

Aplicación del modelo FPEIR para la evaluación del ecosistema de oasis: Caso del oasis de Todgha (sudeste de Marruecos)

M'HAMED AHRABOUS (*)

MARIA DOLORES DE-MIGUEL (**)

FATIMA ARIB (***)

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el modelo FPEIR (Fuerzas impulsoras, presiones, estado, impactos y respuestas) se ha popularizado entre los científicos y los responsables de formular políticas (Svarstad *et al.*, 2008) como un marco conceptual para las evaluaciones ambientales, proporcionando una metodología estandarizada para la trazabilidad, la replicabilidad y la rendición de cuentas, facilitando la comunicación de la política pertinente (Patricio *et al.*, 2014; Svarstad *et al.*, 2008). El modelo FPEIR permite proporcionar y comunicar información sobre el estado y los factores causales de los problemas ambientales. Debido a la naturaleza interdisciplinaria de estos y sus vínculos con otros factores socio-técnicos, políticos y

(*) *Instituto Agronómico y Veterinario Hassan II - Rabat (Marruecos)*

(**) *Departamento de Economía de la Empresa. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena (España)*

(***) *Facultad de Ciencias Jurídicas, Económicas y Sociales. Universidad Cadi Ayyad, Marrakech (Marruecos)*

Este artículo procede de la comunicación presentada al XII Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria (AEEA), celebrado en Lugo, 4-6 de septiembre de 2019, bajo el lema: "La Sostenibilidad Agro-territorial desde la Europa Atlántica."

Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 256, 2020 (79-105).

Recibido noviembre 2019. Revisión final aceptada junio 2020.

económicos, se requiere un análisis holístico para la recopilación, análisis y evaluación de diversos datos o información.

El modelo FPEIR está anclado en el marco de respuesta al estrés desarrollado por Statistics Canada a finales de la década de 1970. En la década de 1990, este enfoque fue desarrollado por, entre otros, la OCDE (2003) y la UN (1999, 2001). Este modelo se desarrolló por primera vez en su forma actual en dos estudios de la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 1995, Holten-Andersen *et al.*, 1995) y posteriormente modificado por EEA (2014) en su glosario. Cooper (2013) y Svarstad *et al.* (2008) proporcionaron una revisión completa sobre la base teórica del modelo FPEIR.

El modelo FPEIR y sus versiones anteriores son las metodologías preferidas para desarrollar indicadores interdisciplinarios, diseñar sistemas y modelos para estructurar y evaluar programas de investigación integrados (EEA, 2005; Zhou *et al.*, 2013; Malekmohammadi y Jahanishakib, 2017; Ehara *et al.*, 2018). También facilita la comunicación entre investigadores de diferentes disciplinas, los responsables de formular políticas y las partes interesadas involucradas en lo relativo al medio ambiente (Spanò *et al.* 2017; Liu *et al.*, 2019).

El objetivo de este estudio es evaluar el estado ambiental y socio-económico del ecosistema de oasis de Todgha mediante la aplicación del modelo FPEIR, resaltando para ello los indicadores específicos de este ecosistema. El oasis se encuentra en el sur del Alto Atlas y al norte del Anti Atlas, en el sureste de Marruecos. La economía de la región se basa en la agricultura, el comercio y el turismo (Haddache 2011). Además, muchas familias obtienen su sustento de mercancías procedentes del exterior, particularmente de Europa. La región se beneficia de un valle y una exuberante vegetación que consiste en un vasto oasis de palmeras y olivos y Todgha Gorge (montañas del Alto Atlas), así como edificios históricos, incluidas las antiguas *Kasbahs* y *ksours*.

En cuanto a la estructura del artículo, la sección 2, presenta la metodología de trabajo y el campo de estudio. En la sección 3 se dan ejemplos sobre la selección de indicadores FPEIR en estudios previos. A continuación se analizarán los resultados en la sección 4. El artículo se concluirá con una conclusión en la sección 5 y referencias bibliográficas en la sección 6.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Modelo de Análisis FPEIR

Los cinco componentes del modelo están unidos por fuertes relaciones: las fuerzas impulsoras generan la presión, las presiones influyen/modifican el estado; los estados causan impactos; los impactos estimulan o piden respuestas; y las respuestas modifican o reemplazan las fuerzas impulsoras, eliminan/reducen/evitan presiones, restauran/influyen estados y compensan o mitigan los impactos.

Figura 1

MODELO DE ANÁLISIS FPEIR (FUERZAS IMPULSORAS, PRESIONES, ESTADO, IMPACTOS Y RESPUESTAS)



Nota: Según el Libro Digital del Agua del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España (<https://servicio.mapama.gob.es/sia/indicadores/modelo.jsp>)

El modelo FPEIR encarna una perspectiva sistémica, que implica la demarcación de un sistema particular de interés, con límites explícitos o implícitos. El sistema está limitado de dos maneras. a) por la escala en la que se definen los impactos y por la escala de respuestas y las fuerzas impulsoras que afectan a este sistema (por ejemplo, desde cambios económicos locales hasta acuerdos ambientales globales).

Los límites no necesariamente coincidirán; las respuestas y las fuerzas impulsoras que operan a diferentes escalas a menudo determinarán los impactos individualmente. La delimitación de estos límites depende del tema particular de interés y su conceptualización, que está fuertemente influenciada por la perspectiva de quienes usan el modelo.

Al ver el oasis como un sistema, su estado puede evaluarse recopilando informes, documentos, datos e información publicados, o no publicados, sobre el oasis de una gran cantidad de fuentes y analizándolos en un marco establecido.

Las fuerzas impulsoras, en forma de desarrollo social, económico o ambiental, ejercen presión; por lo tanto, el estado del medio ambiente cambia. Esto conduce a impactos que pueden provocar respuestas sociales que afectan las fuerzas impulsoras, las presiones, los estados o los impactos (EEA, 2001). Por ejemplo, una mayor demanda de alimentos puede conducir a la intensificación de la agricultura a través del mayor uso de fertilizantes, lo que aumenta los flujos de nitrato en los cursos de agua cercanos (presión), ello conduce a la eutrofización, afectando a las masas de agua, especialmente en aguas abajo (estado), y los cambios posteriores en la vida acuática y la biodiversidad (impacto). Para remediar esta situación (respuesta), se podrían aumentar los impuestos a los fertilizantes o se podrían hacer cambios en las prácticas de gestión de la tierra para reducir la lixiviación de nitratos.

2.1.1. Las Fuerzas impulsoras

Las fuerzas impulsoras se refieren a procesos fundamentales en una sociedad, que conducen a actividades que tienen un impacto directo, en este caso, en el entorno del oasis. Una «fuerza impulsora» es una necesidad (por ejemplo, tierras agrícolas, energía, industria, transporte, vivienda). Esta es la causa subyacente que causa las presiones ambientales. Ejemplos de las fuerzas impulsoras principales son la necesidad de refugio, comida y agua, mientras que los ejemplos de las fuerzas impulsoras secundarias son la necesidad de movilidad, entretenimiento y cultura (Scriban *et al*, 2017).

Para el sector industrial, una fuerza impulsora puede ser la necesidad de ser rentable y producir a bajo coste, mientras que para un país, una

fuerza impulsora puede ser la necesidad de mantener bajos los niveles de desempleo. En un contexto macroeconómico, los procesos de producción o consumo se estructuran según los sectores económicos (por ejemplo, agricultura, energía, industria, transporte, hogares).

2.1.2. Presión

Las presiones se denominan estrés directo, causado por la expansión de un sistema antropogénico y las intervenciones asociadas en el entorno natural (Ehara *et al*, 2018). En general, el agotamiento del recurso disponible, la degradación de su calidad y la sobreexplotación, el cambio climático, etc., pueden considerarse «presiones» en el sistema.

