Los procesos de desertificación

Cárcavas en la proximidad del Guadiana Menor. JH

10 Los procesos de desertificación

"La región oriental del reino de Granada posee un carácter completamente distinto al resto de Andalucía. En cuanto se traspasan los Montes de Granada acaba este suelo tremendamente fértil, que se extiende hacia el Oeste y llega hasta las márgenes del Guadiana, cerca de la costa portuguesa."

Moritz Willkomm, siglo XIX.

"Sequía y desertificación amenazan el sustento de mil millones de personas en más de 110 países alrededor del mundo."

Kofi Annan

Entre los importantes cambios y alteraciones ambientales que afectan a los paisajes de las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas, la desertificación constituye una seria amenaza por su incidencia territorial, ambiental, ecológica y socioeconómica.

Desertificación es un término complejo (Rubio, 1992 y 1995), controvertido, con frecuencia utilizado erróneamente y de difícil conceptualización debido a lo impreciso de su significado, pero es lo suficientemente intuitivo para ser objeto de un antiguo tratamiento mediático sin dar cuenta de su significado estricto (Ibáñez *et al.*, 1970). La realidad es que tras el término desertificación se esconde todo un conjunto de procesos interrelacionados (físicos, biológicos, históricos, económicos, sociales, culturales y políticos) que se manifiestan a diferentes niveles de resolución tanto espaciales como temporales (García *et al.*, 1996; Ibáñez *et al.*, 1997).

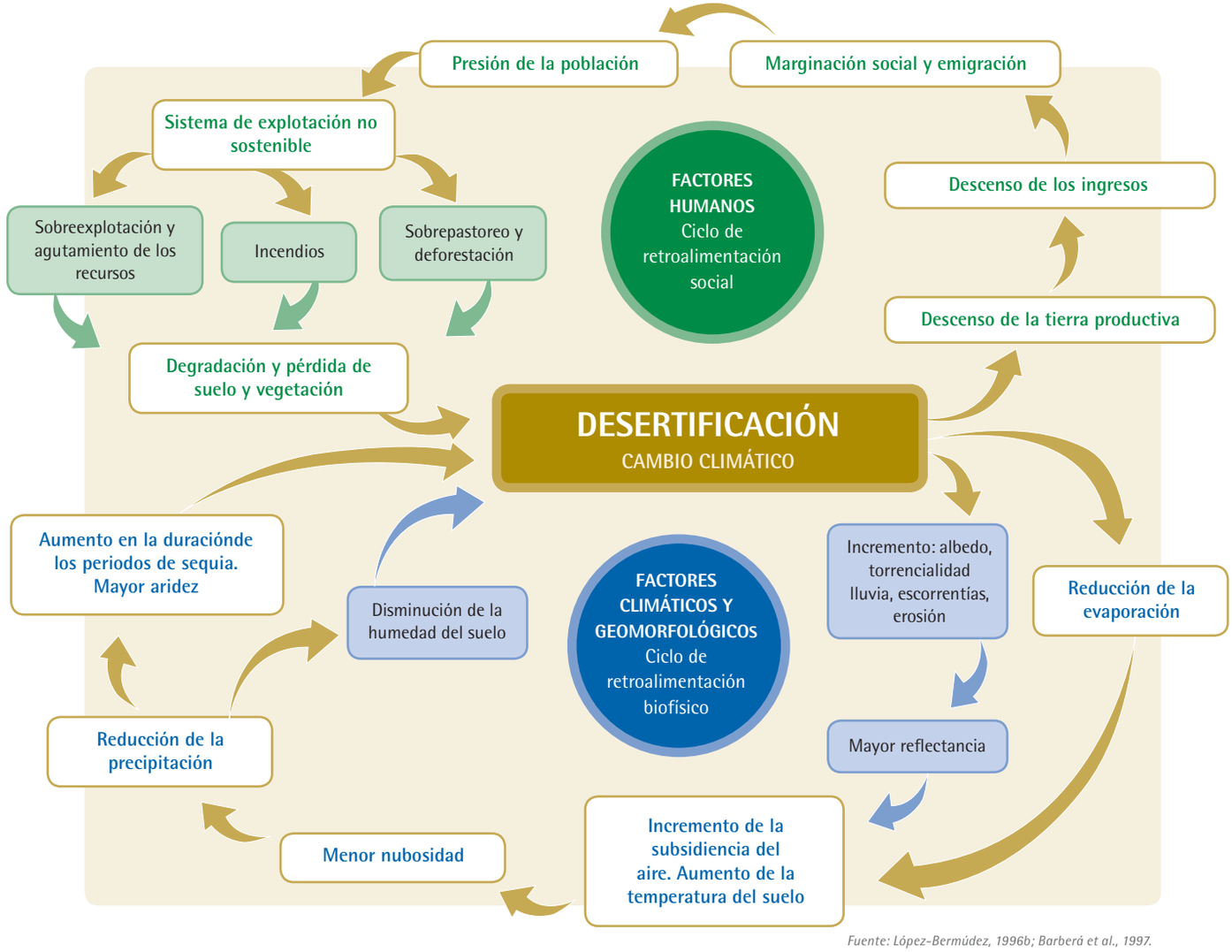
La definición más ampliamente aceptada fue formulada por la *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED, 1992) y la *Convention to Combat Desertification* (CCD 1994) como un proceso que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultado de variaciones climáticas y actuaciones humanas adversas.

Las causas que la desencadenan y los factores que la controlan son múltiples y hay que buscarlos en la acción sinérgica de un amplio conjunto de procesos físicos y antrópicos multiescalados en el tiempo y en el espacio, como resultado de un *feedback* positivo (Figura 10.1.), difícil de frenar, que refuerza o amplifica determinados mecanismos naturales a causa de la intervención humana (Charney, 1975; Scoging, 1991;

Thomas y Middleton, 1994; Puigdefábregas, 1995b; García *et al.*, 1996; López-Bermúdez, 1996a; Ibáñez *et al.*, 1997). La desertificación puede considerarse como el paradigma del estado ambiental de extensas regiones mediterráneas, pudiendo el cambio climático acentuar el problema (Linés, 1990; Boer *et al.*, 1990; Fantechi *et al.*, 1991; Moreno and Fellous, 1997; Marairota *et al.*, 1998; GCTE, 1998).

La desertificación es, a la vez, una crisis climática, una crisis ecológica y una crisis socioeconómica que desencadena nuevos mecanismos de degradación ambiental que dificultan e incluso impiden la conservación de la base de recursos naturales imprescindibles para el desarrollo sostenible. De ahí la necesidad de detener y mitigar estos procesos de degradación, de recuperar geosistemas que no hayan rebasado el umbral de la irreversibilidad y de poner en marcha planes y estrategias para la protección y salvaguarda de los recursos naturales básicos y del medio ambiente de las tierras más amenazadas.

Fig. 10.1. Mecanismos de retroalimentación en la desertificación



Fuente: López-Bermúdez, 1996b; Barberá et al., 1997.

La aridificación y degradación de los ecosistemas mediterráneos es, en parte, consecuencia del progresivo establecimiento de unas condiciones ambientales de aridez desde el Holoceno Superior que ha ocasionado el descenso de la biomasa vegetal y de la protección del suelo frente al impacto de la lluvia y la erosión. A este fenómeno natural se le conoce como desertización (Martín de Santa Olalla, 2001).

Por otra parte, se trata de una herencia histórica de la actividad humana sobre el territorio, que arranca en los tiempos neolíticos con la aparición de la agricultura y las primeras roturaciones del terreno y que se extiende a través de numerosas fases de crisis ambientales hasta la actualidad (capítulo 5).

Algunos conceptos sobre desertificación

Tanto para la desertificación como para el desarrollo de este capítulo es necesario explicar previamente cuatro conceptos claves: desertificación heredada, desertificación actual, sensibilidad a la degradación o desertificación, y riesgo de desertificación.

Desertificación heredada: define las áreas donde secularmente han incidido desde tiempos remotos los procesos causantes de la desertificación, provocando sobre el territorio una degradación de la capacidad productiva de las tierras de tal manera que para obtener producciones agrícolas es necesario emplear elementos tecnológicos e inputs de alto valor, además de suponer actuaciones sobre el medio de fuerte impacto ambiental (Moreira *et al.*, 2005). Esta "situación heredada" se considera un fenómeno difícilmente reversible y que, con frecuencia, conforma actualmente un paisaje de alto valor ecológico (capítulo 11).

La desertificación heredada es un proceso difícilmente reversible, que se ha traducido históricamente en geoformas de alto valor paisajístico y ecológico. CPS

Desertificación actual: corresponde a otro fenómeno que se manifiesta paralelamente al anterior. Aparece en zonas donde los procesos que causan la desertificación se encuentran activos, siendo aún su nivel de degradación reversible. En estas zonas es posible mitigar la incidencia de esta problemática mediante la adopción de medidas correctoras (López-Bermúdez, 2001).

Sensibilidad a la degradación y/o desertificación: se trata de una expresión de la fragilidad de los territorios ante el problema de la desertificación. En definitiva es la susceptibilidad potencial de un área a degradarse o que está sufriendo, en la actualidad, procesos asociados a la desertificación.

Riesgo de desertificación: se define como la unión de los tres diagnósticos anteriores. Esta conjunción permite emitir un diagnóstico general del estado de las tierras respecto a la desertificación junto con las zonas donde los procesos se muestran más activos, incluso en aquellos casos donde la incidencia de los factores de riesgo en el medio no muestren señales de deterioro de éste (Moreira *et al.*, 2005).

Por otro lado, hasta hace bien poco los términos desertificación y erosión se consideraban dos caras de la misma moneda, tanto en la producción científica como en las políticas nacionales y europeas de I+D. Hoy día el concepto de desertificación es más funcional, pasando a ser considerado como una perturbación que se produce en climas áridos y que conduce al sistema (hombre-recursos naturales) a una pérdida irreversible de sostenibilidad (Puigdefábregas, 2001). El efecto actual del hombre sobre ecosistemas y paisajes es muy grande y parece que jamás ha tenido equivalente en el pasado. Las acciones antrópicas en el medio natural pueden implicar que dichos cambios sean irreversibles y, a gran escala, es la primera vez que esto sucede en la dilatada historia de la especie humana (Martín de Santa Olalla, 2001).

