-sistema, con su cadencia de subidas y bajadas transportando visitantes.

Por último, se establece otro sub-sistema que se activa sólo si el número de visitantes que llega a la pradera sobrepasa la capacidad de carga de la misma. En este caso, tendrían que esperar hasta que otros visitantes salgan y se les permita acceder.

Figura 1: Gráfico, en forma de diagramas de Forrester, del acceso al Parque Natural



5. Resultados y discusión

Se plantea la optimización de los flujos de visitantes mediante la generación de una serie de estrategias válidas para su comparación

Escenarios

Se plantean dos escenarios diametralmente opuestos con respecto a la situación presente, pero que perfectamente pudieran presentarse en el futuro.

Escenario A: Aumento del número de visitantes diarios hasta alcanzar la capacidad de carga de la pradera.

Escenario B: Necesidad de reducir los impactos sobre el parque, reduciendo un 50% el número de visitantes diarios.

Estrategias

Ante estos escenarios, se plantean las siguientes estrategias que los gestores del parque pueden adoptar.

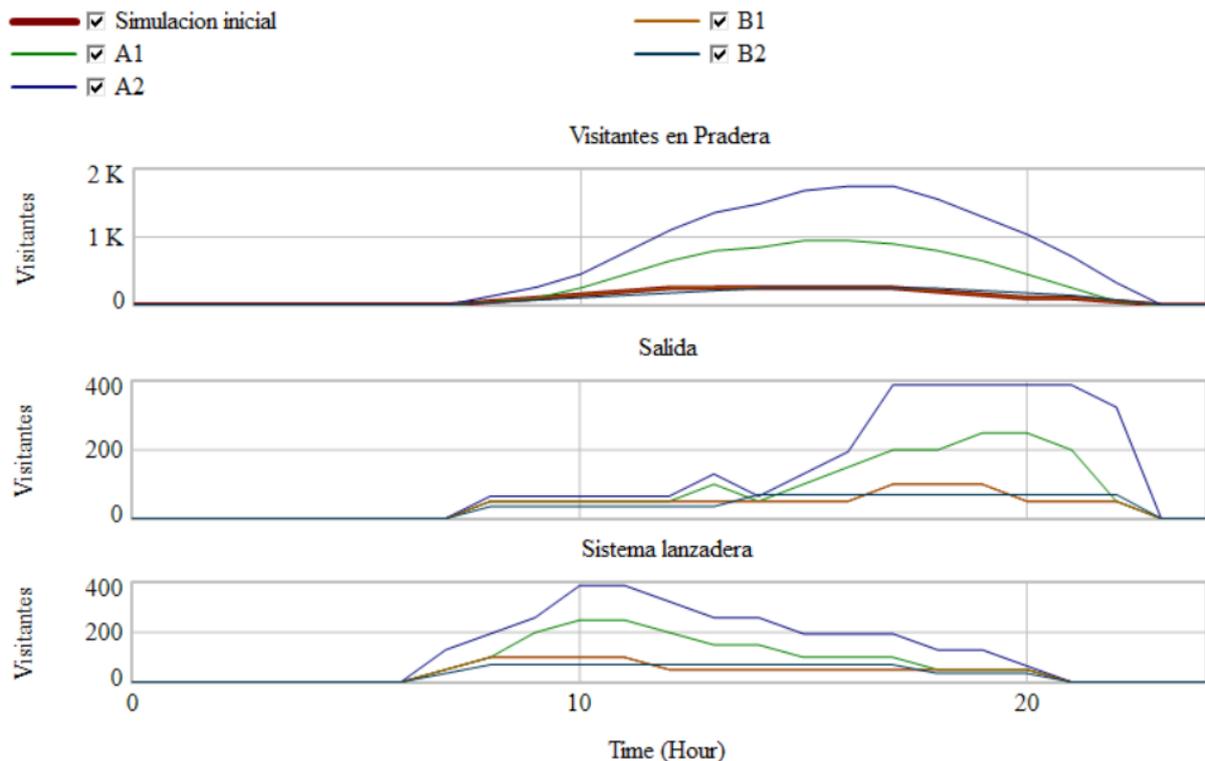
Estrategia A.1: Aumentar la capacidad de aparcamiento en Torla.

Estrategia A.2: Aumentar la frecuencia y capacidad de las lanzaderas.

Estrategia B.1: Reducir la capacidad de aparcamiento en Torla, fomentando el uso de transporte colectivo.

Estrategia B.2: Reducir la frecuencia y capacidad de las lanzaderas.

