

# Evolución de los enfoques en desertificación: una revisión de 170 estudios de casos

ANA ISABEL HUAICO MALHUE<sup>1</sup> ✉ | ASUNCIÓN ROMERO DÍAZ<sup>2</sup>  
MARTHA ILEANA ESPEJEL CARBAJAL<sup>3</sup>

Recibido: 19/01/2017 | Aceptado: 10/05/2018

## Resumen

La prevención, remediación y mitigación de la desertificación apunta a la gestión con participación social. La ciencia posnormal o de la sustentabilidad y su filosofía, aportan herramientas conceptuales desde la inter y transdisciplina para afrontar el estudio y seguimiento de procesos ambientales de manera integrada. La pregunta que guía esta investigación es: ¿han evolucionado los enfoques de la investigación en desertificación hacia el desarrollo de estudios inter/transdisciplinarios? Con el objetivo de identificar las áreas que necesitan ser fortalecidas por los investigadores de la desertificación, a fin de obtener trabajos de investigación integrados para una mejor toma de decisiones. Para ello se realizó una revisión bibliográfica con la que se obtuvo que los trabajos de evaluación y seguimiento de la desertificación se encuentran en una etapa emergente de transición hacia la ciencia posnormal y que requiere mayor participación de las ciencias sociales y económicas.

---

Palabras clave: ciencia posnormal; desertificación; sustentabilidad.

---

## Abstract

*Analysis of the evolution on desertification approaches: a review of 170 case-studies*

Desertification prevention, remediation, and mitigation are moving toward management with social participation. The post-normal or sustainability science provides conceptual tools from the interdisciplinary and trans-disciplinary approaches to address the study and the monitoring of environmental processes in an integrated manner. The question guiding this research is: have the approaches on desertification research evolved towards the development of inter/trans-disciplinary studies? In order to identify those aspects that need to be strengthened by specialists on desertification, it is important to obtain integrated studies that allow the decision-making process. For this purpose, a bibliographical review was conducted; leading to the conclusion that research about the assessment and monitoring of desertification is in an emerging stage of transition towards post-normal science that requires greater involvement of social and economics sciences.

---

Keywords: post-normal science; desertification; sustainability.

---

1. Universidad Católica de Temuco, Chile. [anitahuaico@gmail.com](mailto:anitahuaico@gmail.com)

2. Universidad de Murcia, España. [arodi@um.es](mailto:arodi@um.es)

3. Universidad Autónoma de Baja California, México. [ileana.espejel@uabc.edu.mx](mailto:ileana.espejel@uabc.edu.mx)

## Résumé

### *Évolution des approches en matière de désertification : une révision de 170 études de cas*

La prévention, l'assainissement et l'atténuation de la désertification penchent vers une gestion avec participation sociale. La science post-normale ou de la durabilité et sa philosophie, fournissent des outils conceptuels à partir de l'interdisciplinarité et de la transdisciplinarité pour aborder l'étude et le suivi des processus environnementaux de manière intégrée. La question qui se pose est de savoir si les approches de recherche en désertification ont évolué vers des études inter/transdisciplinaire, ceci dans le but d'identifier les aspects qui ont besoin d'être renforcés par les chercheurs de la désertification pour obtenir des travaux intégrés pour une meilleure prise des décisions. Ainsi, une révision de la littérature a été effectuée, et permet de constater que les travaux d'évaluation et de suivi de la désertification sont à un stade émergent de transition vers la science post-normale et qu'une plus grande participation des sciences sociales et économiques est nécessaire.

---

Mots-clés: science post-normale; désertification; durabilité.

---

## 1. Introducción

La UNCCD (1994) define la desertificación como un proceso complejo que reduce la productividad y el valor de los recursos naturales en el contexto específico de condiciones climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado tanto de las variaciones climáticas como de las acciones humanas adversas.

La desertificación constituye en la actualidad el mayor problema de degradación de la tierra. La comunidad internacional ha reconocido, desde hace tiempo, que la desertificación es uno de los inconvenientes más importantes, desde un punto de vista económico, social y medioambiental, que afecta a numerosos países en todas las regiones del planeta.

Datos proporcionados por la Secretaría de las Naciones Unidas de la Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación (Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification, 2014), indican que:

- «Para el 2025, 2.400 millones de personas de todo el mundo estarán viviendo en áreas sujetas a períodos intensos de escasez de agua, que puede desplazar a un máximo de 700 millones de personas para el 2030».
- «El 40% de los conflictos interestatales durante un período de 60 años fueron asociados con la tierra y los recursos naturales».
- «Entre 1991 y el 2000 más de 665.000 personas murieron en 2.557 desastres naturales, el 90% de los cuales fueron sucesos provocados por conflictos relacionados con el agua».
- «12.000 millones de hectáreas de tierra productiva se convierten en baldías cada año debido únicamente a la desertificación y la sequía, lo que supone una oportunidad perdida de producir 20 millones de toneladas de grano.».