En cambio, la erosión consiste en la pérdida de suelo por arranque, transporte y posterior acumulación, bien por la acción del viento o del agua (López-Bermúdez y Romero, 1998). Este proceso se puede entender como una forma de degradación del recurso suelo, y por tanto, un efecto o síntoma de la desertificación, pero si bien no es el único. Otros efectos de la desertificación se producen también sobre el suelo (salinización), la vegetación, el agua o la atmósfera (p.e. incremento del flujo de calor sensible o incorporación de polvo; Puigdefábregas, 2001). A escala mundial la principal forma de erosión asociada a la desertificación es la eólica, aunque en la Península Ibérica predomina la erosión hídrica, constituyendo ésta un problema ambiental endémico de la mayor parte de la España mediterránea y, en particular, del sureste peninsular (López-Bermúdez y Romero, 1998).

La desertificación, a nivel mundial, está causada por un buen número de factores que varían en función de la región sobre la que se trabaje y que además se encuentran relacionados en mayor o menor medida. Geist y Lambin (2004) analizaron una serie de estudios sobre la materia, tras lo cual identificaron cuatro categorías principales de agentes causales de la desertificación. Tales son el aumento de la aridez, los impactos de la actividad agrícola y ganadera, el fuego, la extracción de madera y de otros componentes de la vegetación, y por último, los impactos producidos por el aumento de las infraestructuras. En este último pueden diferenciarse los regadíos, las carreteras, las poblaciones y la industria extractiva. Además, estos autores demostraron que la importancia de los distintos agentes es relativa y que varía en función de las combinaciones entre los factores socioeconómicos y biofísicos naturales de las regiones. En el sur de Europa el 54% de las situaciones evaluadas se identifican con una mezcla de factores climáticos y tecnológicos.

La erosión hídrica llega a eliminar por completo la vegetación en zonas con elevadas pendientes. JC

En el ámbito nacional el fenómeno de la desertificación, por lo general, se manifiesta asociado a la expansión de la agricultura marginal, del sobrepastoreo y a veces del fuego. Estos factores incrementan la escorrentía por reducción de la permeabilidad del suelo y por la longitud de su recorrido, ya que al menguar la vegetación disminuyen las oportunidades de reinfiltración. Por ello, existe más agua disponible (ladera abajo) favoreciendo el acarcavamiento, proceso erosivo varios órdenes más potente que la arroyada difusa (Puigdefábregas, 2001).

Diagnóstico, situación nacional y regional

La desertificación, como resultado de un conjunto de circunstancias climáticas y actuaciones humanas, conlleva la pérdida de coberturas vegetales y la acentuación de procesos erosivos. De esta manera, por su propia definición, se trata de un proceso que provoca la degradación de las tierras, alterándose los niveles de productividad de las mismas.

En España, actualmente una parte importante de la superficie del territorio está amenazada por procesos de desertificación, especialmente por el impacto de los incendios forestales, la pérdida de fertilidad del suelo de regadío por salinización y la erosión. Según el Convenio de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (anexo IV), España es uno de los países afectados por procesos de desertificación y las proyecciones del cambio climático agravarían dichos problemas de forma generalizada, especialmente en la franja con clima mediterráneo seco, árido y semiárido.

En el momento actual se reconoce que un 31,5 % de la superficie española está afectada gravemente por la desertificación (PAND, 2000). Según las mismas fuentes, un 42% de la superficie nacional estaría por encima de los límites de erosión tolerables (la erosión hídrica en condiciones mediterráneas es altamente

episódica en la actualidad) y afectaría principalmente a las cuencas del Guadalquivir, Ebro, Tajo, Segura, Júcar y Sur. Las comunidades autónomas más amenazadas son Murcia, Andalucía, Valencia, Castilla-La Mancha, Aragón, Madrid, Extremadura y Canarias (López, 1992).

El problema de la salinización de los suelos afecta en grado severo a un 3 % y bajo alto riesgo a un 15% de los 35.000 km^2 de regadío existentes en España, especialmente a las cuencas del Guadalquivir, Tajo, Sur y a lo largo de la costa levantina (PAND, 2000).

El único país de Europa que presenta un riesgo de desertificación muy alto (según el mapa elaborado en la conferencia de Nairobi de 1997) es España y concretamente la mitad de la superficie de Andalucía oriental sufre procesos de erosión muy graves (pérdidas de suelo mayores de 200 Tm/ha/año).

Las características ecológicas del extremo oriental de Andalucía, donde existen precipitaciones inferiores a los 300 litros/año, materiales geológicos fácilmente erosionables, suelos esqueléticos y pobres en materia orgánica (apartado 7.5.), vegetación arbustiva de cobertura y tamaño muy reducido, junto a una fuerte acción antrópica (ganadería, agricultura, minería, etc.) que data de tiempos históricos, han modelado el paisaje actual de estos territorios. Si bien no hay que olvidar que una parte de ellos tiene gran importancia ecológica.

En Andalucía este fenómeno manifiesta dos vertientes. Por un lado está la desertificación "natural o heredada", responsable de los paisajes áridos y desérticos del interior de las provincias de Almería, Granada y el sureste de Jaén, y por otro la desertificación "actual o inducida", resultado de las actividades humanas y de las variaciones climáticas recientes. Con todo, Jaén y Sevilla son, después de Cádiz, las provincias con menor nivel de desertificación actual de Andalucía, con unos porcentajes medios por debajo del 12%. La desertificación actual se distribuye por toda la región, con especial incidencia en los ámbitos litorales y prelitorales de Málaga y Granada, y en los cultivos del interior andaluz (Córdoba, Jaén y Sevilla).

Los incendios forestales acentúan los procesos de desertificación. MY

En la región andaluza las causas principales de este proceso son la existencia de zonas relativamente extensas con clima semiárido y extrema variabilidad de las lluvias; las prácticas agrícolas intensivas, tanto en cultivos leñosos como hortícolas, y el progresivo abandono de la agricultura tradicional; el relieve desigual con fuertes pendientes; la incidencia de los incendios y la actividad minera; así como la explotación insostenible de los recursos hídricos, pues el 30% del agua consumida en Andalucía procede de acuíferos subterráneos, en la mayoría de los casos por encima de su capacidad de recarga.

La toma de conciencia sobre el problema de la desertificación no ha sido reciente. Desde hace años se han realizado estudios sobre el fenómeno, tanto a nivel nacional como internacional. En el ámbito internacional destaca el Proyecto Medalus (*Mediterranean Desertification and Land Use*), desarrollado entre los años 1991 y 1999. En España hay que destacar el PAND (Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación), en el que se establecieron una serie de prioridades de actuación en función de variables como erosión, incendios, aridez o sobreexplotación de los acuíferos. El objetivo fundamental del PAND es contribuir al logro del desarrollo sostenible de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del territorio nacional y, en particular, la prevención o la reducción de la degradación de las tierras, la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas y la recuperación de tierras desertificadas.

El proyecto LUCDEME (Lucha Contra la Desertificación en el área Mediterránea) surge como iniciativa del Gobierno Español tras las recomendaciones del Plan de Acción contra la Desertificación de las Naciones Unidas (DESCOM) para promover estudios y trabajos que permitan conocer la situación real de las áreas afectadas y sus particularidades, la influencia de los diferentes factores que dan lugar a los procesos relacionados con el fenómeno de la desertificación y facilitar el diseño de las medidas de acción adecuadas dentro de las premisas del desarrollo sostenible. Este proyecto se desarrolla en la totalidad de la vertiente mediterránea española. Se estableció una primera fase que comprendía una superficie de 32.622 km^2, que englobaba las provincias de Almería, Murcia y la vertiente mediterránea de la provincia de Granada. Las principales cuencas que quedan incluidas en esta primera fase son las cuencas de los ríos Guadalentín o Sangonera, Almanzora, Adra, Albuñol y Guadalfeo.

La intensificación de las prácticas agrícolas, caso de las nuevas plantaciones masivas de olivar de regadío, constituyen un elemento de riesgo de desertificación inducida. MY

A nivel regional, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía sigue una sistematización de trabajo similar al PAND en el Plan Andaluz de Control de la Desertificación, pretendiendo establecer niveles de desertificación por subcuencas hidrográficas.

Por otro lado, esta Consejería ha participado en el proyecto europeo DesertNet, el cual pretende hacer un diagnóstico del problema de la desertificación y la valoración del riesgo existente en el ámbito mediterráneo. El objetivo principal de este proyecto es conocer la evolución de la desertificación inducida, haciendo hincapié en las zonas semiáridas de Andalucía oriental de cara a delimitar las posibles medidas correctoras.

10.1. Los procesos de desertificación en el Altiplano

En el desarrollo de este apartado se han tenido en cuenta los cuatro conceptos definidos con anterioridad: desertificación heredada, desertificación actual, sensibilidad a la degradación o desertificación, y riesgo a la desertificación.

Para la realización de los análisis sobre procesos de desertificación se ha utilizado la información espacial generada dentro del estudio "Diagnóstico de la Desertificación en Andalucía", enmarcado dentro del programa de la Unión Europea Interreg III B. Dicho estudio regional ha sido elaborado por el Servicio de Información y Evaluación Ambiental de la Dirección General de Participación e Información Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Desertificación heredada

Como se ha visto con anterioridad, la desertificación heredada afecta a tierras donde este fenómeno es un proceso natural al que se han adaptado unas actuaciones humanas sobre el medio desde tiempos históricos. El diagnóstico de la desertificación natural o heredada se ha realizado a partir del análisis de distintos factores; clima (precipitación media anual y el índice de aridez), geomorfología (badlands y ramblas), suelos (esqueléticos y con alto grado de pedregosidad) y vegetación (grado de degradación de las series de vegetación).