2.1.3. Estado

El estado describe las condiciones y tendencias del ecosistema de oasis debido principalmente a las actividades humanas. Estos incluyen, entre otros, el estado físico, el estado químico y el estado biológico.

2.1.4. Impactos

Los impactos se refieren a los efectos sobre el sistema, que resultan de los cambios en el estado del medio ambiente natural, contribuyendo a la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales. Sin embargo, la vulnerabilidad al cambio varía de un sistema a otro, según sus condiciones geográficas, económicas y sociales, su exposición al cambio y su capacidad para mitigar o adaptarse al cambio.

2.1.5. Respuestas

Las respuestas incluyen acciones de la sociedad, usualmente de los responsables de la toma de decisiones, que pueden modificar o reemplazar las fuerzas impulsoras, reducir o prevenir presiones, restaurar o influir en los estados y mitigar o reducir los impactos. Las respuestas abordan la vulnerabilidad de las personas y el medio ambiente y brindan oportu-

nidades para mejorar el bienestar humano mediante el uso sostenible de los recursos disponibles. El nivel de respuestas debe estar relacionado con la magnitud de los impactos. Las diferentes respuestas requieren diferentes procesos de planificación y la participación de los responsables de toma de decisiones. Los niveles de planificación pueden incluir la formulación de políticas, planes, programas y diseño de proyectos tanto a nivel macro como a nivel micro. Los gobiernos nacionales y las autoridades locales podrían participar en la formulación y ejecución de las respuestas.

2.2. Zona de estudio

Para cada elemento que conforma el marco, formularemos los elementos. La elección de estos ítems no se hace por casualidad, sino después del estudio de la literatura y de examinar los diferentes casos que utilizaron el modelo FPEIR. Los oasis tienen gran importancia en el aspecto socioeconómico y ambiental y por eso se les considera un baluarte ambiental (Alcalá *et al.*, 2015; 2018). La elección del área de estudio está motivada por esta razón y por el hecho de que la economía del oasis está resistiendo la crisis económica (De Haas 2005).

Todgha es uno de los valles en la ladera sur de las montañas del Alto Atlas que drenan el agua de deshielo, y el agua de lluvia capturada en las altas montañas al sur, y al este del desierto del Sahara. A 169 km al este de Ouarzazate y 162 km al oeste de Errachidia, Todgha se encuentra entre las principales regiones de oasis de Marruecos: el valle del Draâ y Tafilalt. Todgha es parte de la cuenca de Tafilalt y se compone de tres unidades geográficas. La zona montañosa al norte del valle es parte del Alto Atlas (piedra caliza jurásica) y forma el relieve más alto alrededor de Todgha. Al sur de Todgha encontramos el Jebel Saghro, una antigua cadena montañosa que es una continuación del Anti Atlas. Entre estas dos cadenas montañosas se extiende la falla preafricana donde se encuentra la cuenca del Todgha. El clima del oasis de Toudgha es un clima árido según el índice de De Marton:

$$I = \frac{\text{Precipitación anual}}{\text{Temperatura media anual} + 10}$$

De Marton distingue tres etapas bioclimáticas calculando un índice que relaciona la precipitación anual y las temperaturas promedio anuales de acuerdo con la siguiente ecuación: $I = P / (T + 10)$. Si $I < 10$, el clima es árido; si $10 < I < 20$, el clima es semiárido; si $I > 20$, el clima es húmedo. Para el caso de nuestra área de estudio $I = 142.73 / (18.1 + 10) = 5.08$ por tanto, como $I < 10$, entonces el clima es árido.

El invierno es frío con menos precipitaciones, mientras que el verano es seco. Cabe señalar que la altitud juega un papel decisivo. Aguas arriba (1.450 m sobre el nivel del mar), hay un microclima húmedo con menos evaporación, favorable a la actividad agrícola y al asentamiento humano. Aguas abajo (1.100 m sobre el nivel del mar), la precipitación se vuelve cada vez más rara con una fuerte evaporación. Esto expone la erosión aguas abajo e incluso la aparición gradual de la desertificación, especialmente en la región de Ghallil.

Los datos se han obtenido de los cuatro municipios que forman el oasis: Tinghir, Taghzoute, Todgha Soffla, Todgha Olya y también de la provincia de Tinghir (centro administrativo del oasis) y de las oficinas de subdivisión agrícola de Taghzoute y Tinghir. También se llevaron a cabo visitas de campo en las que se realizaron entrevistas con habitantes del oasis.

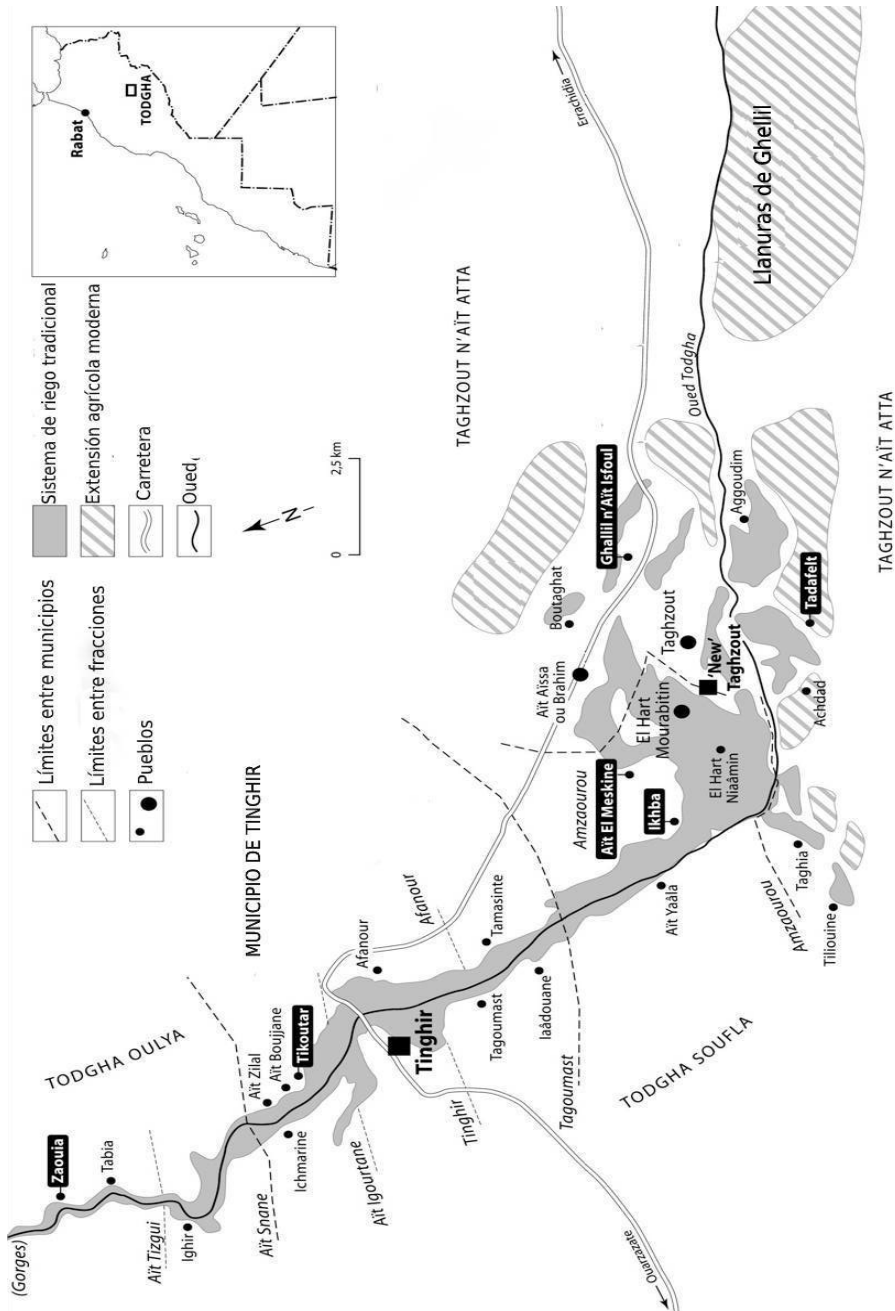
La elección de este tema no es casual. Los oasis ocupan una gran importancia en el aspecto socioeconómico y ambiental (Ferry *et al.* 1999).