La desertificación tiene su origen más que en los cambios en el clima, en el uso y manejo de los recursos naturales. Toledo (2006) hace referencia a cinco principios fundamentales en la ciencia del manejo de los recursos naturales: a) lo interdisciplinar, b) lo trans-escalar c) el reconocimiento de

los conocimientos ecológicos locales, d) la evaluación meta-académica del trabajo científico y e) el manejo participativo. En este sentido Funtowicz y De Marchi (2000), mencionan que la investigación necesita llegar a ser más pro-activa y centrarse en la prevención e identificación temprana de dificultades emergentes así como en las oportunidades, más que en su actual enfoque en el que los problemas se afrontan una vez que se han agudizado. Esta cuestión preventiva es fundamental para la gestión de los ecosistemas áridos.

De las investigaciones realizadas por autores como Geist y Lambin (2004), se concluye que las causas de la desertificación son variadas y complejas, además que deben ser entendidas como la interacción de dos ámbitos: lo biofísico y lo socioeconómico. Las causalidades, por lo tanto, pueden agruparse según su origen en naturales y antrópicas.

Los ecosistemas de zonas áridas son vulnerables a la explotación excesiva, inapropiados usos de la tierra y al cambio climático. La pobreza, la inestabilidad política, las prácticas de deforestación, la erosión hídrica y el viento, la compactación del suelo, el sobrepastoreo, la salinización y los incendios forestales (entre otros muchos factores) producen un descenso en la productividad del suelo. Este problema a menudo aumenta, y, en última instancia, puede resultar en una pérdida de las funciones que los ecosistemas proporcionan, ya sea temporal (si es reversible) o permanente (si no es reversible). Por lo tanto, la lucha contra la desertificación, mediante la prevención, la mitigación o la rehabilitación, es esencial para asegurar la productividad a largo plazo de éstos ambientes.

La administración y gestión de las zonas áridas es fundamental, por lo que las investigaciones deben apuntar a la investigación de los componentes naturales y humanos de manera integrada. Disciplinas como la Geografía, aportan herramientas desde sus propias metodologías para comprender el espacio geográfico; por ello, en temáticas como la desertificación, esta disciplina es fundamental para comprender los procesos ambientales y contribuir a la toma de decisiones.

Se ha reconocido en la política internacional y foros científicos que la Gestión Sostenible de la Tierra (Sustainable Land Management por sus siglas en inglés, SLM) podría ser la clave para hacer frente a la degradación del suelo y la desertificación, al tiempo que contribuye a la producción de alimentos, mitiga el cambio climático y preserva los recursos naturales (FAO, <http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/en/>). Las estrategias de la SLM son intervenciones a escala local y regional, que tienen por objeto aumentar la productividad, mejorar los medios de vida de las personas y preservar los ecosistemas.

Especialmente la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (UNCCD) promueve estas acciones a través de programas locales e internacionales, e investigación. Las evaluaciones tratan de involucrar tanto a los usuarios locales de la tierra, como a los científicos, con el objetivo de dar soluciones (adecuadas en cada escala) a los problemas de degradación de la tierra.

De acuerdo a Sivakumar (2007) es necesario estudiar dos vías de interacción entre clima y desertificación; por un lado, el análisis de los impactos de los cambios de uso de suelo y cobertura vegetal sobre el clima y, por otro, los efectos del clima sobre el suelo. Otro trabajo interesante que discute las sinergias entre el clima y los cambios en el uso de suelo, así como también el aumento de la vulnerabilidad de los ecosistemas, lo presentan Puigdefábregas y Mendizabal (1998). Asimismo, por ser la desertificación un fenómeno que tiene componentes biofísicos y socioeconómicos que afectan al bienestar de las personas, es necesario concentrar los esfuerzos en el análisis

de ambos, de manera interdisciplinaria (Reynolds *et al.*, 2007). Otros trabajos que sugieren esta forma de trabajo son los realizados por Sanders (1986), Reynolds *et al.* (2005, 2007), Grainger *et al.* (2000), Vogt *et al.* (2011) y Reed *et al.* (2011).

Considerando que hay una variedad de información acerca de los problemas ambientales, es muy probable que se pierdan mensajes claves al hacer los diagnósticos y evaluaciones. En este sentido, los indicadores traducen sintéticamente información acerca del estado y la tendencia de los sucesos ambientales complejos, como lo es la desertificación (Rubio y Bochet, 1998).

El uso de indicadores ambientales para la evaluación de la desertificación, ha sido promovido por los organismos internacionales desde principios de 1990 y en Europa se han desarrollado proyectos internacionales como EFEDA, MEDALUS, MODMED, MEDACTION, DESERNET, LUCINDA, DISMED, DESIRE, entre otros. Estos proyectos han centrado sus esfuerzos en proporcionar datos fiables e información para la comprensión de las causas de la desertificación y la identificación de indicadores, para pronosticar el futuro de la desertificación y mitigar los acontecimientos en curso (Sepehr y Zucca, 2012).