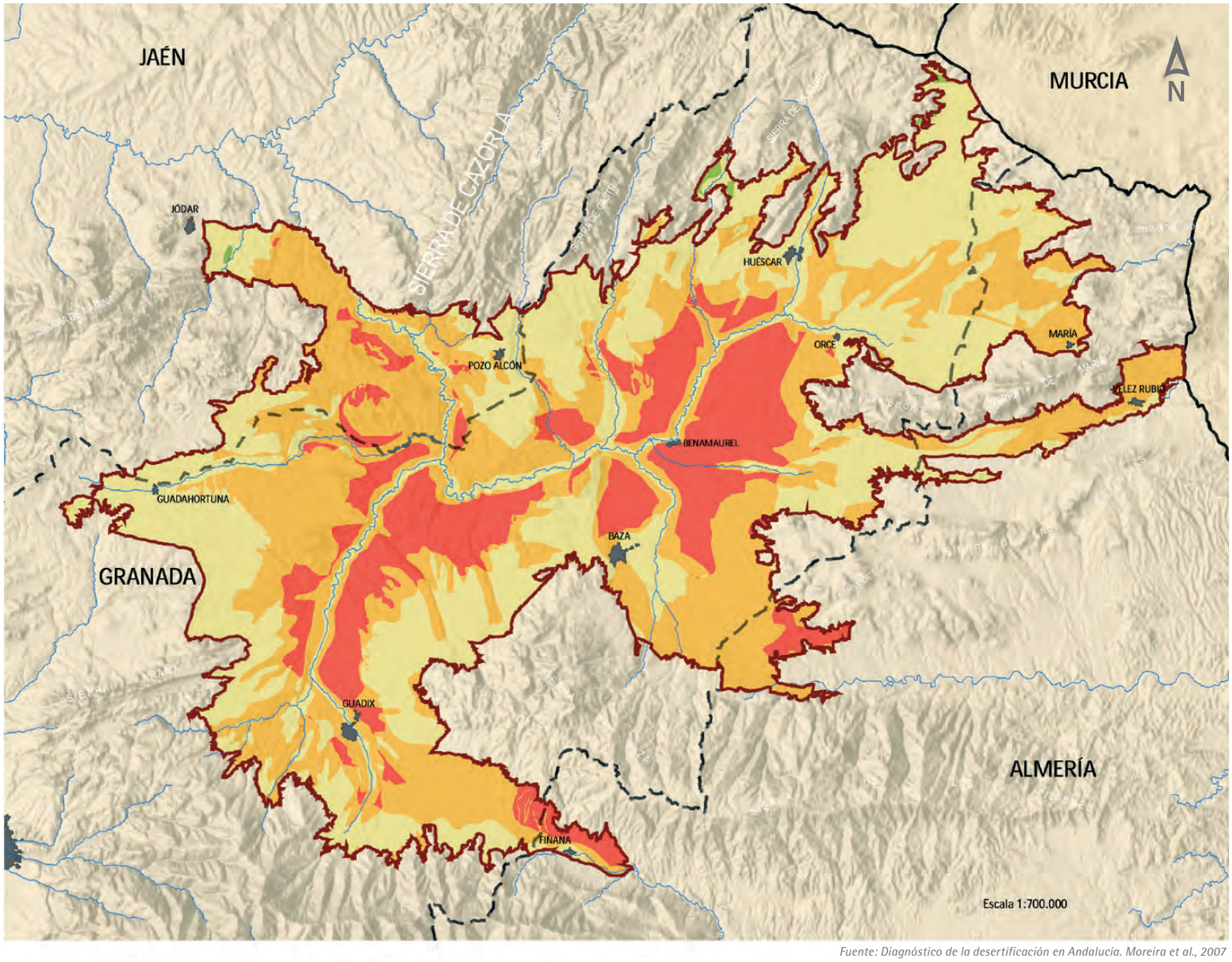
Tabla 10.1 Cuantificación superficial de los niveles de desertificación heredada (ha)

NIVEL	SUPERFICIE	%
Áreas muy cercanas y/o desertificadas	82.447,50	16,99
Áreas potencialmente cercanas	201.638,49	41,55
Áreas alejadas	200.066,93	41,23
Áreas muy alejadas	1.128,23	0,23

Fuente: Mapa de desertificación heredada. Consejería de Medio Ambiente, 2005. Elaboración propia.

El ámbito de estudio tiene aproximadamente 82.500 ha en el nivel de áreas muy cercanas y/o desertificadas, lo que se traduce en aproximadamente el 17% de su superficie. Este nivel se extiende especialmente por la zona central de la hoya de Guadix y de Baza, estando su aparición muy ligada a la presencia de regosoles y, por tanto en estrecha relación también con los badlands. Este rango se corresponde con las franjas de mayor aridez y los registros más bajos de precipitación en el ámbito de estudio. Además de la zona central del Altiplano también se encuentran en esta situación las cuencas del río Almanzora y Andarax.

Desertificación heredada



Fuente: Diagnóstico de la desertificación en Andalucía. Moreira et al., 2007

- Áreas muy cercanas y/o desertificadas
- Áreas potencialmente cercanas
- Áreas alejadas
- Áreas muy alejadas
- Límite del Altiplano
- Límite autonómico
- Límite provincial

Las áreas potencialmente cercanas están repartidas por todo el ámbito de estudio, ocupando las campiñas y la red de ramblas de carácter torrencial del Altiplano. Envolviendo a las zonas que poseen el máximo grado de desertificación, forman un gradiente de mayor a menor afección desde el interior de la altiplanicie hacia las cadenas montañosas que la rodean. Dentro de esta categoría se encuentra también una parte importante de la cuenca del Guadahortuna y, la zona comprendida entre la Sierra del Pozo y el río Jandulilla, donde son frecuentes los suelos esqueléticos del tipo litosol (apartado 7.5.).

Las áreas más alejadas de los procesos de desertificación son aquellas que están próximas a las grandes cadenas montañosas, donde los valores de precipitación son más elevados que en el interior de la altiplanicie. Dichas áreas se distribuyen a lo largo de la franja colindante con Sierra Nevada, Sierra de Baza, Sierra de Castril, Sierra de Cazorla y al este con Sierra de María y los pasillos geológicos de toda la parte oriental del Altiplano, incluyendo las serranías del norte de la provincia de Granada. Además, se corresponden con los fluvisoles calcáreos. Este nivel también aparece en el interior asociado a los cauces de agua más importantes del ámbito de estudio como son los del Guardal, Guadahortuna, Fardes, Jandulilla y Guadiana Menor, entre otros. Finalmente las áreas muy alejadas de los procesos de desertificación heredada se encuentran también de manera muy puntual en el entorno del río Jandulilla y entre la Sierra Seca y Sierra de Moncayo.

Los procesos de desertificación heredada han conformado y moldeado paisajes singulares de gran valor, como el Monumento Natural de las Cárcavas de Marchal (capítulo 4) o georrecursos como los Badlands del Negratín o los Abanicos de Capas de Hinojares (capítulo 11).

Badlands de Gorafe. CPS

Desertificación actual

En contraposición a la desertificación heredada existen procesos actuales, tanto sobre zonas naturalmente desérticas como sobre otras que han sufrido recientemente o están sufriendo degradaciones que están llevando a la desertificación de dichos territorios (Moreira *et al.*, 2005).

Para determinar las áreas actualmente desertificadas o cercanas a la desertificación y dónde los procesos están actualmente activos, se procedió a la combinación de información referente a clima, aguas subterráneas, adecuación de uso y capacidad productiva del suelo, usos, biodiversidad y geomorfología. Tras este análisis se obtuvieron diferentes grados de desertificación: áreas muy alejadas, áreas alejadas, áreas potencialmente cercanas, áreas muy cercanas y/o desertificadas y áreas no evaluadas.

Para la elaboración del mapa de desertificación actual de Andalucía se han tenido en cuenta igualmente aquellas zonas afectadas por la desertificación heredada o natural, logrando hacer un diagnóstico general de todas las áreas afectadas por estos procesos activos en la actualidad. Las áreas desertificadas resultantes se corresponden generalmente con zonas de producción agrícola tradicional de carácter marginal, gran parte de las áreas de cultivo que se han abandonado, acentuándose su degradación, y zonas donde sólo pueden subsistir cultivos altamente cualificados capaces de hacer rentables las inversiones de este tipo de explotaciones intensivas.

Tabla 10.2. Cuantificación superficial del estado de la desertificación actual (ha)

NIVEL	SUPERFICIE	%
Áreas muy cercanas y/o desertificadas	134.916,19	27,85
Áreas potencialmente cercanas	218.604,22	45,13
Áreas alejadas	112.761,30	23,28
Áreas muy alejadas	13.711,60	2,83
No evaluado	4386,36	0,91

Fuente: Mapa de desertificación actual. Consejería de Medio Ambiente, 2005. Elaboración propia.

De esta manera, se puede decir que el Altiplano está caracterizado por tener más de un cuarto de su superficie catalogada como muy cercana y/o desertificada. Esta categoría se localiza principalmente en el centro de las hoyas de Guadix y de Baza, coincidiendo con las zonas afectadas por la desertificación heredada. Además, las nuevas técnicas agrícolas y los cambios en los sistemas de explotación tradicionales a otros más intensivos, como se ha mencionado anteriormente, han ocasionado un descenso en el valor de la biodiversidad y un incremento en las tasas de erosión del suelo, apareciendo por consiguiente nuevas áreas dentro de este nivel de afección.

En las grandes zonas de cultivos herbáceos de secano de las comarcas de Guadix, Baza y Huéscar se concentran las áreas muy cercanas y/o desertificadas. Cabe destacar que en segundo nivel de ocupación del suelo de estas tierras degradadas está el matorral. La degradación de las aguas subterráneas mediante la combinación de información puntual de salinidad, intrusiones y sobreexplotación, asociado todo ello al grado de permeabilidad que presentan, se puede considerar igualmente como un factor activo dentro de los procesos de desertificación actual en el territorio (Moreira *et al.*, 2005).