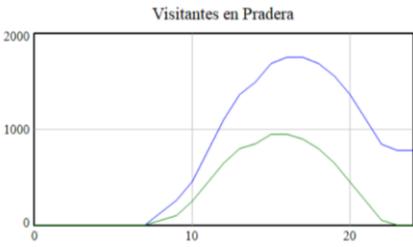
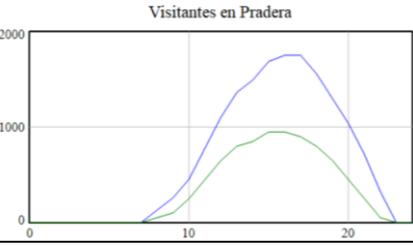
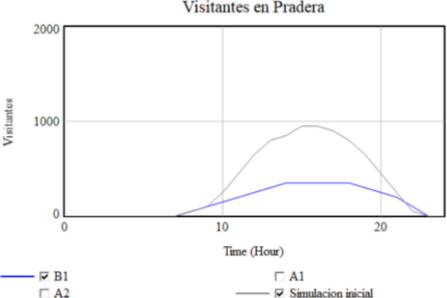
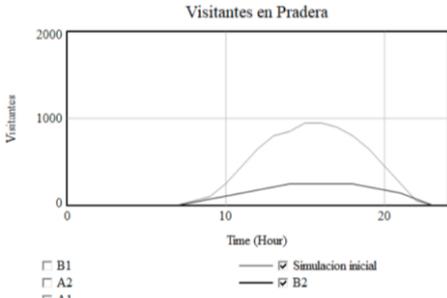
Figura 2: Resultados de la simulación para diferentes estrategias de simulación planteadas para la optimización, frente a la situación inicial.



En la siguiente tabla se recoge la simulación realizada sobre el modelo para cada combinación escenario-estrategia. Se efectúa empleando la función *SyntheSim*. Sólo se interviene sobre las variables que se mencionan, dejando el resto con el mismo valor inicial.

Tabla 1: Resultados de la simulación para diferentes estrategias de simulación planteadas para la optimización, frente a la situación inicial.

Esc.	Estr.	Simulación	Resultado	Comentarios
A	A.1	Aumentar plazas turismos a 500 y plazas autobuses a 20.	Podrían llegar a Torla hasta 3.650 visitantes diarios, pero hay que aumentar las lanzaderas para llevarlos a la pradera.	Sin más lanzaderas, se genera exceso de visitantes que no llega a subir. 

A	A.2	Aumentar la capacidad de las lanzaderas a 65, y poner una lanzadera más de subida cada hora.	Se alcanzan los 1.755 visitantes en la pradera. El aumento de visitantes diarios no afecta.	
Habría entonces que aumentar también la frecuencia de bajada, especialmente en las horas finales del día.				
B	B.1	Visitantes diarios = 900. Se reducen las plazas para turismos a 200 y las de autobuses a 10. Se fomenta para que el porcentaje en autobús sea del 60%.	Se reduce el número de visitantes que llegan a la pradera. Se puede reducir al número de lanzaderas hasta 2 por hora en cada sentido.	
B	B.2	Visitantes diarios = 900. Se reduce capacidad de lanzaderas a 35.	Se tiene que reducir también la frecuencia de las lanzaderas, hasta 3 por hora en cada sentido.	

5.3 Análisis de sensibilidad

Se ha analizado la sensibilidad del modelo mediante la función *SyntheSim* incluida en el software *Vensim PLE*, comprobando qué variaciones de las variables permiten la aparición de resultados extremos, críticos o imposibles, encontrándose que todos los resultados que pudieran ser considerados no reales, son fácilmente solucionables o no tienen influencia en el resultado final del modelo.

5.4 Verificación y validación del modelo

Se hace necesario comprobar si los resultados del modelo se ajustan a los datos históricos conocidos. Se ha observado que en todo momento se respetan los límites de capacidad, y se cumple que el sistema de lanzaderas desplaza efectivamente a los visitantes tanto a la ida como a la vuelta (el parque se llena y se vacía en el día).

También se ha comprobado que las relaciones observadas en este modelo se corresponden con un alto grado de coincidencia con las mostradas por los modelos relatados en las referencias

6. Conclusiones

Este modelo construido para el caso del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido ha puesto de relieve las intrincadas relaciones entre el flujo de visitantes, las zonas de aparcamiento y el sistema de autobuses lanzaderas.

El desarrollo del modelo es adecuado y suficiente para demostrar la utilidad de aplicar la metodología de la dinámica de sistemas a la gestión de un Parque Nacional, que permitirá ensayar las políticas que en materia de sostenibilidad medioambiental se quieran llevar a cabo.

En este modelo se aprecia que, dado que los visitantes se reparten a lo largo del día, el máximo que se alcanza en la pradera es inferior al total diario. Algo que resulta evidente, puesto que ya hay visitantes que comienzan a marcharse al medio día mientras otros todavía siguen subiendo.