Entre los proyectos que son citados y discutidos en diversos repositorios internacionales que proponen metodologías con el uso de indicadores, se encuentran:

GLASOD (<http://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>). Una crítica que algunos autores señalan a este proyecto es que se limita a la degradación del suelo y no incluye indicadores relacionados con la degradación del recurso tierra, incluyendo aspectos del clima, la vegetación y los recursos hídricos. Además se basa en juicios de expertos del estado de la degradación del suelo (tipo, grado, tipo y causa) a nivel nacional y sub-nacional y, como tal, tiene necesariamente un componente subjetivo (Vogt *et al.*, 2011).

WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies, (<http://www.isric.org/projects>)). Este proyecto trabaja a distintas escalas desarrollando una metodología enmarcada en la documentación, seguimiento, evaluación y difusión para la administración sustentable de la tierra. Una ventaja de esta metodología es que se acerca a la transdisciplina, porque combina el conocimiento de los administradores locales de la tierra expertos y científicos (Reed *et al.*, 2011).

GLADA (Land Degradation Assessment in Drylands, (<https://www.isric.online/projects/global-assessment-land-degradation-and-improvement-glada>)) incluye un gran número de métodos de evaluación aplicada y en colaboración con los gestores de tierras locales (Reed *et al.*, 2011). Esta metodología es muy interesante, porque incorpora en la evaluación la participación social activa.

DESERTLINKS(<https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/geography/research/dis4me.aspx>), es un proyecto emblemático que plantea una serie de indicadores e índices diferenciando escalas de aplicación.

Una de las lecciones de las décadas de los ochenta y principio de los noventa es la necesidad de desarrollar una metodología práctica, objetiva y basada en indicadores que sean fácilmente aplicables e interpretables en las distintas regiones (Verón *et al.*, 2006). En este contexto, han sido diversos los organismos y autores que han identificado y citado una serie de ellos, así como también metodologías en relación con la evaluación y seguimiento de la desertificación, como lo son el suelo, la vegetación y el agua, aspectos climáticos, geomorfológicos y socio-económicos. Entre ellos se pueden citar los siguientes trabajos: Mabbutt (1986), Middleton y Thomas (1992), Fan-

techi *et al.* (1995), Brandt y Thornes (1996), Sharma (1998), (Rubio y Bochet (1998), López Bermúdez y Romero Díaz (1998), López Bermúdez (1999), Kosmas *et al.* (1999), López Bermúdez y González Barbera (2000), Imeson y Cammeraat (2000), Brandt, *et al.* (2003), Grau *et al.* (2010), Salvati y Bajocco (2011), Kairis *et al.* (2014) y Brandt y Geeson (2015). Asimismo, destacan las propuestas metodológicas de Abraham *et al.* (2006), Reynolds *et al.* (2007), Reed *et al.* (2011), Vogt *et al.* (2011) y Armon (2015).

La epistemología de la investigación en ciencias ambientales ha evolucionado hacia metodologías que integran información de diversas disciplinas, producto del creciente interés por solucionar problemas emergentes; una de estas tendencias proviene de autores como Funtowicz y Ravetz (1993) quienes introducen el término posnormal, que propone un impulso al proceso de resolución social de conflictos, que incluye la participación y el aprendizaje mutuo entre los agentes involucrados, en vez de la búsqueda de «soluciones» definitivas o impuestas.

La desertificación requiere de la implementación de un seguimiento eficiente con un claro entendimiento del problema (Vogt *et al.*, 2011), así como también el resultado integrado de la investigación interdisciplinaria, sobre todo cuando los esfuerzos son dedicados a mejorar las comunicaciones y la colaboración entre las ciencias naturales y humanas (Verstraete *et al.*, 2008).

El objetivo del presente documento es hacer una revisión de publicaciones con el uso de indicadores en revistas científicas indexadas y analizar las características disciplinarias, con el objetivo de identificar los aspectos a fortalecer para el desarrollo de estudios en desertificación bajo el paradigma de la Ciencia Posnormal o también llamada Ciencia de la Sustentabilidad.