Las geoformas características dentro de esta categoría son las mismas que las consideradas en el diagnóstico de desertificación heredada: badlands, cárcavas y otras formas erosivas. Dichas unidades geomorfológicas se distribuyen principalmente en las proximidades de los principales cauces que drenan este territorio, como son el Guadiana Menor, Fardes, Guadahortuna, Guardal y Galera principalmente, donde predominan también las colinas con fuerte erosión.

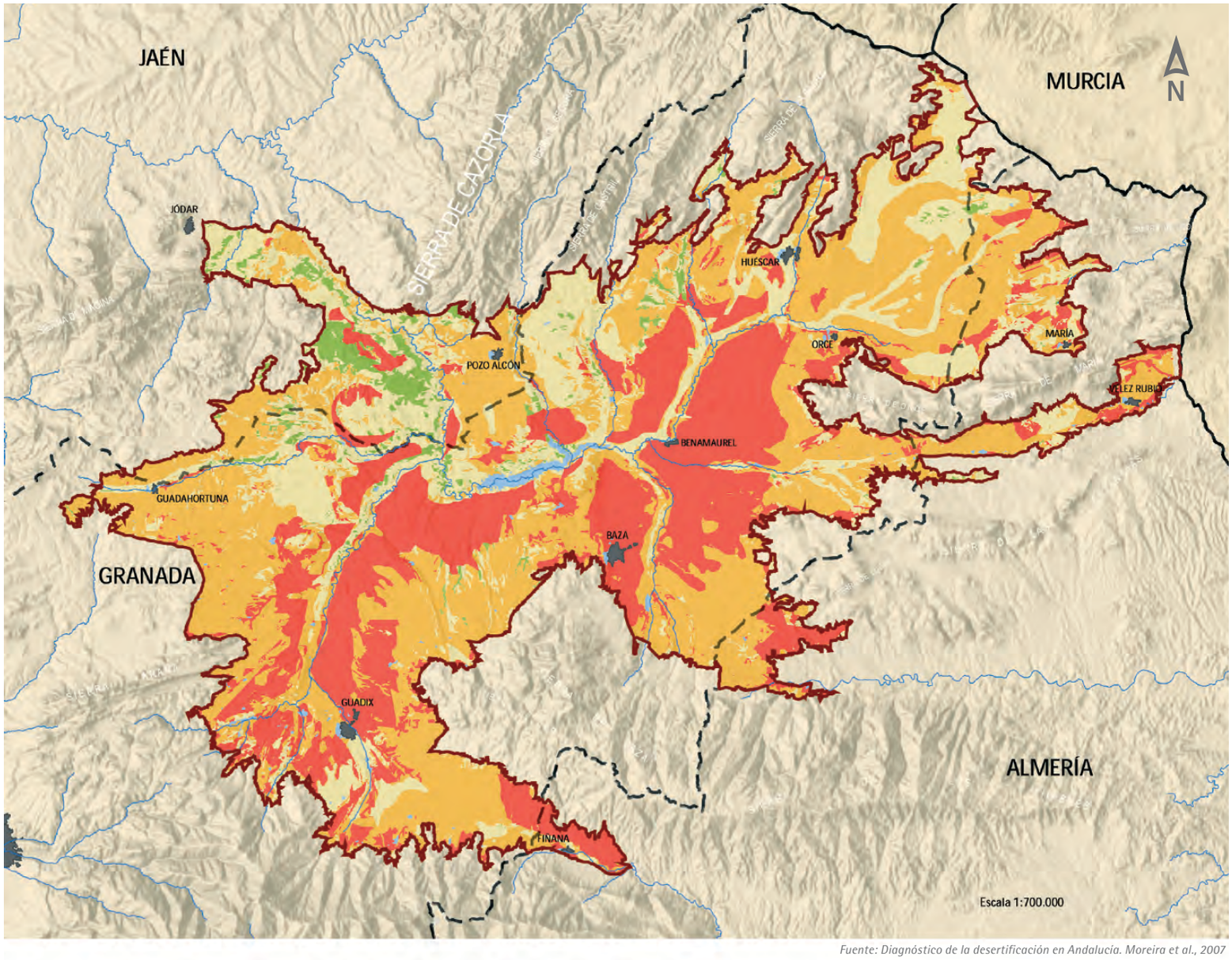
El 45% del territorio se presenta como áreas potencialmente cercanas a la desertificación. Su distribución superficial atiende al mismo modelo de distribución que la desertificación heredada; ocupan grandes superficies adyacentes a los límites del ámbito de estudio, envolviendo de manera uniforme las zonas de mayor grado de afección.

Las áreas alejadas suman el 23% de la superficie. Geográficamente se corresponden con algunos tramos de los ríos Guadahortuna, Guadiana Menor, Castril, Guardal y Galera, expandiéndose hacia las serranías del norte y al sur de Guadix principalmente, donde abundan el matorral o las estepas y lastonares que se alternan con los cultivos agrícolas.

Las áreas menos afectadas por la desertificación actual, definidas como áreas muy alejadas, se concentran en el extremo sureste de la provincia de Jaén. Esta zona está ocupada principalmente por masas de *Pinus halepensis* y se corresponde mayoritariamente con montes públicos. Cabe destacar, dentro de este nivel, la presencia de una serie de pequeños enclaves localizados a la izquierda del embalse del Negratín y al norte del río Guadahortuna. La representación espacial de las áreas muy alejadas es ínfima respecto al total de la superficie del Altiplano, ocupando menos del 3% del territorio.

Mosaico de cultivos de secano en Zújar, panorámica desde el Jabalcón. JLV

Desertificación actual



Fuente: Diagnóstico de la desertificación en Andalucía. Moreira et al., 2007

- Áreas muy cercanas y/o desertificadas
- Áreas potencialmente cercanas
- Áreas alejadas
- Áreas muy alejadas
- No evaluado
- Límite del Altiplano
- Límite autonómico
- Límite provincial

Sensibilidad a la degradación y/o desertificación

Con el objeto de identificar las áreas vulnerables o sensibles a la desertificación, el Servicio de Información y Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía utilizó un modelo denominado MEDALUS (Kosmas *et al.*, 1999), desarrollado en el marco del homónimo proyecto europeo. Este modelo está basado en la aplicación de indicadores biofísicos y socioeconómicos, cuya combinación es la expresión de la fragilidad de estos territorios amenazados por los procesos de desertificación, en definitiva, las áreas potencialmente susceptibles de desarrollar o que están sufriendo en la actualidad procesos asociados a la desertificación. Básicamente el estudio se basa en la implementación de cuatro índices de calidad de factores directamente relacionados con la desertificación: suelo, clima, vegetación y gestión del territorio. Los índices obtenidos fueron los siguientes:

ÍNDICE DE CALIDAD DEL CLIMA

El clima se manifiesta como uno de los factores más determinantes en los procesos de degradación del medio (Moreira *et al.*, 2005), estando situado el área de estudio en una de las regiones más áridas de Europa. Como ya se ha referido anteriormente (apartado 7.2.), el Altiplano está caracterizado por un régimen de escasas precipitaciones y amplia variabilidad interanual de las mismas, lo que unido a los altos valores de evapotranspiración sitúa al Altiplano en un marco territorial muy sensible a los procesos de desertificación.

ÍNDICE DE CALIDAD DEL SUELO

Este índice se presenta como fundamental para el estudio de los procesos de desertificación, ya que la degradación del suelo conduce a una pérdida de la cobertura vegetal y de su capacidad productiva. Dentro de este factor se evaluaron los siguientes parámetros a partir de la información espacial disponible: litología, textura, pedregosidad, profundidad del suelo, capacidad de drenaje del suelo, pendiente y su relación con la erosión del suelo.

ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VEGETACIÓN

La vegetación juega un papel clave en la protección del suelo, siendo su influencia sobre el microclima palpable. La vegetación ejerce de barrera protectora, reduciendo la insolación directa, favoreciendo la infiltración y protegiéndolo de la desecación ocasionada por los vientos. Es importante señalar que la destrucción de la cubierta vegetal en las regiones mediterráneas está generalmente ocasionada por factores antrópicos. El ámbito de estudio contiene aproximadamente un 40% de superficie de vegetación forestal según el mapa de vegetación actual E 1/400.000 (apartado 8.1.). El índice de calidad de la vegetación fue determinado utilizando los siguientes factores: riesgo de incendios, protección frente a la erosión, resistencia a la sequía y cobertura vegetal. La información necesaria para evaluar tales factores se extrajo del mapa de usos y coberturas de 1999.

ÍNDICE DE CALIDAD DE LA GESTIÓN

La desertificación es un proceso natural-antrópico con una dinámica natural (desertización) a ritmos temporales relativamente lentos, pero que se aceleran cuando el hombre interviene de manera inadecuada sobre el medio (Moreira *et al.*, 2005). Para la valoración de este índice, el Servicio de Información y Evaluación Ambiental (SIEA) utilizó dos parámetros: intensidad de uso del suelo, obtenida a partir del mapa de usos y coberturas vegetales, y política de protección a través de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía (RENPA).

Distintos estadíos del proceso de acarcavamiento sobre tierras de cultivo. JH

De esta manera y tras el análisis combinado de los cuatro índices anteriormente expuestos, se obtuvieron varios niveles o rangos de áreas sensibles a la degradación. Tales son: áreas no sensibles, áreas potenciales, áreas frágiles (3 subniveles) y áreas críticas (3 subniveles).

Tabla 10.3. Cuantificación superficial de la sensibilidad a la degradación (ha)

NIVEL	SUBNIVEL	SUPERFICIE	%
Áreas críticas		**393.590,11**	**81,20**
	C1	39.899,80	8,23
	C2	175.122,52	36,13
	C3	178.567,79	36,84
Áreas frágiles		**73.769,68**	**15,22**
	F1	11.317,85	2,33
	F2	28.218,75	5,82
	F3	34.233,08	7,06
Áreas potenciales		**8.308,44**	**1,71**
No evaluado		**5.263,02**	**1,09**
No sensibles		**3.783,60**	**0,78**

Fuente: Mapa de sensibilidad a la desertificación. Consejería de Medio Ambiente, 2005. Elaboración propia.