A los oasis se les consideran un baluarte ambiental. Los oasis luchan contra la desertificación y contribuyen a la estabilidad climática. Hoy los estudios han demostrado que la economía del oasis está resistiendo las crisis (De Haas 2005). “*El oasis mostró su capacidad de resistencia durante los años difíciles de las dos grandes guerras mundiales, donde tuvo que producir alimentos básicos para alimentar a la población y obtener los suplementos esenciales mediante la venta o el trueque de los excedentes de las producciones de palmas*” (Ferry *et al.* 1999 p 172)

El siguiente mapa muestra los diferentes núcleos de población entorno al oasis. Hemos hecho las adaptaciones oportunas a partir de De Haas (2005).

Figura 2

LÍMITES ENTRE MUNICIPIOS Y FRACCIONES DE TODGHA (MARRUECOS)



Nota: Modificada de De Haas (2005)

3. EJEMPLOS DE CASOS DE ESTUDIO CON FPEIR

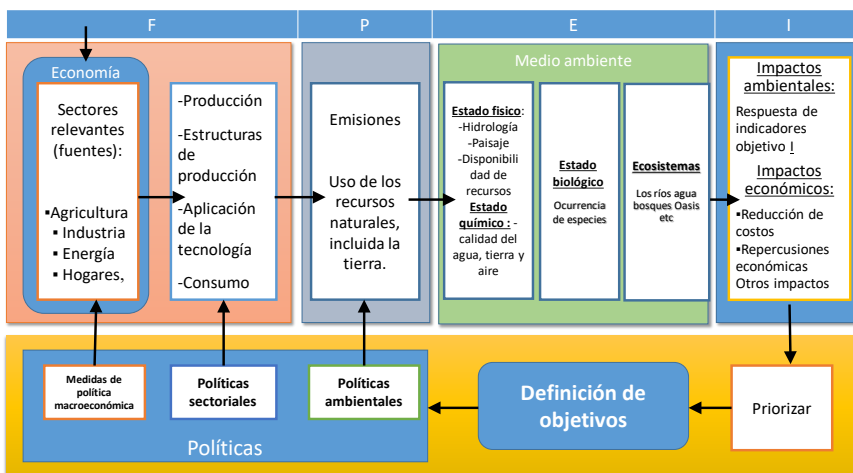
Los indicadores de fuerzas impulsoras, presiones, estados, impactos y respuestas dependen del problema ambiental en consideración. Una revisión en profundidad del modelo FPEIR para su aplicación a diversos problemas ambientales revela que sus indicadores varían según la ubicación, la escala y los problemas. Para proporcionar una perspectiva más amplia sobre la aplicación del modelo, en las siguientes subsecciones se presenta un conjunto de indicadores aplicados en estudios de casos seleccionados. Este conjunto de indicadores potenciales permite evaluar el ecosistema de oasis de acuerdo con el modelo FPEIR. Para un oasis dado, los indicadores se pueden seleccionar en función de ciertos criterios, como la idoneidad para el área de estudio, la disponibilidad de datos y la facilidad de interpretación.

3.1. Caso de evaluación ambiental integrada

La Figura 3, muestra los indicadores FPEIR propuestos por el *National Environmental Research Institute* (NERI) de Dinamarca para analizar el estado y los factores causales de la evaluación ambiental integrada.

Figura 3

EVALUACIÓN AMBIENTAL INTEGRADA EN UN MODELO FPEIR



Nota: Adaptado de Iversen *et al.* (1997).

Estos indicadores se han aplicado en un contexto europeo. Las fuerzas impulsoras se seleccionan en función de la producción, el consumo y la tecnología, y ejercen presión sobre la extracción de agua, las emisiones, las actividades de la cuenca y la gestión de la cuenca. Los factores y las presiones se consideran factores relacionados con la economía. Por otro lado, el estado y el impacto se consideran factores relacionados con el medio ambiente. Las políticas macroeconómicas, las políticas sectoriales y las políticas ambientales se consideran respuestas y, por tanto, pueden ser *estructurales* (ingeniería extrema) y *no estructurales* (ingeniería blanda).

3.2. Casos de degradación de la tierra y el suelo

Se exponen dos casos, que utilizan varios conjuntos de indicadores para el análisis de la degradación de la tierra y el suelo bajo el modelo FPEIR (Tabla 1). El primero, presenta un conjunto de indicadores utilizados por Porta y Poch (2011) en La Barreta (Querétaro, México), mientras que el segundo se refiere a las zonas áridas del planeta, con casos de estudio en Senegal, Túnez, China, Cuba y Sudáfrica (Biancalani *et al.*, 2011).

Tabla 1

INDICADORES FPEIR (FUERZAS IMPULSORAS, PRESIONES, ESTADO, IMPACTOS Y RESPUESTAS) PARA ANÁLISIS DE DEGRADACIÓN DE TIERRA Y SUELO

Componentes del modelo FPEIR	Indicadores	
	Porta y Poch (2011)	Biancalani <i>et al.</i> (2011)
Fuerzas impulsoras	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedad de la tierra • Crecimiento de la población • Agricultura • Uso de la tierra • Crecimiento de la demanda de productos agrícolas y forestales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incidencia de pobreza/riqueza • Derechos de acceso/ocupación • Densidad de población • Disponibilidad de mano de obra • Insumos e infraestructura • Ocurrencia de conflictos • Educación, conocimiento y acceso a servicios de apoyo • Areas protegidas.

Tabla 1 (Continuación)

INDICADORES FPEIR (FUERZAS IMPULSORAS, PRESIONES, ESTADO, IMPACTOS Y RESPUESTAS) PARA ANÁLISIS DE DEGRADACIÓN DE TIERRA Y SUELO

Componentes del modelo FPEIR	Indicadores	
	Porta y Poch (2011)	Biancalani <i>et al.</i> (2011)
Presiones	<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación • Exposición de suelo desnudo • Sobreexplotación • Cambios en la infiltración y el flujo de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tendencias en el uso y la intensidad del suelo • Nivel de manejo de cultivos • Deforestación • Sobreexplotación de la vegetación • Pastoreo excesivo • Actividades industriales • Urbanización • Causas naturales • Descarga de efluentes • Lavado de contaminantes • Contaminantes del aire.
Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación del suelo • Deterioro físico • Deterioro biológico • Agotamiento de nutrientes • Erosión y pérdida de suelo • Aumento de lechos rocosos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de degradación del suelo (suelo, biológico, agua) • Grado de degradación de la tierra • Tasa de degradación de la tierra.
Impactos	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro de la calidad del suelo • Destrucción del hábitat • Pérdida de biodiversidad • Estrés hídrico • Disminución de la producción agrícola y forestal • Menores ingresos agrícolas • Cambio en la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de los servicios del ecosistema • Baja producción • Pérdida de almacenamiento de carbono • Menor disponibilidad de agua • Merma de la calidad del agua • Disminución de la biodiversidad • Disminución del turismo.
Respuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de la biodiversidad • Formulación de estrategias de rehabilitación • Valorar el paisaje • Hacer parques de ocio 	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas macroeconómicas. • Políticas de tierras e instrumentos de políticas • Conservación y rehabilitación • Sistemas de vigilancia y alerta temprana • Compromisos con los convenios internacionales • Inversión en tierras y recursos hídricos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Los indicadores