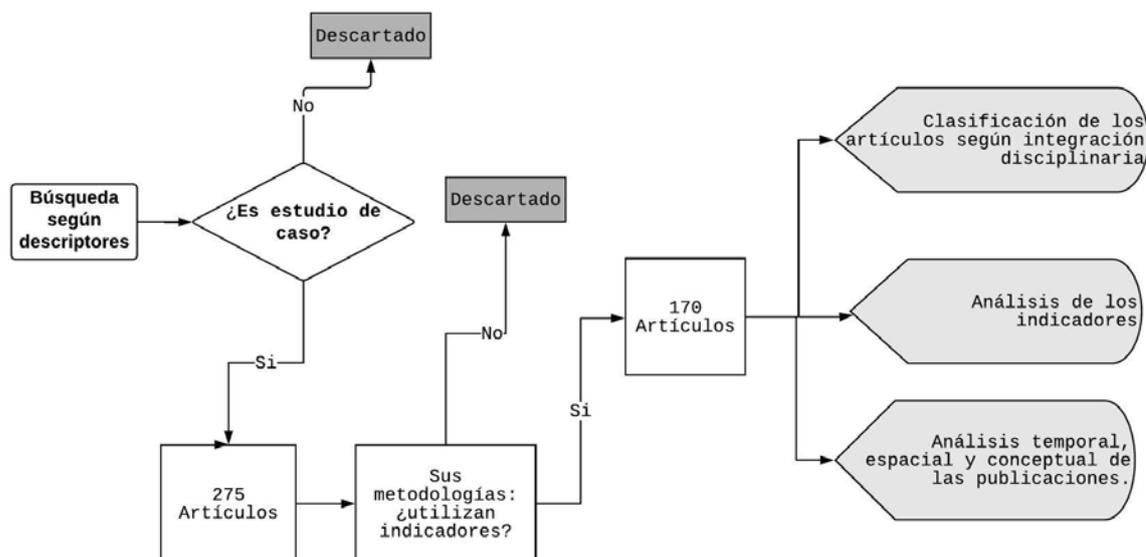
## 2. Metodología

### 2.1. Selección de los estudios de casos

La búsqueda bibliográfica se ha realizado en las editoriales Springer, Redalyc, Elsevier, Ebsco, Emerald, Wiley y Annual Reviews, utilizando como descriptor la palabra clave en el título en idioma inglés y español: «desertificación» junto con otras palabras secundarias, utilizando las siguientes combinaciones: desertificación y causas; desertificación y efectos; desertificación y sensibilidad; desertificación y riesgo; desertificación y evaluación; desertificación y vulnerabilidad, además de desertificación y monitoreo. Las publicaciones han sido analizadas hasta diciembre de 2015. El uso de estos descriptores secundarios, además del término desertificación, se debe a que lo que se buscó intencionadamente es que fueran resultados de investigaciones en las cuales se aplicaran métodos para la evaluación de la desertificación, para así realizar un análisis más detallado en cuanto a las características disciplinarias contenidas en sus metodologías.

Una vez realizada la búsqueda según descriptores se seleccionaron aquellos que eran estudios de casos, es decir que se trataba de una investigación que se podía localizar geográficamente, por lo que se obtuvo un total de 275 artículos pre-revisados. Además de tratarse de un lugar en específico, se buscaron trabajos que evaluaran la desertificación a través de indicadores, y tras la aplicación de los criterios anteriores se obtuvo un total de 170 artículos (Imagen 1).

Imagen 1. Diagrama metodológico de la investigación.



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Clasificación de los artículos según integración disciplinaria

Las obras de Funtowicz y De Marchi (2000); Morse *et al.* (2007); Bocco *et al.* (2014); Jimenez y Ramos (2009) hacen la diferencia entre la ciencia normal o tradicional y la ciencia posnormal. En la primera de ellas forman parte el conocimiento disciplinario, que da respuestas a preguntas y problemas propios de un área de investigación, así como también lo multidisciplinario, en donde varias disciplinas convergen sin integrarse, cada una tiene sus propios métodos, paradigmas sin interactuar entre ellas; En la segunda, forman parte el conocimiento interdisciplinario y transdisciplinario.

La interdisciplina y la transdisciplina son propuestas de integración e interacción del conocimiento disciplinario para resolver problemas complejos y reflejan el nacimiento de nuevos conocimientos a partir de 1950, tales como, la ecología, el medio ambiente, la biotecnología y los estudios culturales entre otros. Este tipo de conocimiento propone la conexión entre disciplinas, relacionadas dinámicamente entre sí para abordar un problema u objeto de estudio de manera integral. Klein (2004), menciona que la interdisciplina permite responder y dar solución a un problema, o abordar un tema que es demasiado amplio o complejo para ser tratado adecuadamente por una sola disciplina o profesión. La bibliografía en temas de interdisciplina es diversa y destacan los trabajos de Funtowicz y Ravetz (1993), Funtowicz y De Marchi (2000), Mansilla y Gardner (2003), Klein (2004), Newell *et al.* (2005), Morse *et al.* (2007) y Karanika-Murray y Wiesemes (2009).