Si se desea optimizar el uso de las lanzaderas, será necesario modificar sus frecuencias de subida y bajada en función del número de visitantes diarios.

Respecto al uso de autobuses y turismos, en este modelo existen dos sub-sistemas para el flujo de llegadas, salidas y estacionamientos de estos vehículos, uno para cada uno de ellos. Se observa que sólo tiene repercusión cómo se distribuyen los visitantes a la hora de optar por un medio de transporte u otro.

Lo verdaderamente determinante para la carga sobre la pradera es el sistema de lanzadera. Se ha podido comprobar que los flujos en Torla no afectan, y que el verdadero cuello de botella los crea el sistema de autobuses lanzadera, que depende de su frecuencia y capacidad de visitantes por lanzadera.

Aquí puede verse un importante resultado para los gestores del parque: sería preferible apostar por las mejoras encaminadas al sistema de lanzadera, más que por las destinadas a los accesos a Torla o a una eventual ampliación de las plazas de aparcamiento.

Los resultados obtenidos inspiran un grado elevado de credibilidad y fiabilidad sobre el modelo. El comportamiento simulado en los distintos escenarios proporciona resultados lógicos y predecibles de manera intuitiva, coincidentes con trabajos anteriores como el de Nguyen (2012), el cual concluye que es el sistema de lanzaderas el que contribuye en mayor medida a descongestionar el parque *Glacier National Park*, en Montana,

El servicio de transporte también pone a más personas en los senderos y en el Logan Pass Visitor Center. El aumento oscila entre el 18 y el 22%.

7. Bibliografía y referencias

Cole, D., 2005. Case Studies of Simulation Models of Recreation Use. Washington: USDA Forest Service.

Ford, A., Nguyen, T., Beall, A., 2012. Modeling Support for National Park Planning: Initial Results from Glacier National Park. Pullman: Washington State University.

Gimblett, R., Roberts, C. A., Daniel, T. C., Ratliff, M., Meitner, M. J., Cherry, S., Stallman, D., Bogle, R., Allred, R., Kilbourne, D., Bieri, J., 2000. An Intelligent Agent Based Model for Simulating and Evaluating River Trip Scenarios Along the Colorado River in Grand Canyon National Park. En R. Gimblett (Ed.), Integrating GIS and Agent based

- modeling techniques for Understanding Social and Ecological Processes (págs. 245-275). Santa Fe: Oxford University Press.
- Hernández, J. C., 2017. Parque Nacional del Teide. Visita actual y retos de futuro. Tenerife: Universidad de la Laguna, Jornadas sobre la movilidad en los Parques Nacionales.
- Manning, R. 2002. Estimating day use social carrying capacity in Yosemite national park. *Leisure/Loisir* 27, 77-102.
- Marquina, L., 1997. Uso público en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Algunas reflexiones sobre su gestión. Segovia: Centro Nacional de Educación Ambiental.
- Marquina, L., 2003. La gestión en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, *Revista Ambienta*, suplemento Parques Nacionales, julio-agosto 2003, 7-12.
- Marquina, L., 2017. La regulación de accesos en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido Autobuses lanzadera en el valle de Ordesa. Huesca: Equipo de Uso Público del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido.
- Nguyen, T., 2012. System dynamics simulation for park management: a case study of Glacier National Park, Montana. (Tesis del Doctorado de la Escuela de Medio Ambiente, Washington State University, 2012). Obtenido de <https://research.libraries.wsu.edu:8443/xmlui/handle/2376/4096> (consultado el 08/04/2019)
- Rada, B., Marquina, L., Viñuales, E., 2011. Guía de Visita. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido. Madrid: Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Roberts, C. A., Bieri, J. A., 2001. Impacts of Low flow Rates on Recreational Rafting Traffic on the Colorado River in Grand Canyon National Park. Arizona: Grand Canyon Monitoring and Research Center.
- Um, E., Momo, F., 2010. Modelo de simulación del turismo ecológico en la isla de Gran Canaria basado en un modelo de simulación con *Vensim*. *Boletín de Dinámica de Sistemas*. Obtenido de <http://dinamica-de-sistemas.com/revista/1210c.htm> (consultado el 08/04/2019)
- Vielva, J. A., 2017. La movilidad en el interior de los espacios protegidos. Centro de investigación seguimiento y evaluación del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama. Tenerife: Universidad de la Laguna, Jornadas sobre la movilidad en los Parques Nacionales
- White, D. D., Tschuor, S., Byrne, B., 2012. Assessing and Modeling Visitors' Evaluations of Park Road Conditions in Yosemite National Park. Hancock: The George Wright Forum.