El conjunto de indicadores FPEIR relevantes para un oasis se puede identificar realizando una revisión de la literatura. Después de examinar la relevancia del área de estudio y la disponibilidad de datos, se han seleccionado un conjunto de indicadores para el caso de estudio propuesto. Los valores de los indicadores para diferentes períodos se cuantifican a partir de los datos secundarios y primarios. Cada indicador puede ser discutido e interpretado en términos de tendencias espaciales y temporales, sus rangos y enlaces a otros indicadores. Esto eventualmente conducirá a la creación de una base de conocimiento sobre el estado del medio ambiente y la situación económica de los oasis. Además, se puede preparar una tabla resumen completa para una fácil visualización y comparación, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

INDICADORES SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA DE OASIS POR EL MODELO FPEIR (FUERZAS IMPULSORAS, PRESIONES, ESTADO, IMPACTOS Y RESPUESTAS)

Componentes del modelo FPEIR	Indicadores
Fuerzas impulsoras	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación del uso del suelo • Atractivo social y económico de los centros urbanos cercanos • Ubicación geográfica • Plan Marruecos Verde (PMV): Sistema de ayudas e incentivos bajo el Fondo de Desarrollo Agrícola (FDA).
Presiones	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilidad climática. Manifestación de fenómenos climáticos extremos • Crecimiento y densidad de población • Cambio en la ocupación de la tierra • Intensidad de uso de los recursos naturales: suelo, agua • Densidad de actividades humanas: sectores de actividad económica • Cambio en la diversidad biológica.
Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Condición del suelo • Estado de los recursos hídricos • Estado de los paisajes: composición, estructura, funcionamiento • Estado de la biodiversidad: composición, estructura, funcionamiento • Recursos vegetales

Tabla 2 (Continuación)

INDICADORES SELECCIONADOS PARA EL ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA DE OASIS POR EL MODELO FPEIR (FUERZAS IMPULSORAS, PRESIONES, ESTADO, IMPACTOS Y RESPUESTAS)

Componentes del modelo FPEIR	Indicadores
Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos animales • Estado de desertificación • Estado del entorno de vida • Estado de infraestructura y equipamiento • Estado de actividades económicas • Estado de los sistemas de producción.
Impactos	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos económicos: nivel de vida, nivel de producción, nivel de dependencia económica, etc. • Impactos sociales: cohesión social, conflictos de uso, peso de los contrastes relacionados con el nivel de vida de las poblaciones • Impactos ambientales: nivel de peligros naturales (incendios, inundaciones, etc.), calidad de los recursos (alteración, contaminación, diversificación, etc.) • Impactos en la salud: esperanza de vida, salud pública.
Respuestas	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación de la biodiversidad • Formulación de estrategias de rehabilitación • Valoración del paisaje • Realización de parques de ocio.

4.2. Análisis y discusión de los componentes de FPEIR

4.2.1. Fuerzas impulsoras

Los indicadores de planificación territorial nos informan de que la población residente en el oasis de Todgha es de 77.536 habitantes, lo que resulta en una densidad de población de 5.2 hab/km². Respecto a las infraestructuras básicas es necesario señalar que las tasas de electrificación rozan el 100 % en los cuatro municipios estudiados, mientras que la potabilización del agua varía entre el 75 y 96.5 %.

Los indicadores del atractivo económico y social muestran que la economía del oasis se basa en el turismo, la agricultura de subsistencia y divisas de los marroquíes que viven en el extranjero. Los bancos están ubicados en el centro: Tinghir.

El oasis también se ha beneficiado de 39 proyectos de Plan Marruecos Verde (PMV). Este último es una estrategia lanzada por Marruecos en

2008 cuyo objetivo es desarrollar y modernizar la agricultura, y también mejorar los ingresos y el nivel de vida de las poblaciones rurales. El programa PMV se basa en dos pilares: (1) Pilar I que plantea objetivos para el desarrollo de la agricultura moderna de alta productividad o alto valor agregado en áreas con alto potencial agrícola, y (2) Pilar II que se refiere a la agricultura solidaria ubicada en zonas de montaña y oasis (ver tabla 3).

Tabla 3

FUERZAS IMPULSORAS DEL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA
(SUDESTE DE MARRUECOS)

Indicadores	Análisis
Planificación territorial	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de electrificación en los 4 municipios: 94,3%, 91,9%, 97,1% y 96,9% respectivamente en Tinghir, Taghzout, Todgha Oulya y Todgha Soffla, según el censo de 2014. • La tasa de equipos de agua potable es respectivamente de 78,1%, 75,3%, 96,5% y 90,9% para las 4 comunas. • Densidad de la población 5,2 hab/km². • Población residente (último censo 2014) en el Oasis 77 536 habitantes.
Atractivo social y económico de los centros.	<ul style="list-style-type: none"> • La sede de la provincia se encuentra en el centro urbano de Tinghir. • Los bancos están ubicados en el centro de Tinghir, que proporcionan financiamiento a las granjas. • La economía de la ciudad se basa en el sector comercial + actividad turística + divisas de los marroquíes que viven en el extranjero.
Ubicación geográfica	<p>El oasis se encuentra en el medio del camino de Mil Kasbahs, entre el Alto Atlas en el norte y Jebel Saghro en el sur y casi equidistante de Ouarzazate en el oeste y las dunas de Merzouga en el este. Es, por lo tanto, un punto de partida ideal para visitar toda esta región del sur de Marruecos.</p>
Plan Marruecos Verde (PMV)	<p>Hay 39 proyectos de PMV (Pilares I y II) en la provincia de Tinghir. Presupuesto global de más de 1.800 millones de dirhams (165 millones de euros), para beneficio de 87.858 personas en los distintos municipios de la provincia.</p>

4.2.2. Presiones

El oasis de Todgha está bajo una gran presión como resultado de la acción antrópica abusiva (sobreexplotación, pastoreo excesivo, bombeo excesivo de agua, etc.) sobre los recursos naturales ya agotados por los efectos de los períodos recurrentes de sequedad, escasez de agua, ataques patogénicos en las palmeras (El Bayoud), etc. Este proceso de deterioro, que afecta la integridad de los ecosistemas, puede conducir a la disminución de los servicios que se consideran los recursos básicos de

los locales y a la pérdida de bienestar y a la desestabilización de las comunidades humanas sociales y culturales (ver tabla 4).