Para realizar el análisis de los estudios de casos en desertificación desde el punto de vista de la integración disciplinaria, se toma como referencia lo planteado por Morse *et al.* (2007) quienes caracterizan diferentes aspectos según el tipo de estudio: disciplinario, multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario (Cuadro 1). De esta forma cada estudio de caso fue leído y clasificado según los atributos que presentaba. Lo anterior unido al año de la publicación, permitió a su vez la realización de un análisis de la evolución temporal de dicha integración disciplinaria.

Posteriormente, se conoció la evolución de la variedad de estos estudios en el tiempo a través del índice de diversidad de Shannon. Este último posee la ventaja de distinguir elementos entre un grupo de datos y el total. Este método es utilizado comúnmente para los análisis en ecología, pero puede perfectamente ser utilizado en otros ámbitos, en este contexto es necesario citar otros trabajos de revisión dentro de la misma temática que utilizaron este índice para caracterizar la diversidad de la investigación en desertificación en España (Barbero-Sierra *et al.*, 2015) y Argentina (Torres *et al.*, 2015).

### 2.3. *Análisis de los indicadores*

Desde el punto de vista metodológico se analizaron los indicadores utilizados en cada estudio de caso y fueron clasificados en biofísicos (biológicos y físicos) y socioeconómicos (sociales y económicos). Posteriormente se realizó un análisis del uso de cada tipo de indicador por año, con lo que se obtuvo la evolución de su uso a través del tiempo.

Otro tipo de análisis que se realizó y que para efectos prácticos sirve para conocer aquellos que son frecuentemente utilizados, es el ejercicio de identificar los indicadores que son aplicados reiteradamente en las metodologías de evaluación. Finalmente, se determinó si estos indicadores son trabajados en forma integrada (ya sea combinándolos en índices o cualitativamente) o de manera individual.

### 2.4. *Análisis de las publicaciones*

Se realizó una caracterización de la literatura en relación a su distribución:

- Temporal: número de casos encontrados por año. En este sentido y con el fin de observar la evolución del número de publicaciones a lo largo de los años, se elaboró un gráfico con el que se obtuvo la línea de tendencia, de esta forma se logró visualizar la evolución en el número de publicaciones a lo largo de los años.
- Espacial: localización geográfica de los casos por continente, es decir si el estudio se realizaba en África, Asia, América, Europa u Oceanía o eran estudios realizados en dos o más continentes.

En las 170 publicaciones analizadas se examinó además la introducción y la metodología, igualmente se investigó si el trabajo contaba con una definición propia de la desertificación o si se citaba alguna otra definición de algún autor en particular. El análisis de la definición es crucial en el enfoque de una investigación y, por tanto, en los niveles de integración disciplinaria (Reynolds *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Aspecto, sección del artículo analizado y características de los estudios (basado en Morse *et al.*, 2007).

Aspecto	Sección del artículo en donde se identifica	Disciplinario	Multidisciplinario	Interdisciplinario	Transdisciplinario
Integración del vocabulario	Todo el documento	Independiente: autosuficiente y autónomo	Colaborativo: trabajo conjunto, fuerzas unidas, unión, y cooperación.	Coordinado: organizado, sincronizado, armonizado, y mutuo	Combinado: conjunta, compartida, colectiva y trascendente
Definición del problema	Introducción- Metodología	Guiada por el paradigma de disciplina	Por lo general, guiada por un paradigma disciplinario y, a menudo enmarcado por una disciplina guía	Desarrollado por investigadores de varias disciplinas	Trasciende las fronteras disciplinarias; al contexto específico con múltiples perspectivas de los interesados
Diseño, preguntas de investigación, método y teoría	Introducción- Metodología	Los investigadores usan disciplinas tradicionales	Los miembros del equipo se basan en una epistemología trascendente o común que refleja la naturaleza de la definición del problema.	Los miembros del equipo coordinan el diseño de la investigación, las preguntas, los métodos, y la teoría; las escalas temporales y espaciales y los marcos conceptuales están sincronizados.	Los miembros del equipo desarrollan un nuevo marco conceptual que trasciende las fronteras disciplinarias; La investigación del diseño, preguntas, métodos y escalas se desarrollan colectivamente.
Nivel de interacción	Instituciones participantes - Número de Autores Metodología Resultados	Los investigadores realizan investigación independiente	Los miembros del equipo tienen una conducta cooperativa con investigación paralela y diferentes paradigmas	Los miembros del equipo se coordinan con frecuencia y consistentemente a lo largo del proyecto.	Los miembros del equipo actúan, planificar y combinan la investigación de manera colectiva.
Generación de conocimiento	Conclusiones	El conocimiento creado dentro de la disciplina, y las conclusiones puede generar nuevas preguntas de investigación disciplinaria	El conocimiento es creado dentro de las disciplinas, pero las conclusiones puede generar preguntas de investigación que son aplicables a otras disciplinas.	El conocimiento creado que puede afectar a las estructuras del conocimiento en todas las disciplinas; Las conclusiones generan nuevos tipos de preguntas de investigación interdisciplinaria.	El conocimiento es reestructurado a través de la creación de nuevo conocimiento compartido; las conclusiones generan nuevos marcos teóricos y áreas de investigación.
Epistemología	Todo el documento	Los investigadores confían en la epistemología de las disciplinas.	Los investigadores confían en la epistemología de las disciplinas, pero de diferentes paradigmas.	Los miembros del equipo pueden confiar en la epistemología de la disciplina, pero deben aceptar la validez de diferentes disciplinas.	Los miembros del equipo se basan en una epistemología trascendente o común que refleja la naturaleza de la definición del problema.