El Altiplano en su conjunto está caracterizado por la presencia de áreas críticas en el 81% de su superficie. Se pueden definir como áreas críticas a aquellas que ya están altamente degradadas (desertificación heredada) y presentan una amenaza de degradación de las áreas adyacentes. Por ejemplo, zonas muy erosionadas sujetas a una alta escorrentía y alta producción de sedimentos, que pueden causar inundaciones aguas abajo y la colmatación de embalses.

Las áreas críticas C1 se extienden a través de todo el ámbito de trabajo, ocupando el 8,23% de la superficie total del Altiplano. Las C1 aparecen fundamentalmente por la hoya de Guadix, situándose en las vegas fértiles de los cauces principales que riegan la depresión accitana (Fardes, Guadiana Menor o Guadahortuna), donde los grandes cultivos intensivos han ido desplazando a las técnicas agrícolas tradicionales.

Asimismo, también se localizan en las proximidades de Sierra Nevada y Sierra de Baza, o en el sureste de Jaén, en la zona próxima al río Jandulilla, donde la expansión del olivar intensivo crece de forma exponencial. Su presencia también se hace patente en las serranías del norte y, de manera más puntual, en pequeñas áreas limítrofes con Sierra María o Sierra de las Estancias, en la provincia de Almería.

Hay que señalar que las C1 se corresponden geográficamente con las zonas de mayor evapotranspiración y menores registros de precipitación de toda la zona de trabajo, encontrándose mayoritariamente sobre suelos de tipo Regosol (apartado 7.5.).

La distribución de las C2 es más amplia, expandiéndose a través de todo el territorio de estudio y alternándose con las C3, con las que comparten el mismo modelo de distribución superficial, ocupando las primeras el 36,13% del territorio y el 36,84% las segundas.

En conjunto, estas áreas se asientan sobre suelos de tipo regosol eútricos en la comarca de Guadix y calcáreos en la de Baza, fluvisoles en la mayoría de los cauces y vegas de las dos hoyas y por último sobre litosoles, presentes en la comarca de Guadahortuna, en el sur de Jaén, en las estribaciones del conjunto de sierras del norte y en los pasillos geológicos de Sierra María y Sierra de las Estancias. Estas zonas siguen los mismos patrones climáticos que los anteriores; escasez de lluvias y fuerte evapotranspiración.

En segundo lugar se encuentran las áreas frágiles, caracterizadas por ser muy sensibles en el delicado balance entre naturaleza y actividad humana, pudiendo desembocar en procesos de desertificación. Se muestran sensibles a desequilibrios tales como el cambio climático, a gran escala, o los cambios drásticos en los usos del suelo, a menores escalas. En el ámbito de estudio representan el 15,22% de la superficie total.

Las áreas frágiles de primer orden (F1) se extienden a través del 2,3% de la superficie y se hallan concentradas en la parte del Altiplano del sur de la provincia de Jaén, principalmente en montes públicos, Bernales,

Pinares en el monte Dehesa del Guadiana, Jaén. MY

Las Cumbres, Dehesas del Guadiana, Coto Charrín o Baldíos, y una pequeña porción del Parque Natural de Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas. Su fragilidad es manifiesta al tratarse de zonas con una amplia superficie forestal, donde la cubierta de vegetación es aún importante pero ecológicamente amenazada a causa de la sobreexplotación de sus recursos (p.e. sobrepastoreo) y de la expansión de los grandes cultivos en torno a estos enclaves naturales (constricción del hábitat).

De manera más puntual también se encuentran F1 en distintas zonas de la hoya de Baza, en las inmediaciones del río Guadahortuna y en el conjunto de sierras del norte. Igualmente siguen ocupando parte de los montes públicos del ámbito de estudio: Cortijo Becerra al norte de Guadix, Maitena al norte de Huéscar, Monte del Pueblo de Zújar o Monte del Pueblo de Cuevas del Campo entre otros.

El resto de áreas dentro de esta categoría (F2 y F3) están presentes en todo el Altiplano, siempre cercanas a los ríos, ramblas y pequeños cauces. Su extensión total abarca aproximadamente 62.450 ha.

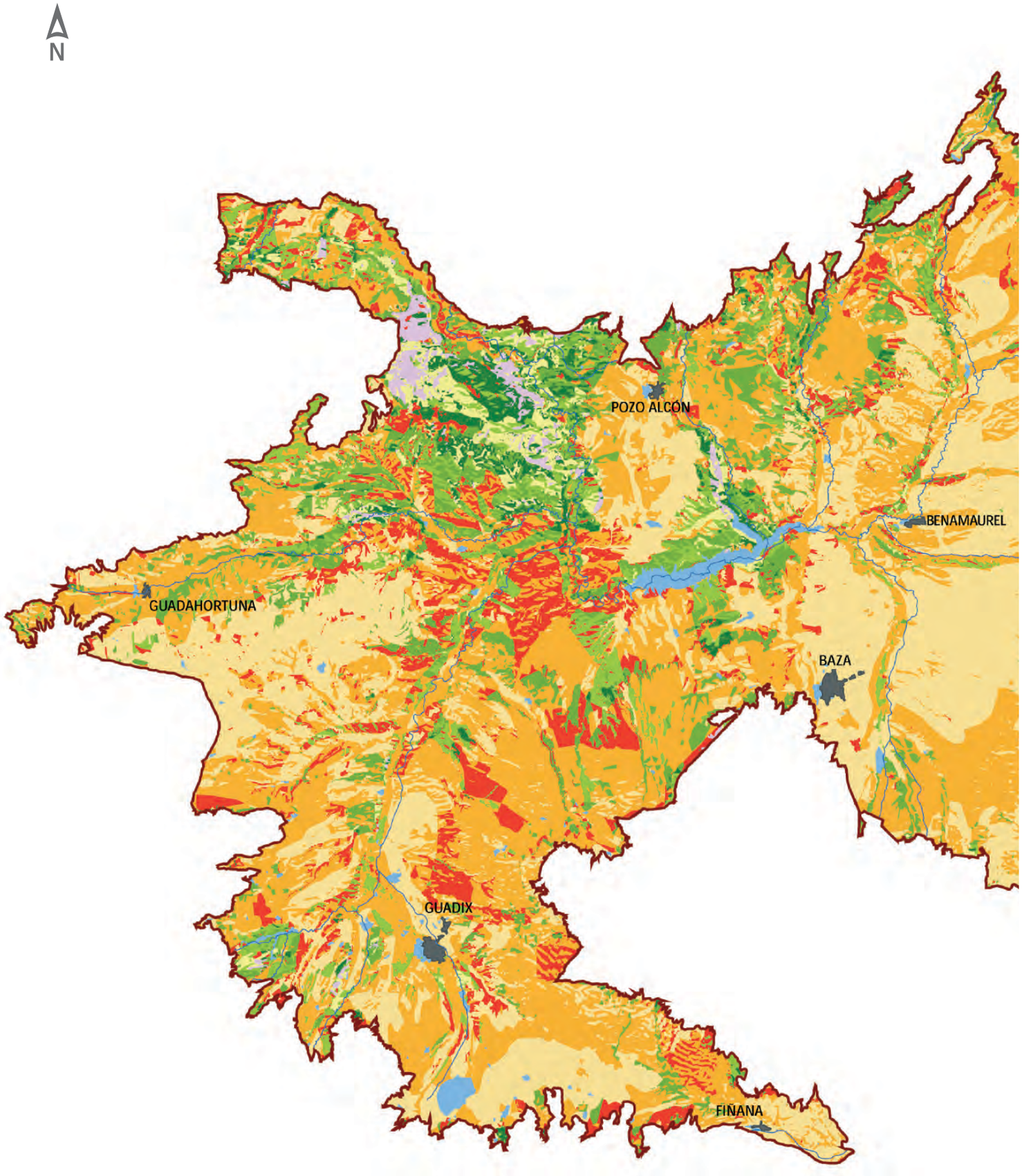
Las áreas potenciales son aquellas que están amenazadas por procesos de desertificación debidos al cambio climático, el cual puede verse implementado por su combinación con los cambios en los usos del suelo o incluso por los impactos no locales que son aquellos inducidos por las áreas sensibles a la degradación sobre zonas adyacentes o lejanas (Kosmas *et al.*, 1999). Igualmente se pueden incluir dentro de este tipo zonas de cultivos abandonados que no son apropiadamente gestionadas. Es una forma menos severa que la de las áreas frágiles, ante las cuales sería necesaria una buena planificación para corregir estos efectos.

En el ámbito de estudio dichas zonas se expanden al sur de la Sierra del Pozo, provincia de Jaén, cercana al Parque Natural de Sierra de Cazorla. El suelo predominante es de tipo litosol albergando principalmente matorral disperso alternado entre masas de coníferas y frondosas. La superficie ocupada es de aproximadamente 8.300 ha (1,7%), estando localizada bajo condiciones de semiaridez.