Tabla 4

PRESIONES INDENTIFICADAS EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

Indicadores	Análisis																
Variabilidad climática: manifestación de fenómenos climáticos extremos	<ul style="list-style-type: none"> • En el oasis de Todgha, los impactos del cambio climático son visibles. Los riesgos asociados al cambio climático son: • Disminución y falta de regularidad de la precipitación anual. • Sequías recurrentes: últimamente los oasis del sudeste están afectados por la sequía. • Aumento en el número de eventos climáticos extremos: inundaciones, aumento de temperatura... • Persistencia y agravamiento de la inseguridad alimentaria. • El Bayoud • Degradación de la tierra y el suelo. 																
Crecimiento y densidad poblacional	<p>Distribución y evolución de la población de Todgha durante 1952-2014, según censos de 1971, 1982, 1994, 2004 y 2014, y Büchner (1986):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1952</th> <th>1971</th> <th>1982</th> <th>1994</th> <th>2004</th> <th>2014</th> <th>Tasa de crecimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Población</td> <td>20 258</td> <td>31 417</td> <td>44 100</td> <td>61 713</td> <td>68 536</td> <td>77 536</td> <td>282,74%</td> </tr> </tbody> </table>		1952	1971	1982	1994	2004	2014	Tasa de crecimiento	Población	20 258	31 417	44 100	61 713	68 536	77 536	282,74%
	1952	1971	1982	1994	2004	2014	Tasa de crecimiento										
Población	20 258	31 417	44 100	61 713	68 536	77 536	282,74%										
Cambio en la ocupación de la tierra	<p>El régimen jurídico de las tierras agrícolas, según Ministerio de Agricultura de Marruecos (www.agriculture.gov.ma) es:</p> <p>Melk⁽¹⁾: 3.395 ha (97,6%) Habous⁽²⁾: 85 ha (2,4%)</p> <p>El Área total en hectáreas de todas las tierras por tamaño de granja, según Ministerio de Agricultura de Marruecos (www.agriculture.gov.ma) es:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0 a 0,5 ha</th> <th>0,5 a 1 ha</th> <th>1 a 2 ha</th> <th>2 a 5 ha</th> <th>> 5ha</th> <th>Total (ha)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>795</td> <td>590</td> <td>680</td> <td>525</td> <td>890</td> <td>3480</td> </tr> </tbody> </table>	0 a 0,5 ha	0,5 a 1 ha	1 a 2 ha	2 a 5 ha	> 5ha	Total (ha)	795	590	680	525	890	3480				
0 a 0,5 ha	0,5 a 1 ha	1 a 2 ha	2 a 5 ha	> 5ha	Total (ha)												
795	590	680	525	890	3480												
Intensidad de uso de los recursos naturales: suelo, agua.	<ul style="list-style-type: none"> • El impacto del cambio climático parece claro en los recursos hídricos. Varios ríos y khetaras se secaron: los de Douar Taghzoute, douar Agouddim, Tabebaste son los más afectados. • Los pozos también están secos. • Los pozos tienen más de 50 metros de profundidad en algunas áreas. • Los pozos causan la disminución de las aguas en los ríos y Khetaras. 																
Densidad de actividades humanas: sectores de actividad económica.	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura, • El comercio, • Los servicios relacionados con el turismo. 																
Cambio en la diversidad biológica.	<p>La cantidad de especies, animales o plantas está disminuyendo debido al aumento y la aceleración de la tasa de extinción de especies y la destrucción de sus hábitats.</p>																

⁽¹⁾ Esta es la propiedad privada de la tierra.

⁽²⁾ El término Habous es sinónimo de *wakf* y significa: «detenerse, apagar y garantizar cualquier acto discrecional, finalmente inmovilizar». En términos legales, el Habous se define generalmente como un acto legal por el cual una persona, para agradar a Dios, dispone de uno o más de sus bienes, generalmente inamovibles, y lo coloca fuera del comercio.

4.2.3. Estado

El estado del ecosistema del oasis de Todgha es alarmante. El oasis está en continua degradación. Podemos resumir el estado del oasis en los siguientes puntos: recesión de las fuentes y flujos perennes; agotamiento de las aguas subterráneas; recesión y disminución de los 'Khattarats'; mala gestión de las aguas de inundación, principalmente debido a conflictos sociales; deterioro de la calidad del agua; salinidad del suelo; intensificación de la invasión de arena; suelo erosionado; biodiversidad alterada; reducción en la efectividad de las palmeras datileras; pérdida de calidad y cantidad de producción de dátiles de palma; envejecimiento e infección de olivos y otras plantaciones de árboles; disminución de colmenares y know how; pérdida de fertilidad del suelo; tierras de cultivo abandonadas; fragmentación de tierras; transformación de la economía (transición de una economía tradicional a una economía de mercado); tierras degradadas; crecimiento de la pobreza; aumento del desempleo; paisajes degradados; destrucción de canteras fósiles; viviendas tradicionales abandonadas; marco legislativo, jurídico e institucional limitado o no aplicado (ver tabla 5).

Tabla 5

ESTADO IDENTIFICADO EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

<p>Condición del suelo</p>	<p>Suelo franco arcilloso limoso, localmente arenoso, y puede superar el metro en algunos lugares. Es un suelo aluvial que se habría enriquecido in situ por una ligera pedogénesis debido al cultivo de regadío a largo plazo, lo que haría que evolucionara, aunque ligeramente, hacia un suelo de estepa marrón (El Harradji, 2000).</p>
<p>Estado de los recursos hídricos</p>	<p>Las aguas superficiales consisten esencialmente en el Todgha Wadi y sus afluentes. El Wadi en sí es mayormente seco, incluso en invierno, aguas arriba de sus dos fuentes principales: Aghbalou N'Tizgui y Aghbalou N'Imarighène.</p> <p>Agua subterránea: la profundidad de la capa freática varía de 0 a 7 m aguas arriba en el valle (Tiferkhine, Touzdiyine), mientras que puede alcanzar los 45 metros aguas abajo en Taghzout, donde se encarama la terraza del conglomerado.</p> <p>Calidad del agua: el agua utilizada en la cuenca de Todgha es generalmente de buena calidad. (El Harradji, 2000).</p>

Tabla 5 (Continuación)

ESTADO IDENTIFICADO EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA
(SUDESTE DE MARRUECOS)

<p>Estado de los paisajes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Las montañas de Todgha: gargantas profundas con paredes empinadas de unos 300 metros de altura. • Las Kasbahs: la urbanización tiene efectos adversos en las antiguas Kasbahs. La nueva construcción está comenzando a reemplazar las casas antiguas. • Los khetaras: están en degradación. La mayoría están secos. • Métodos de riego: riego tradicional. Sin embargo, algunas granjas están comenzando a introducir la técnica de goteo. • Palmeras: La urbanización y la escasez de tierra y agua tienen un impacto negativo en el estado de palmeras. • Oued Todgha • Hábitats tradicionales: la política de urbanización de la ciudad empuja a reemplazar las casas antiguas por nuevas. • Pastos • El ecosistema de oasis en general • Se han dejado o abandonado varias tradiciones
<p>Estado de la biodiversidad</p>	<p>La biodiversidad en el Oasis, a menudo endémica y notable, es bastante importante en términos de variedad y número. Sin embargo, gran parte de este patrimonio está en peligro de extinción, principalmente debido a acciones humanas directas o indirectas. se presencia un deterioro de los hábitats naturales debido a su sobreexplotación causada por el crecimiento de la población y también por la desintegración de las normas que rigen la práctica de la trashumancia y el manejo de los recursos naturales en general.</p>
<p>Recursos vegetales</p>	<p>Estado de las especies de plantas que existen en el oasis (excluyendo las producidas por oasis). Flora del Oasis de Todgha (nombres científicos): <i>Nerium oleander</i>, <i>Pergularia tomentosa</i>, <i>Artemisia radiata</i>, <i>Herba-alba</i>, <i>Atractylis flava</i>, <i>Carduncellus devoxii</i>, <i>Echinops bovei</i>, <i>Launaea arborescens</i>, <i>Launea acanthoclada</i>, <i>Pulicaria incisa</i>, <i>Atractylis flava</i>, <i>Cleome arabica</i>, <i>Anabasis articulata</i>, <i>Haloxylon articulatum</i>, <i>Anabasis aretoïdes</i>, <i>Bassia muricata</i>, <i>Salsola vermiculata</i>, <i>Helianthemum sp.</i> <i>Matthiola livida</i>, <i>Maresia nana</i>, <i>Anastatica hierochuntina</i>, <i>Farselia aegyptica</i>, <i>Zilla spinosa</i>, <i>Zilla macroptera</i>, <i>Citrulus colocynthis</i>, <i>Euphorbia obtusifolia</i>, <i>Euborbia guyoniana</i>, <i>Astragalus ghizensis</i>, <i>Astragalus gomo</i>, <i>Acacia seyal</i>, <i>Rosmarinus oficianalis</i>, <i>Menth longifolia</i>, <i>Ajuga iva</i>, <i>Marrubium deserti</i>, <i>Nepeta barbara</i>, <i>Asphodelus tenuifolius</i>, <i>Asphodelus refractus</i>, <i>Dipcadi serotinum</i>, <i>Asphodelus festulosus</i>.</p>
<p>Recursos animales</p>	<p>Fauna en el oasis de Todgha (nombres científicos): <i>Gazella dorcas</i>, <i>Lepus capensis</i>, <i>Canis aureus</i>, <i>Vulpes vulpes</i>, <i>Erinaceus algerus</i>, <i>Mus musculus</i>, <i>Psammophis schokari</i>, <i>Uromastix acanthinurus</i>, <i>Varanus griseus</i>, <i>Naja haje legionis</i>, <i>Vipera monticola</i>, <i>Cerastes cerastes</i>, <i>Stenodactylus petrie</i>, <i>Bufo viridis</i>, <i>Bufo mauritanicus</i>, <i>Rana saharica</i>, <i>Bufo brongersmai</i>, <i>Streptopelia turtur</i>, <i>Bubo (bubi) ascalaphus</i>, <i>Alectoris barbara</i>, <i>Columba livia</i>, <i>Petronea pe</i>, <i>Troronea</i>, <i>Chlamydotis unulata</i>, <i>Apis melifica sahariensis</i>, <i>Apis melifica Intermissa</i>.</p>