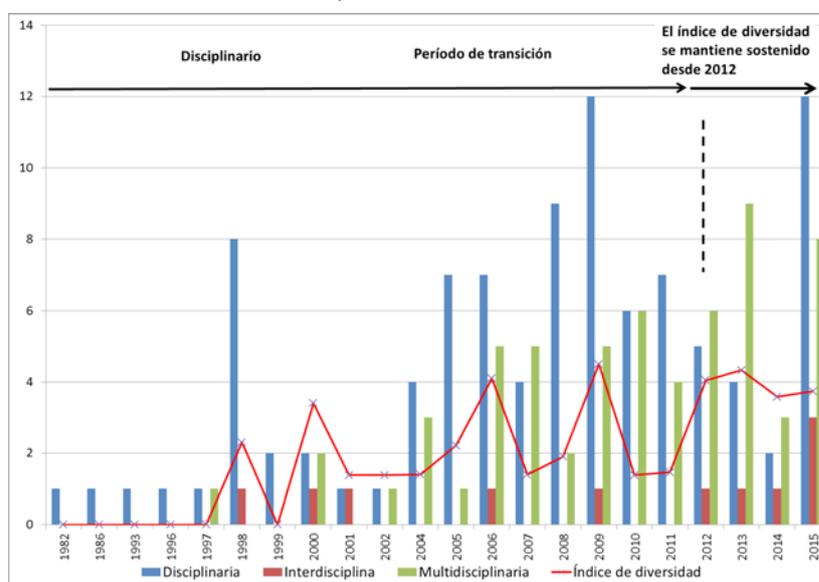
### 3. Resultados

#### 3.1. Distribución temporal según niveles de integración

En el gráfico 1 se muestra la evolución según los diferentes niveles de integración disciplinaria y la diversidad de ellos en el tiempo. El gráfico revela tanto un aumento de las publicaciones, como una mayor variedad de investigación disciplinaria, multidisciplinaria y con características interdisciplinarias en los últimos años. Ello se corrobora con el índice de diversidad (en rojo) que tiende a mantenerse entre 3,7 y 4,4 entre los años 2012 y 2015.

De esta manera se observan en el gráfico los dos conceptos anteriormente mencionados: la ciencia normal (que incluye los estudios disciplinarios y multidisciplinarios) y la llamada ciencia posnormal (que incluye los estudios interdisciplinarios y transdisciplinarios). En este sentido es posible identificar un primer período disciplinario y un segundo período de transición en la cual aparecen trabajos multidisciplinarios e interdisciplinarios (éstos últimos esporádicamente); incluso desde el año 2012 es habitual encontrar trabajos con características interdisciplinarios, y en el año 2015 aumentan en número. Del análisis se desprende que a pesar de que en los últimos años hay mayor número de estudios multidisciplinarios y con características interdisciplinarias, predominan los disciplinarios, siendo éstos un 57,6% del total de estudios de casos analizados en esta revisión.

Gráfico 1. Año, frecuencia de publicaciones según grado de integración disciplinaria e índice de diversidad de las publicaciones entre 1982-2015.



Fuente: Elaboración propia.

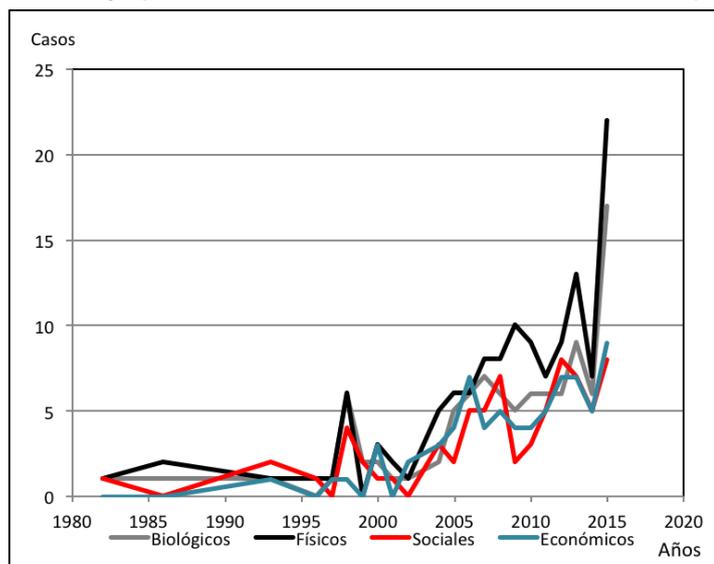
#### 3.2. Análisis de los indicadores

En el gráfico 2 se muestra la frecuencia del tipo de indicadores en los estudios de caso por año y se identificó como predominan los indicadores físicos (ejemplos: erosión, precipitaciones, materia orgánica). De la revisión, 128 estudios utilizan indicadores físicos (75%), mientras que 97 estudios de casos incluyeron indicadores biológicos, como es el tipo de vegetación y cobertura vegetal