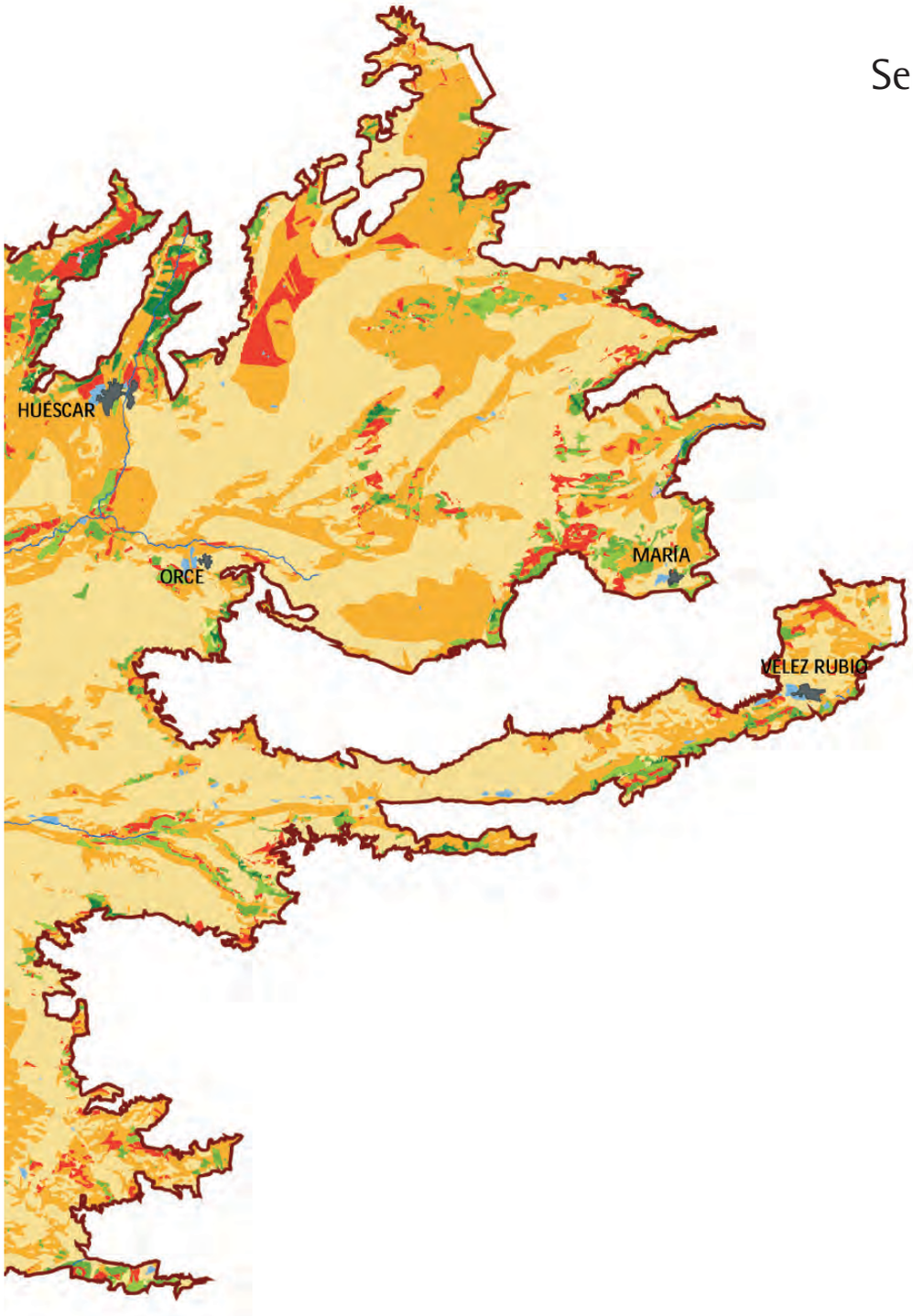
Por último cabe resaltar la existencia de áreas no sensibles a los procesos de desertificación en el sur de la provincia de Jaén. Estas áreas se alternan con las áreas potenciales anteriormente descritas, ocupando tan solo el 0,78% de la superficie del Altiplano. Se localizan al oeste de la Sierra del Pozo, próximas a Larva. Dichas áreas están caracterizadas del mismo modo por condiciones de semiáridez, ubicándose sobre suelos del tipo litosol, poco profundos, con vegetación dominante de matorral denso que a veces alterna con masas arbóreas, principalmente de coníferas.

Riesgo de desertificación

El Servicio de Información y Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) a partir de los tres diagnósticos anteriores (desertificación heredada, desertificación actual y sensibilidad a la degradación y/o desertificación), ha definido el estado de las tierras de Andalucía respecto a la desertificación junto con las zonas donde los procesos que la provocan se muestran más activos (Moreira *et al.*, 2005). De esta manera, se puede observar que existen distintos niveles de riesgo: áreas cercanas y/o muy desertificadas, áreas potencialmente desertificables y áreas no desertificadas.


N
POZO ALCÓN
BENAMAUREL
GUADAHORTUNA
BAZA
GUADIX
FIÑANA

Sensibilidad a la desertificación



ÁREAS CRÍTICAS
- C1
- C2
- C3

ÁREAS FRÁGILES
- F1
- F2
- F3

OTROS
- Áreas potenciales
- No sensibles
- No evaluado

Escala 1:400.000

Fuente: Diagnóstico de la desertificación en Andalucía. Moreira et al., 2007

Cultivares marginales en la Cañada del Caballo, Benamaurel. FMB

Tabla 10.4. Distribución superficial del riesgo de desertificación (ha)

NIVEL	SUBNIVEL	SUPERFICIE	%
Áreas muy cercanas y/o desertificadas		**134.408,28**	**27,75**
	Áreas de desertificación heredada	83.447,21	17,23
	Con procesos activos	1.900,22	0,39
	Con procesos muy activos	49.060,85	10,13
Áreas no desertificadas		**126.272,52**	**26,07**
	Con fuerte riesgo	73.964,89	15,27
	Con riesgo alto	42.208,05	8,71
	Sin procesos activos	10.099,59	2,09
Áreas potencialmente desertificables		**217.929,21**	**44,99**
	Con riesgo alto	18.930,01	3,91
	Sometidas a fuerte riesgo	198.999,20	41,08
No evaluado		**5.753,94**	**1,19**
	No evaluado	5.753,94	1,19

Fuente: Mapa de sensibilidad a la desertificación. Consejería de Medio Ambiente, 2005. Elaboración propia.

Las áreas muy cercanas y/o desertificadas se clasifican en función de los procesos de degradación a los que están sometidas: activos, muy activos o áreas de desertificación heredada.

Las áreas que presentan mayor nivel de riesgo son las áreas de desertificación heredada, que se concentran en el interior del Altiplano. Puede observarse que dichas zonas coinciden con aquellas en las que los procesos de degradación tienen su origen en el pasado (desertificación heredada) y donde los procesos actuales causantes de la degradación son más graves. Se extienden a través de los márgenes de los ríos Fardes, Guardal, Cúllar y

Galera. Igualmente significativas se pueden encontrar áreas de esta categoría en las cuencas del río Andarax y Almanzora y al sur de la provincia de Jaén. Esta categoría ocupa una superficie de 83.447 ha (17 %).

Las áreas con procesos muy activos ocupan un total de 49.060 ha del territorio de estudio (10%). Están distribuidas por todo el Altiplano, aunque de manera más concentrada se localizan al norte de Guadix y formando una banda entre los límites del Altiplano con Sierra Nevada y dicha localidad. También están presentes en el entorno de la localidad de Huéscar y de Baza y al sur del río Cúllar. Asimismo existen áreas de este tipo en forma de pequeños enclaves en el noreste y en los límites del pasillo geológico formado entre Sierra María y la Sierra de las Estancias.

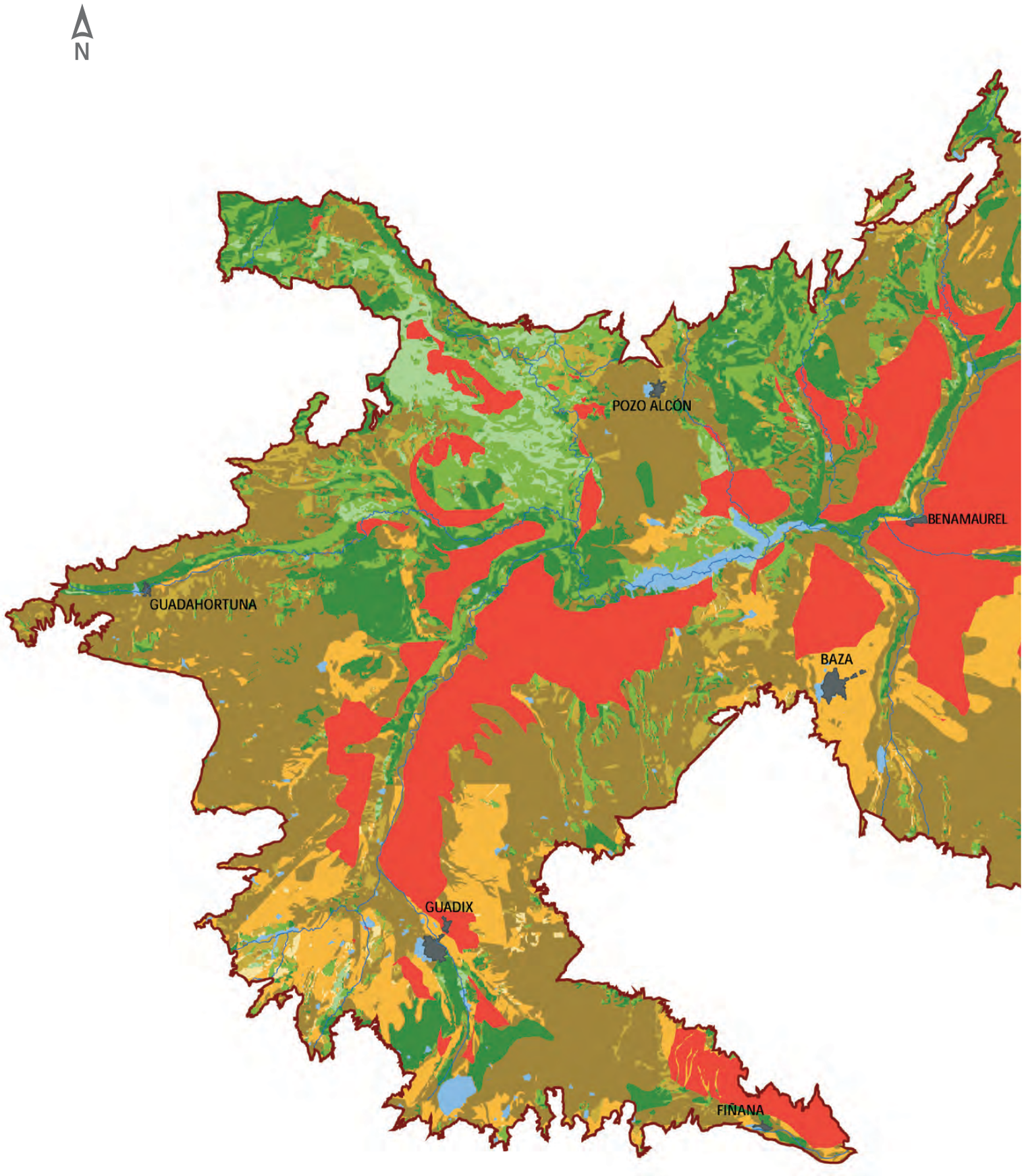
Las áreas con procesos activos tienen poca representación en el ámbito de estudio, tan solo el 0,39% de la superficie del Altiplano. Se localizan esencialmente en los límites con Sierra Nevada en forma de focos puntuales.