Tabla 5 (Continuación)

ESTADO IDENTIFICADO EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

<p>Estado de desertificación</p>	<p>La sequía y las actividades humanas han provocado la desertificación. La desertificación comienza a manifestarse en las tierras de <i>Ghellil</i>. Algunas tierras también fueron abandonadas y la desertificación se manifiesta en algunos douars de las comunas de Taghzoute y Todgha. Por ejemplo, <i>Toulouine</i> o las tierras de <i>Agouddim</i>.</p>																											
<p>Entorno de vida</p>	<p>El Entorno de vida, según el Alto Comisionado de Planificación (www.hcp.ma) según la descomposición de la pobreza por fuente de privación (en porcentaje) en 2014 es:</p> <table border="1" data-bbox="364 606 1098 1015"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Localidad</th> <th rowspan="2">Educación</th> <th rowspan="2">Salud</th> <th colspan="2">Condiciones de vida</th> </tr> <tr> <th>Acceso a agua, electricidad y saneamiento.</th> <th>Condiciones de vivienda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Taghzoute</td> <td>44,9</td> <td>29,1</td> <td>9,9</td> <td>16,1</td> </tr> <tr> <td>Todgha Soffla</td> <td>47,9</td> <td>28,1</td> <td>24,1</td> <td>26,6</td> </tr> <tr> <td>Tinghir</td> <td>48,8</td> <td>14,9</td> <td>20,4</td> <td>20,1</td> </tr> <tr> <td>Todgha Olya</td> <td>46,6</td> <td>21</td> <td>25,1</td> <td>15,6</td> </tr> </tbody> </table>	Localidad	Educación	Salud	Condiciones de vida		Acceso a agua, electricidad y saneamiento.	Condiciones de vivienda	Taghzoute	44,9	29,1	9,9	16,1	Todgha Soffla	47,9	28,1	24,1	26,6	Tinghir	48,8	14,9	20,4	20,1	Todgha Olya	46,6	21	25,1	15,6
Localidad	Educación				Salud	Condiciones de vida																						
		Acceso a agua, electricidad y saneamiento.	Condiciones de vivienda																									
Taghzoute	44,9	29,1	9,9	16,1																								
Todgha Soffla	47,9	28,1	24,1	26,6																								
Tinghir	48,8	14,9	20,4	20,1																								
Todgha Olya	46,6	21	25,1	15,6																								
<p>Estado de infraestructura y equipamiento</p>	<p>Red de carreteras :1,026,58 km, distribuidos como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carreteras nacionales: 236,64 km • Rutas regionales: 237,50 km • Carreteras provinciales: 552,44 km <p>Transporte, según el Departamento de Transporte de Ouarzazate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transporte público de viajeros: más de 70 autorizaciones. • Transporte mixto: 82 licencias. • Transporte de mercancías : 460 vehículos • Transporte escolar: 20 vehículos con autorización. • Escuelas de manejo: 11 establecimientos. • Taxis: La provincia de Tinghir tiene 196 autorizaciones de transporte para taxis de primera clase y 27 autorizaciones para taxis de segunda clase. <p>Agua potable:</p> <p>La red de agua potable en la provincia de Tinghir es administrada por la Oficina Nacional de Agua Potable. La longitud de esta red es de 357,26 km, el número de clientes es de 17.624 en 2015.</p>																											

Tabla 5 (Continuación)

ESTADO IDENTIFICADO EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

Estado de infraestructura y equipamiento	<p>Electricidad:</p> <p>La provincia de Tinghir tiene una red eléctrica de baja tensión de 1.470 km, de media tensión de 876 km y de alta tensión de 135 km, como se indica:</p>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Localidad</th> <th>Electricidad (%)</th> <th>Agua potable (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tinghir</td> <td>66,5</td> <td>94,3</td> </tr> <tr> <td>Taghzoute</td> <td>91,9</td> <td>75,3</td> </tr> <tr> <td>Toudgha Oulya</td> <td>97,1</td> <td>96,5</td> </tr> <tr> <td>Toudgha soufla</td> <td>96,9</td> <td>90,9</td> </tr> </tbody> </table>	Localidad	Electricidad (%)	Agua potable (%)	Tinghir	66,5	94,3	Taghzoute	91,9	75,3	Toudgha Oulya	97,1	96,5	Toudgha soufla	96,9	90,9
	Localidad	Electricidad (%)	Agua potable (%)													
	Tinghir	66,5	94,3													
	Taghzoute	91,9	75,3													
Toudgha Oulya	97,1	96,5														
Toudgha soufla	96,9	90,9														
<p>Correos y telecomunicaciones:</p> <p>La provincia de Tinghir está equipada con una infraestructura que satisface las necesidades de la población.</p>																
<p>Estado de actividades económicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agricultura: es una agricultura tradicional. No se comercializa en otros mercados externos. La agricultura oasis es solo para satisfacer las necesidades de las personas del oasis. • Industria: No existe un sector industrial en el oasis. • Artesanía: Pequeños herreros y pequeños fabricantes de fueles. • Comercio: Tinghir es famoso entre los douars vecinos por zocos semanales de productos agrícolas y productos básicos y zocos para la compra y venta de ganado. Cada año, se organiza un Moussem en el morabito Elhaj Amr en Douar Elhart. Es un gran zoco rural que dura 3 días. Se organiza una semana después del Aid Al Adha cada año. • Turismo: la actividad turística sigue siendo débil. El Oasis se considera solo como un pase a Tafilalet u Ouarzazate. 																
<p>Estado de los sistemas de producción</p> <p>El oasis utiliza sistemas y métodos de producción antiguos.</p>																

4.2.4. Impactos

El impacto directo es que el ecosistema está degradado y, por lo tanto, su biodiversidad está amenazada. El éxodo rural, la pérdida de know-how local del milenio, la pérdida de algunos oficios clave del sistema de oasis (polinizadores...), etc., son el resultado de este impacto; y, por lo tanto, el deterioro de las condiciones de vida locales y la pérdida del bienestar humano (ver tabla 6).