(57,6%). El uso de estos indicadores predomina en los artículos de los primeros años analizados (1982-2000), en donde prevalecen los estudios disciplinarios.

Los indicadores sociales y económicos fueron utilizados en 72 estudios de caso, además se observa un aumento en el empleo de este tipo de indicadores desde el año 2004. Sin embargo, la frecuencia en su uso es menor que los indicadores físicos y biológicos. También se aprecia cómo antes del año 2004, los indicadores económicos eran escasamente utilizados, y que en los últimos años es más frecuente su uso.

Gráfico 2. Número de casos y tipo de indicadores encontrados en la literatura por año de publicación.



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1. Indicadores biofísicos

Los indicadores biofísicos se relacionan con aquellos elementos del paisaje que están integrados por los indicadores biológicos, clasificados en flora y fauna, así como también de los físicos, comprendidos por los atributos del clima, el suelo, la geomorfología y la hidrología.

En este sentido, los resultados de esta investigación arrojaron que 85 publicaciones de las 170 estudiadas utilizan la variable «vegetación» para evaluar los procesos de desertificación, resumidos en 27 indicadores, de éstos los cinco utilizados con mayor frecuencia son: cobertura vegetal (24,1%), tipo de vegetación (13,5%), resistencia a la sequía (7%), protección a la erosión (7%), riesgo a incendios (7%). La cobertura vegetal es un indicador que puede ser analizado a través de imágenes de satélite y fotografías aéreas, por lo que en general esta información está disponible para la mayoría de los países, aunque no se analizó en este documento el nivel de resolución de este indicador.

El elemento suelo dentro de los componentes del espacio geográfico, es el que da soporte a las actividades humanas y como tal uno de los factores más importantes en los estudios de desertificación, así lo demuestran los resultados de esta revisión, ya que el 44% de los estudios analizados usan indicadores de suelo en sus investigaciones. En este contexto, un 12,9 % de los estudios utilizan la textura como indicador de desertificación, así como también materia orgánica (11,7%), presencia de suelos erosionados (9,7%), pendientes (9%) y tipos de suelos (9%).

La geomorfología es utilizada en un total de once trabajos, y el indicador más frecuentemente utilizado es formas del relieve (6%), de este modo se les da una mayor o menor propensión a ciertas formas o «landforms» en inglés. La variable geología es muy poco utilizada en las evaluaciones de la desertificación, sólo es incluida en dos estudios, siendo los indicadores la existencia de actividad geológica (1,7%) y formaciones geológicas (1,7%).

Las aguas superficiales y subterráneas son primordiales para mantener el equilibrio en los ecosistemas, sobre todo en las zonas áridas. A pesar de la importancia de este tipo de indicadores para las zonas áridas, solo 15 casos de estudio utilizan indicadores de aguas superficiales y 21 casos utilizan indicadores de aguas subterráneas, con un total de 32 indicadores hidrológicos.

Con respecto a los indicadores relacionados con el agua subterránea y su manejo fueron identificados doce, siendo los más empleados: nivel de la capa freática (2,9%), química del agua (2,3%) y sobreexplotación del acuífero (2,3%). Estos indicadores básicamente están orientados a conocer las presiones que se están ejerciendo sobre este recurso.

En zonas áridas, la hidrología superficial, se caracteriza por su variabilidad de acuerdo con el régimen de las precipitaciones, por lo que muchas de ellas carecen de flujo superficial permanente en gran parte del año. Pensamos que esto se relaciona con los escasos indicadores encontrados, ya que éstos se reducen a seis y los más frecuentemente usados son: red de drenaje (5,1%) y carga de sedimentos (1,7%). Estos indicadores están orientados a identificar las presiones sobre el ecosistema, ya que se relacionan con procesos de erosión y sedimentación principalmente.

El clima es señalado por numerosos estudios como una de los factores de la desertificación (Geist y Lambin, 2004) a nivel micro, meso y macro escala. En este contexto existe una diversidad de trabajos que toman esta relación clima-desertificación como el desarrollado por Sivakumar (2007) y Verstraete *et al.* (2008). Se encontraron once indicadores climáticos que son utilizados en las evaluaciones de desertificación. En los casos de estudio, los más usados son las precipitaciones (18,7%) y el tipo de clima (6,8%), siendo indicadores accesibles para la mayoría de los investigadores.