Al igual que el nivel anterior las áreas no desertificadas se clasifican en tres niveles de sensibilidad diferentes en función de los procesos de degradación: áreas con fuerte riesgo, áreas con riesgo alto y áreas sin procesos activos. Este nivel cuenta en el Altiplano con más de 125.000 ha lo que supone el 26% del total del territorio.

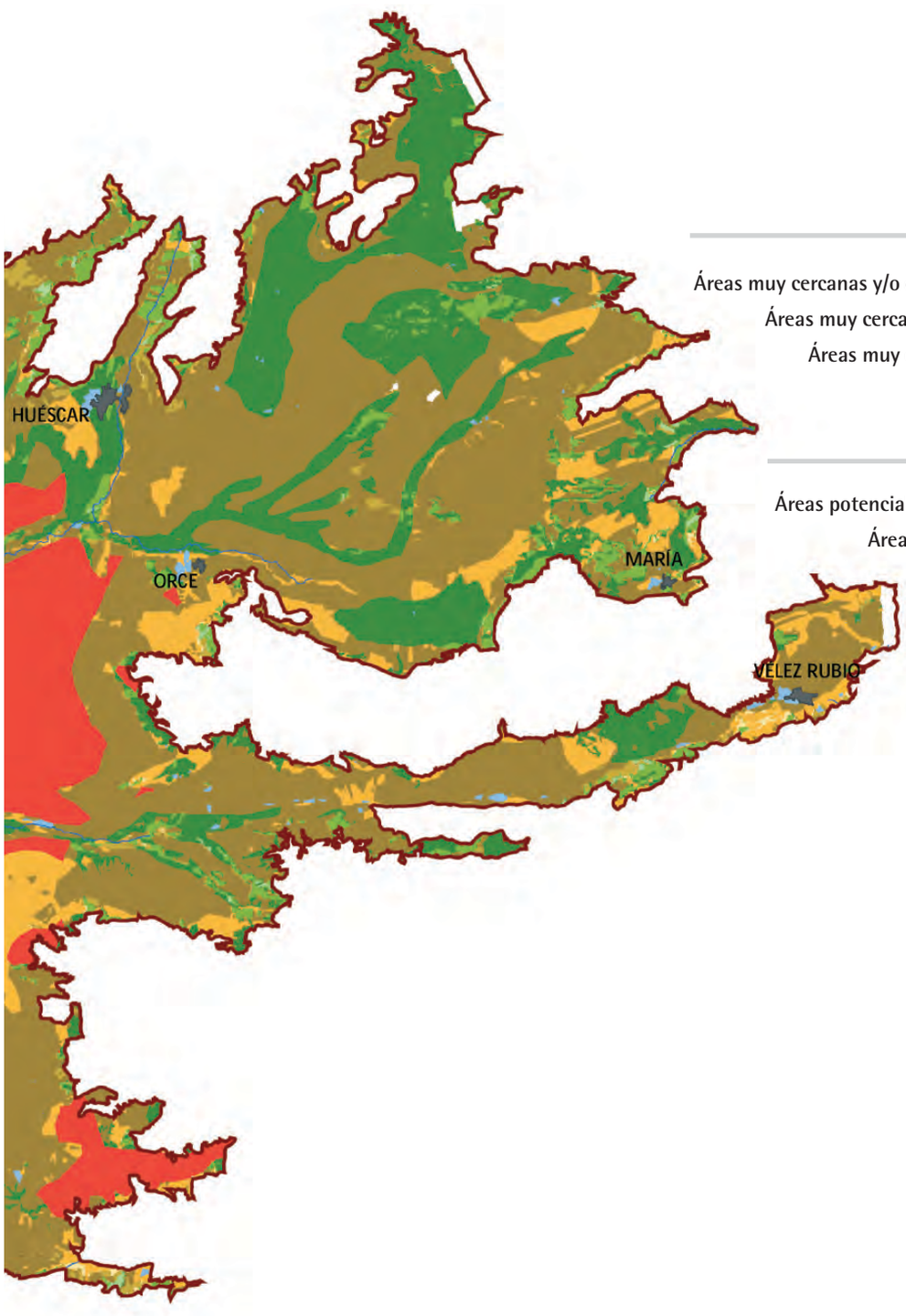
Las áreas con fuerte riesgo abarcan en torno al 15% de la superficie de estudio, aproximadamente 74.000 ha del territorio. Su distribución espacial no sigue un patrón determinado, si bien coinciden espacialmente con zonas de áreas frágiles y de áreas críticas. Se extienden a lo largo de todo el Altiplano y están localizadas al sur de la Sierra de Castril, en el sureste de Jaén, en las inmediaciones de las sierras del noreste del Altiplano y al sur de Guadix, principalmente.

También se concentran en los márgenes de los cauces principales que riegan este territorio, como son los ríos Cúllar, Fardes, Galera, Guadahortuna, Guadiana Menor y Guardal, entre otros.

Huertas de Benamaurel, en la vega de río Guardal. JC


N
POZO ALCÓN
BENAMAUREL
GUADAHORTUNA
BAZA
GUADIX
FIÑANA

Riesgo de desertificación



ÁREAS CERCANAS Y/O MUY DESERTIFICADAS

- Áreas muy cercanas y/o desertificadas. Áreas de desertificación heredada
- Áreas muy cercanas y/o desertificadas. Con procesos muy activos
- Áreas muy cercanas y/o desertificadas. Con procesos activos

ÁREAS POTENCIALMENTE DESERTIFICABLES

- Áreas potencialmente desertificables. Sometidas a fuerte riesgo
- Áreas potencialmente desertificables. Con riesgo alto

ÁREAS NO DESERTIFICABLES

- Áreas no desertificadas. Con fuerte riesgo
- Áreas no desertificadas. Con riesgo alto
- Áreas no desertificadas. Sin procesos activos

NO EVALUADO

- No evaluado

Escala 1:400.000

Fuente: Diagnóstico de la desertificación en Andalucía. Moreira et al., 2007

Las áreas con riesgo alto constituyen en torno a las 42.200 ha, un 8,7% de la superficie del Altiplano. Su modelo de distribución es similar a las anteriormente expuestas, si bien aparecen más concentradas en el sureste de Jaén, ocupando el conjunto de montes públicos citado en la descripción de desertificación actual y otros del interior del Altiplano, donde las áreas están más alejadas de los procesos actuales causantes de desertificación.

En el ámbito de estudio, las áreas sin procesos activos están escasamente representadas, tan solo el 2% del territorio. Cabe destacar que estas zonas coinciden en gran medida con monte público.

Las áreas potencialmente desertificables afectan al 45% del territorio. Se dividen en zonas sometidas a fuerte riesgo y zonas con riesgo alto. Las áreas sometidas a fuerte riesgo son las más abundantes en el Altiplano coincidiendo espacialmente con la distribución de áreas críticas (sensibilidad a la degradación y/o desertificación), presentando una superficie de 198.999 ha (41%) y extendidas por todo el territorio envolviendo a las áreas muy cercanas y/o desertificadas.

Las áreas con riesgo alto representan aproximadamente el 4% de la superficie, 18.930 ha. Dichas áreas aparecen dispersas por todo el territorio, encontrándose siempre próximas a las áreas con mayor grado de riesgo. Se presentan como un conjunto de pequeños enclaves que de manera significativa aparecen más concentrados en determinadas zonas del Altiplano, como son el sur de la provincia de Jaén, las proximidades del río Guadahortuna y en los alrededores de Guadix y de Baza entre otros. Su patrón de distribución coincide con la distribución espacial de las áreas frágiles a los procesos de degradación.

Por último hay que señalar que para un 1,2% de la superficie del Altiplano no existe evaluación.

En síntesis, la desertificación constituye hoy en día un serio problema global, económico, social y ambiental, que tiene su origen tanto en el pasado como en procesos actuales de degradación. El clima de las regiones mediterráneas es muy sensible a todo el cambio global y su evolución podría ser considerada como un buen indicador de las eventuales modificaciones a gran escala (ENRICH/STAR, 1996).

El diagnóstico de desertificación heredada en el territorio de estudio nos muestra que el 17% del territorio está desertificado, afectando principalmente a la cuenca del Guadiana Menor. Esta cifra contrasta con el 41% de la superficie que está alejada de los procesos de degradación originados en el pasado.

Los procesos de degradación actuales, desertificación actual, actúan tanto en las zonas de desertificación heredada como con las zonas donde los procesos de degradación son activos en la actualidad. El Altiplano ofrece cifras alarmantes; aproximadamente el 28% de la superficie se encuentra desertificada y/o muy cercana a la desertificación y el 45% se corresponde con zonas potencialmente desertificables. Las áreas más alejadas son aquellas que ocupan los principales montes públicos, mostrándose como pequeñas "islas naturales" fuertemente amenazadas por las actividades antrópicas, principalmente agrícolas.

La identificación de áreas vulnerables o sensibles a la desertificación se puede realizar mediante la aplicación de indicadores biofísicos y socio-económicos. De este análisis se puede concluir que en el Altiplano el 81% de su superficie se corresponde con áreas críticas, el 15% lo constituyen áreas frágiles y aproximadamente el 2% son potencialmente sensibles.

Todo el cuerpo de conocimientos e información expuesta anteriormente puede ser utilizada como herramienta base para definir futuras actuaciones, ya que se puede diferenciar entre áreas afectadas naturalmente y aquellas cuya causa son actuaciones recientes y actualmente activas y finalmente aquellas zonas no afectadas en la actualidad pero con una fuerte incidencia de procesos que pueden conducir a medio-largo plazo a situaciones cercanas a la desertificación (mapa de riesgo de desertificación; Moreira *et al*., 2005).