Tabla 6

IMPACTOS IDENTIFICADOS EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TOD-GHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

Impactos economicos y sociales	<p>El impacto directo es que el ecosistema está degradado y su biodiversidad amenazada. El éxodo rural, la pérdida de conocimientos locales milenarios, la pérdida de ciertas profesiones clave del sistema de oasis (polinizadores, etc.), etc., son el resultado de este impacto. Esto lleva al deterioro de las condiciones de vida locales y la pérdida del bienestar. También podemos mencionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El incumplimiento de las leyes y la dificultad de su implementación; • Bajo nivel de conciencia; • Bajo nivel de vida y pobreza económica; • Muy pocos proyectos integrados y participativos; • Modesta investigación científica; • Bajo nivel de consulta y coordinación intersectoriales; • Bajo nivel de participación local en la toma de decisiones.
Impactos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Irregularidad de la distribución espacio-temporal de los recursos hídricos y su disminución; • Sobreexplotación de aguas subterráneas y gestión inadecuada del agua; • Erosión de cuencas hidrográficas; • Contaminación sólida; • Inundaciones y control deficiente de las aguas de inundación; • Desertificación: agotamiento de las aguas subterráneas, contaminación del agua, degradación de la tierra, salinización, invasión de arena, pobreza, etc.; • Deterioro de la biodiversidad y hábitats naturales.

4.2.5. Respuestas

La conciencia de la importancia del ecosistema oasis se ha convertido en una necesidad. Hoy, se han tomado ciertas respuestas para preservar y mejorar la integridad ecológica del ecosistema de oasis. La agencia urbana de la región está preparando planes de desarrollo para la rehabilitación de la provincia de Tinghir. Algunos jardines se han construido en la zona. Para la gestión del agua agrícola, la región no ha tomado ninguna medida. Se deben tomar otras medidas para evitar lo peor y preservar los oasis (ver tabla 7).

Tabla 7

RESPUESTAS IDENTIFICADAS EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TOD-GHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

Conservación de la biodiversidad	El gobierno y los servicios locales han establecido políticas de conservación de la biodiversidad, por ejemplo la organización de la caza.
---	--

Tabla 7 (Continuación)

RESPUESTAS INDENTIFICADAS EN EL ECOSISTEMA DEL OASIS DE TODGHA (SUDESTE DE MARRUECOS)

Rehabilitación	La agencia urbana de la región elabora planes de desarrollo para la rehabilitación de la provincia de Tinghir.
Valoración del paisaje	En nuestra opinión, no se ha realizado ningún estudio para la valoración económica del paisaje. El turismo en la región de Todgha es un medio para que el estado gire la cabeza hacia el desarrollo de los oasis.
Parques de ocio	La asociación público-privada debe intervenir para construir parques de ocio. Actualmente hay dos jardines públicos en Todgha, específicamente en Tinghir.

4.3. ¿Qué futuro hay para el oasis?

La evaluación del ecosistema del oasis de Todgha por el modelo FPEIR, nos permite identificar varios factores que desafían y amenazan el ecosistema en el presente y especialmente en el futuro:

- Irregularidad de la distribución espacio-temporal de los recursos hídricos y su disminución;
- sobreexplotación de aguas subterráneas y gestión inadecuada del agua;
- erosión de las cuencas hidrográficas;
- contaminación sólida;
- inundaciones y bajo control de las aguas de inundación;
- incumplimiento de las leyes y la dificultad de su implementación;
- desertificación (agotamiento de las aguas subterráneas, contaminación del agua, degradación de la tierra, salinización, invasión de arena, pobreza, etc.);
- deterioro de la biodiversidad y de los hábitats naturales;
- bajo nivel de sensibilización;
- bajos niveles de vida y pobreza económica;
- presencia de muy pocos proyectos integrados y participativos;
- modestas investigaciones científicas

- bajo nivel de consulta y coordinación entre industrias;
- bajo nivel de participación local en el proceso de toma de decisiones;

Y para tener en cuenta y enfrentar estos desafíos, la administración pública (a través de las autoridades locales), las asociaciones y el sector privado deben unirse para tomar las medidas apropiadas y también para salvar este patrimonio.

5. CONCLUSION

En las últimas décadas, el factor más significativo en la pérdida gradual del valor ambiental y socio-económico del ecosistema oasis ha sido la explotación irracional de los recursos naturales causada por actividades humanas. Estas actividades alteran el equilibrio de los ecosistemas, allanando el camino para la progresión de la desertificación.

Estos efectos se han evaluado en el Oasis de Todgha, en el sur de Marruecos. Para ello, se ha aplicado el modelo FPEIR al Oasis de Todgha. Se han construido indicadores para cada elemento del modelo, lo que permite hacer un diagnóstico del oasis. Estos indicadores pueden ser utilizados y desarrollados en estudios posteriores, como también para analizar otros oasis y comparar los resultados obtenidos.

Los resultados mostraron que el ecosistema de Oasis de Todgha está en continua degradación. La causa principal es la intervención humana, la urbanización y el cambio climático. La sequía juega un papel importante en esta dirección. Esta degradación tiene implicaciones para la biomasa y las interacciones, el refugio y los servicios que el ecosistema puede proporcionar a la población. Esta degradación también puede tener un impacto en el turismo de oasis y, por tanto, en el desarrollo local si se considera al turismo una fuente sostenible de ingresos.

Se debe promover la conciencia de la importancia de preservar estos ecosistemas. Para avanzar hacia un futuro deseable, se deben tomar las respuestas apropiadas para revertir la degradación del ecosistema oasis. Estas respuestas deben estar motivadas por las fuerzas del cambio, las presiones sobre los sistemas, el estado del ecosistema y los impactos de la degra-

dación, para preservar los ecosistemas y proporcionar bienes y servicios sostenibles de los que depende la población. Estas respuestas pueden ser proporcionadas por el gobierno, la sociedad civil, el sector privado, organizaciones gubernamentales, no gubernamentales o intergubernamentales, donantes individuales y la población local. Deben ser implementados de manera compartida y participativa por todos los interesados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, F.J., Martínez-Valderrama, J., Robles-Marín, P., Guerrero, F., Martín-Martín, M., Raffaelli, G., Tejera de León, J., Asebriy, L. (2015). A hydrological-economic model for sustainable groundwater use in sparse-data drylands: application to the Amtoudi Oasis in southern Morocco, northern Sahara. *Science of the Total Environment*, 537, 309-322.
- Alcalá, F.J., Martín-Martín, M., Guerrero, F., Martínez-Valderrama, J., Robles-Marín, P. (2018). A feasible methodology for groundwater resource modelling for sustainable use in sparse-data drylands: Application to the Amtoudi Oasis in the northern Sahara. *Science of the Total Environment*, 630, 1246-1257.
- Biancalani, R., Nachtergaele, F., Petri, M. y Bunning, S. (2011). *Land Degradation Assessment in Drylands - Methodology and results*. Food and Agricultural Organization (FAO) of the United Nations, Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3241e.pdf>. 63p.
- Cooper, P., (2013), *Socio-ecological accounting: DPSWR, a modified DP-SIR framework, and its application to marine ecosystems*. *Ecol. Econ.* 94, 106-115.
- De Haas, H(2005). *Gestion d'eau dans les oasis marocaines, migrations et le rôle de l'Etat: crise ou transformation? L'exemple du Toudgha-Ferkla*. 15p. disponible en : <https://heindehaas.files.wordpress.com/2015/05/de-haas-2007-gestion-d-eau-oasis.pdf>
- EEA, (1995). *Europe's Environment: The Debris Assessment*. European Environment Agency, Copenhagen
- EEA, (1999), *Environmental indicators: typology and overview*. Technical Report No.25. European Environment Agency (EEA), Copenhagen. 19 p
- EEA, (2001), *Environmental Signals (2001)*. European Environment Agency, Copenhagen.