Para el caso del Altiplano, las cifras hablan por sí solas. Dentro de las áreas muy cercanas y/o desertificadas el 17% está desertificado y un 10% de la superficie está sometida a procesos muy activos. El 15% del territorio de estudio está constituido por áreas no desertificadas con un fuerte riesgo de desertificarse y un 41% del total lo conforman áreas potencialmente desertificables que están sometidas a fuerte riesgo de desertificación.

En la actualidad existe una voluntad manifiesta de las Administraciones Públicas para unificar fuerzas y luchar contra la desertificación mediante programas, proyectos y todo un conjunto de planes de actuación que apuntan a la protección del medio natural, la concienciación ciudadana, la planificación, investigación, etc. En todo momento este esfuerzo debe considerar e integrar aquellos valores ecológicos y paisajísticos que hacen del Altiplano uno de los territorios más originales de la Unión Europea, modelo de sistemas áridos y fuente de diversidad biológica, geomorfológica y paisajística.

10.2. Implicaciones ambientales y socioeconómicas de la desertificación

La desertificación es uno de los principales problemas ambientales a los que se enfrentan los países o regiones con clima árido, semiárido y seco-subhúmedo (Kassas, 1995; Puigdefábregas, 1995; Dregne, 1996; Darkoh, 1998; Reynolds y Stafford Smith, 2002). Asimismo ha sido citada por la Naciones Unidas (ONU) como uno de los aspectos del cambio global más importantes a los que se enfrenta la humanidad, prueba de ello es que, al igual que el cambio climático y la biodiversidad, es objeto de una convención internacional auspiciada por la ONU, la Convención para la Lucha contra la Desertificación (CLD).

Del mismo modo que para realizar un diagnóstico de la desertificación se diferenció entre heredada y actual, procede realizar aquí de nuevo el mismo ejercicio, ya que cada concepto no tiene las mismas implicaciones.

Desertificación heredada (aridez centenaria) y biodiversidad

La progresiva aridificación del clima desde el Holoceno ha propiciado un permanente estado de cambio. Al producirse este cambio durante dilatados períodos de tiempo permite la adaptación de las diferentes especies a las nuevas condiciones, desapareciendo las especies o comunidades que no son capaces de adaptarse a las

mismas. Esta aridez centenaria ha propiciado un paulatino cambio y evolución no sólo en las comunidades bióticas sino también en el suelo que se crea y destruye en un proceso lento pero permanente.

Los ecosistemas áridos son especialmente frágiles debido a que la aridez climática es una de las principales causas de vulnerabilidad de los suelos frente a los agentes de degradación. Sin embargo, los ecosistemas áridos mediterráneos presentan una capacidad evolutiva que les confiere cierta seguridad en su preservación.

En el ámbito regional, el Plan Andaluz de Control de la Desertificación establece una serie de zonas con desertización natural, las cuales presentan especial vulnerabilidad. Estas zonas están caracterizadas en función de sus peculiaridades zonales, bien sean climáticas, de relieve o litológicas.

Entre las áreas vulnerables debidas a la climatología se encuentran aquellas zonas con un elevado grado de aridez. Su existencia viene explicada principalmente por dos factores biogeográficos, por un lado la influencia biogeográfica que África tiene sobre el territorio andaluz y, por otro, la existencia de un periodo interglaciar. En la actualidad hay una regresión glaciar hacia el Norte junto con una expansión de las zonas cálidas ecuatoriales, lo que supone que la franja de influencia desértica también se desplaza hacia latitudes más norteñas. Esta situación explica la existencia en Andalucía de áreas con fuerte carácter norteafricano. Las zonas desérticas están penetrando en Europa occidental a través de amplias áreas de carácter árido o semiárido localizadas principalmente en Almería.

Hammada articulata, a la izquierda (MY) y *Vella pseudocitysus*, a la derecha (CPS) son dos especies iberonorteafricanas presentes en el Altiplano, si bien con distinto status: La primera ampliamente distribuida y la segunda amenazada de extinción en Andalucía.

De forma particular, estas zonas destacan en Andalucía por el importante aporte florístico, en concreto de elementos norteafricanos de ambientes áridos. Esto se traduce, por ejemplo, en que la provincia almeriense es la segunda en número de especies de flora, en torno a las 2.800 (Hernández y Clemente, 1994), asimismo el sector biogeográfico almeriense mantiene el 10% de los taxones endémicos de Andalucía. Estos aportes botánicos están representados por la presencia de endemismos ibéricos o bético-mauritanos. Todo ello hace que estos territorios estén incluidos en el mapa de puntos calientes para la biodiversidad, que muestra las zonas de importancia clave para la conservación de la biodiversidad del planeta (Myers, 1988).

Desertificación actual e implicaciones

La desertificación actual es un fenómeno ligado a unas condiciones climáticas específicas y generadas en la actualidad por actividades humanas no sostenibles (López Bermúdez, 2006), manifestándose en la degradación del suelo, vegetación y agua, en muchos casos de manera irreversible (López-Bermúdez y Romero, 1998). La desertificación representa una seria amenaza para la fertilidad del suelo en extensas áreas de las tierras mediterráneas españolas, y en particular, para el sureste ibérico. La desertificación actual se interpreta como una disminución, prácticamente irreversible, al menos a escala temporal humana, de los niveles de productividad de los ecosistemas terrestres como resultado de la sobreexplotación, uso y gestión inapropiados de los recursos en territorios fragilizados por las sequías y la aridez. La degradación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, degradación de aguas y suelos, puede ocasionar, por un lado, una marcada disminución del potencial biológico o productivo, y por otro incluir ecosistemas cada vez más pobres y vulnerables. La conjunción de ambos procesos puede ocasionar la ruptura de los frágiles equilibrios geoecológicos y acentuar la crisis climática, ambiental y socio-económica inherente a la desertificación.

Desde el punto de vista biofísico, tanto las manifestaciones de la desertificación como sus consecuencias se inician con la pérdida y/o degradación del suelo y la vegetación, las cuales propician un "efecto cascada" sobre otros componentes y procesos bióticos. Todo ello genera un deterioro progresivo de la estructura y funcionamiento del ecosistema. Las consecuencias biofísicas de la desertificación varían entre regiones en función de la intensidad y el número de agentes causales involucrados, la extensión del área afectada y la duración de la degradación (Reynolds *et al.*, 2005). Asimismo también existen diferencias dentro de una misma región, ya que cada ecosistema presenta características internas, componentes y procesos específicos.

La desertificación tiene consecuencias significativas desde el punto de vista biofísico y socioeconómico, perceptibles a distintas escalas espacio-temporales (Reynolds *et al.*, 2005). Desde el punto de vista socioeconómico, buena parte de las consecuencias derivan de la pérdida de la capacidad de la tierra para mantener el crecimiento vegetal y la producción animal. Durante las primeras etapas de la desertificación estas pérdidas son compensadas por los incentivos y la resiliencia de las poblaciones humanas, especialmente en los países desarrollados o en vías de desarrollo (Vogel y Smith, 2002). Sin embargo, cuando ciertos umbrales

son sobrepasados, las contribuciones de los gobiernos y la resiliencia social no son suficientes para compensar las pérdida de productividad de la tierra, lo que genera cambios socioeconómicos que oscilan desde pequeñas modificaciones en la actividad comercial hasta grandes movimientos migratorios (Fernández *et al.*, 2002), circunstancias todas que debieran ser consideradas en un enfoque holístico de los usos y las tendencias futuras de la población y del propio territorio en el Altiplano.

Tabla 10.5. Algunas consecuencias biofísicas y socioeconómicas de la desertificación y las escalas espaciales más relevantes

DIMENSIÓN	CONSECUENCIA	ESCALA	EJEMPLOS
BÍOFÍSICA	Pérdida de nutrientes edáficos	P, L	Schlesinger *et al.*, 1999
	Disminución de la tasa de infiltración	P	Sharma, 1998
	Modificación de la geomorfología	P, R	Lavee *et al.*, 1998
	Aumento de las acumulación de sedimentos en lagos	P, L, R	Kelley y Nacer, 2000
	Disminución de la cobertura vegetal	P, L, R	Asner *et al.*, 2003
	Cambios de la riqueza específica y la composición de especies	P, L, R	González, 2001
	Cambios en la productividad primaria neta	P, L, R	Huenneke *et al.*, 2002
	Cambios en el patrón especial de los recursos	P, L, R	Schlesinger *et al.*, 1990
	Pérdida de la biodiversidad	R, G	Whitford, 1993
	Aumento de la biodiversidad	R, G	Bestelmeyer, 2005
	Pérdida de la costra biológica	P, L	Belnap y Eldridge, 2001
	Disminución del carbono almacenado en el suelo	P, L, R, G	Jackson *et al.*, 2002
	Disminución de los nutrientes almacenados en el suelo	P, R	Asner *et al.*, 2003
	Reducción de la resiliencia del ecosistema	P, L, R	Von Handenberger *et al.*, 2001
	Cambios en el clima	R, G	Rosenfeld *et al.*, 2001
SOCIO-ECONÓMICA	Disminución de las cosechas	F, C	Zaman, 1997
	Disminución de la producción animal	F, C	Fredrickson *et al.*, 1998
	Pérdida de especies con interés económico	C, N	Latchininsky y Gapparov, 1996
	Movimientos migratorios	C, N	Pamo, 1998
	Pérdida de conocimiento ecológico tradicional	C, N	Bollig y Schulte, 1999
	Pérdida de estructuras agrícolas tradicionales	N, I	Gallart *et al.*, 1994
	Cambios en los patrones de uso de la tierra	C, N	Zhao *et al.*, 2005

Dimensión socioeconómica: F = granja/unidad familiar; C = comunidad; N = Nacional; I = Internacional;
Dimensión biofísica: P = mancha; L = paisaje; R = regional; G = global.

Fuente: Reynolds et al., 2005.

El pino sobre la vieja cueva abandonada constituye, en si mismo, una metáfora del polifacético conflicto hombre-naturaleza en el Altiplano. MY