- EEA, (2005), *European Environmental Outlook*. European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA (2014), *Environmental Indicator Report: Environmental Impacts of Production Consumption Systems in Europe*, European Environment Agency, Copenhagen. ISBN: 978-92-8213-488-4 – 487-7
- Ehara, M., Hyakumura, K., Sato, R., Kurosawa, K., Araya, K., Sokh, H., & Kohsaka, R. (2018). Addressing Maladaptive Coping Strategies of Local Communities to Changes in Ecosystem Service Provisions Using the DP-SIR Framework. *Ecological Economics*, 149, 226–238. doi:10.1016/j.ecolecon.2018.03.008
- El Harradji, A. (2000). *Le Milieu Physique et les Ressources Naturelles dans le Bassin de Tinghir (Oued Toudgha): Potentialités et Impact de l'Exploitation*. IMAROM working paper series no. 6. Documento publicado en colaboración con la Universidad Mohammed I (Oujda, Morocco). Amsterdam: Enero 2000. 23p
- Ferry, M., Bedrani, S., Greiner, D. (1999). *Agroéconomie des oasis*. Montpellier : CIRAD, 230 p.
- Haddache, M., (2011). *Les transformations récentes dans l'oasis de Todgha (sud est marocain). Quel avenir pour la gestion sociale de l'eau ?*, Actas de la conferencia internacional LPED, enero de 2011, Marsella, disponible en: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/lped_les_transformations_recentes_dans_l_oasis_de_toudgha_sud_est_marocain_quel_avenir_pour_la_gestion_sociale_de_l_eau_2011.pdf
- Holten-Andersen, J., Paalby, H., Christensen, N., Wier, M. et Andersen, F.M. (1995). *Recommendations on strategies for integrated assessment of broad environmental problems*. Report submitted to the European Environment Agency (EEA) by the National Environmental Research Institute (NERI), Denmark. 77p.
- Iversen, T.M., Kjeldsen, K., Kristensen, P., Haan, B., Oirschot, M., Parr, W. and Lack, T. (1997). *Integrated Environmental Assessment on Eutrophication : A Pilot Study* . National Environmental Research Institute, Denmark, Technical Report No. 207, 102 p. disponible en : https://www.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_fagrporter/rapporter/FR207.pdf
- Liu, Y., Song, W., & Deng, X. (2018). Understanding the spatiotemporal variation of urban land expansion in oasis cities by integrating remote sensing and multi-dimensional DPSIR-based indicators. *Ecological Indicators*. doi:10.1016/j.ecolind.2018.01.029

- Liu, Y., Wang, S., Qiao, Z., Wang, Y., Ding, Y., & Miao, C. (2019). Estimating the dynamic effects of socioeconomic development on industrial SO₂ emissions in Chinese cities using a DPSIR causal framework. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 104450. doi:10.1016/j.resconrec.2019.104450
- Lu, W., Xu, C., Wu, J., & Cheng, S. (2019). Ecological effect assessment based on the DPSIR model of a polluted urban river during restoration: A case study of the Nanfei River, China. *Ecological Indicators*, 96, 146–152. doi:10.1016/j.ecolind.2018.08.054
- Malekmohammadi, B., & Jahanishakib, F. (2017). Vulnerability assessment of wetland landscape ecosystem services using driver-pressure-state-impact-response (DPSIR) model. *Ecological Indicators*, 82, 293–303. doi:10.1016/j.ecolind.2017.06.060
- Martínez-Valderrama, J., Ibáñez, J., Del Barrio, G., Alcalá, F.J., Sanjuán, M.E., Ruiz, A., Hirche, A., Puigdefábregas, J. (2018). Doomed to collapse: Why Algerian steppe rangelands are overgrazed and some lessons to help land-use transitions. *Science of the Total Environment*, 613–614.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España, <https://servicio.mapama.gob.es/sia/indicadores/modelo.jsp>
- Ministerio de Agricultura de Marruecos (www.agriculture.gov.ma),
- OCDE, (2003), *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use*, Reference Paper. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), Paris.
- Patricio, J., Teixeira, H., Borja, A., Elliott, M., Berg, T., Papadopoulou, N., Smith, C., Uusitalo, L., Wilson, C., Mazik, K., Niquil, N., Cochrane, S., Andersen, J.H., Boyes, S., Burdon, D., Carugati, L., Danovaro, R., Hoepffner, N., (2014). *DEVOTES Recommendations for the Implementation of the Marine Strategy Framework Directive*. DEVOTES Deliverable 1.5, 198pp. DEVOTES FP7 Project. JRC90864.
- Porta, J. et Poch, R.M., (2011), DPSIR analysis of land and soil degradation in response to changes in land use. *Span. J. Soil Sci. (SJSS)* 1 (1), 100–115.
- Scriban, R. E., Nichiforel, L., Bouriaud, L. G., Barnoaiea, I., Cosofret, V. C., & Barbu, C. O., (2017). Governance of the forest restitution process in Romania: An application of the DPSIR model. *Forest Policy and Economics*. doi:10.1016/j.forpol.2017.10.018

- Spanò, M., Gentile, F., Davies, C., & Laforteza, R. (2017). The DPSIR framework in support of green infrastructure planning: A case study in Southern Italy. *Land Use Policy*, 61, 242-250. doi:10.1016/j.landusepol.2016.10.051
- Svarstad, H., Petersen, L.K., Rothman, D., Siepel, H., Wätzold, F. (2008). Discursive biases of the environmental research framework DPSIR. *Land Use Policy*. 25. 116-125. 10.1016/j.landusepol.2007.03.005.
- UN, 1999. Work Programme on Indicators of Sustainable Development of the Commission on Sustainable Development. Division for Sustainable Development, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- UN, 2001. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies. Background Paper No. 3, Commission on Sustainable Development, Division for Sustainable Development, Department of Economic and Social Affairs, New York. 294p.
- Zhou, S., Mueller, F., Burkhard, B., CAO, X., & HOU, Y. (2013). Assessing Agricultural Sustainable Development Based on the DPSIR Approach: Case Study in Jiangsu, China. *Journal of Integrative Agriculture*, 12(7), 1292-1299. doi:10.1016/s2095-3119(13)60434-7

RESUMEN

Aplicación del modelo FPEIR para la evaluación del ecosistema de oasis: Caso del oasis de Todgha (sudeste de Marruecos)

El marco FPEIR y sus encarnaciones anteriores se usan comúnmente para el desarrollo de indicadores interdisciplinarios, la conceptualización de sistemas y modelos y la estructuración de programas y evaluaciones de investigación integradas. El modelo es visto como una herramienta de comunicación entre investigadores de diferentes disciplinas, así como también tomadores de decisiones y partes interesadas que comparten el medio ambiente. El objetivo de este estudio es formular indicadores FPEIR para practicar el modelo en el oasis de Todgha (sureste de Marruecos). Los resultados obtenidos mostraron que el oasis está en continua degradación luego de la sequía y las actividades humanas. El oasis ha perdido varios valores y varias especies.

PALABRAS CLAVE: FPEIR, oasis, Todgha, ecosistema, sequía.

CLASIFICACIÓN JEL: O18, P25, R11, R13

ABSTRACT

Application of the DPSIR model for the evaluation of the oasis ecosystem. Case of the oasis of Todgha (southeast of Morocco)

The DPSIR framework and its earlier incarnations are commonly used for the development of interdisciplinary indicators, the conceptualization of systems and models, and the structuring of integrated research programs and evaluations. The framework is seen as a communication tool between researchers from different disciplines, as well as decision makers and stakeholders sharing the environment. The aim of this study is to formulate DPSIR indicators in order to practice the framework at the oasis of Todgha (South-East of Morocco). The results obtained showed that the oasis is in continuous degradation following drought and human activities. The oasis has lost many values and several species.

KEYWORDS: DPSIR, oasis, Todgha, ecosystem, drought.

JEL CODES : O18, P25, R11, R13