### 3.2.2. Indicadores socioeconómicos

Los indicadores sociales incluyen los demográficos, de gestión, participación ciudadana y percepción. De los 14 indicadores encontrados, el más frecuentemente utilizado son las características demográficas (15,2% de los trabajos); esta variable engloba una serie de indicadores como la edad, la tasa de crecimiento demográfico y el sexo. Cabe señalar que en general los trabajos son descriptivos. En segundo lugar están otros aspectos de la sociedad como los derechos de la propiedad (2,9%), esto es relevante ya que se refiere a la facultad que tiene una persona sobre la tierra.

La política como gestora de iniciativas en la administración pública que conducen a mejoras en la sociedad, es una herramienta importante dentro de las propuestas preventivas, paliativas y de recuperación de espacios degradados. Se han encontrado ocho indicadores políticos en los estudios de casos, los más frecuentemente utilizados se refieren a la aplicación de la política pública (9,7%) y el número de proyectos en desertificación (7%). Los estudios hacen referencia a la existencia de una política pública o una herramienta legal para hacer frente al problema, mientras que el indicador de número de proyectos en desertificación se refiere a la presencia de medidas conducentes a remediar o prevenir el avance de la desertificación.

Una de las variables que ha sido empleada con frecuencia en los últimos años es la económica, lo cual parece tener sentido, ya que al disminuir en cantidad y calidad los recursos naturales, también se ven disminuidas las fuentes de empleo, lo que se relaciona con la calidad de vida de las personas que habitan un espacio geográfico determinado. La actividad agrícola, por ejemplo, es la mayor consumidora de agua en el mundo, de ahí que las actividades económicas no solo ejerzan presión sobre el medio ambiente, sino que son necesarias para la supervivencia del hombre.

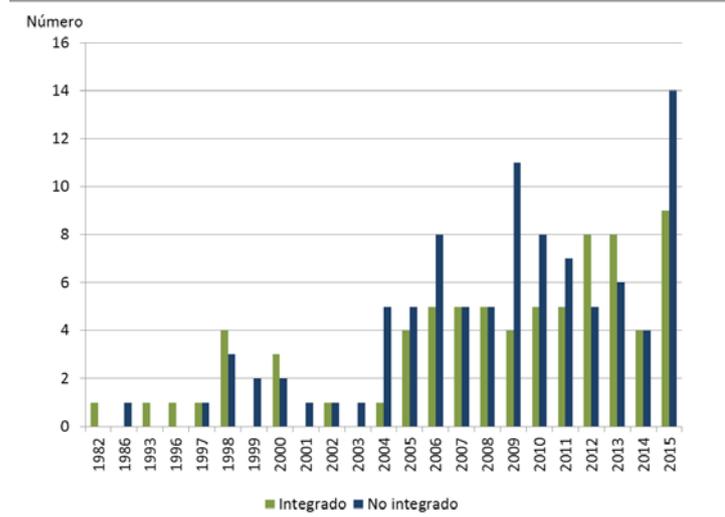
Se encontraron 27 indicadores económicos, de los cuales un 17% de los estudios utiliza el indicador de tipo de uso de suelo, seguido de superficie cultivada (9%), evolución en el uso de suelo (7%), población ganadera (4,1%), producción forestal (4,1%) e intensidad en el uso de suelo (4,1%). Es significativo el indicador de uso de suelo, ya sea para evaluar el estado, la evolución o la presión sobre el suelo. En este sentido la utilización de fotografías aéreas, imágenes de satélite y contar con una base de datos histórica se ha convertido en fundamental en los casos de estudio. A su vez, se ha observado como esta variable es trabajada a diferentes escalas (Kosmas *et al.*, 1999), y se puede usar en una escala de menor resolución al identificar grandes superficies cultivadas o a una escala de mayor resolución, identificando el tipo de uso y el tipo de producción, por lo que es necesario definir muy bien la escala de trabajo a utilizar.

### 3.2.3. Nivel de integración

Con respecto al nivel de integración en forma de índice o cualitativamente, el gráfico 3 muestra los esfuerzos realizados por el uso de indicadores de manera integrada desde los años 80, sin embargo existen años en que predominan las evaluaciones con el tratamiento de las variables de manera independiente unas de otras.

Una visión generalizada del estado del uso de indicadores se obtuvo al sumar la frecuencia en que eran integrados con respecto al total de las publicaciones, el resultado fue que el 55,8 % está en la categoría de «no integrados», por lo que los indicadores son trabajados individualmente y un 44,2% son estudios con indicadores físicos, biológicos, sociales o económicos utilizados de manera integrada.

Gráfico 3. Nivel de agregación o integración de los indicadores



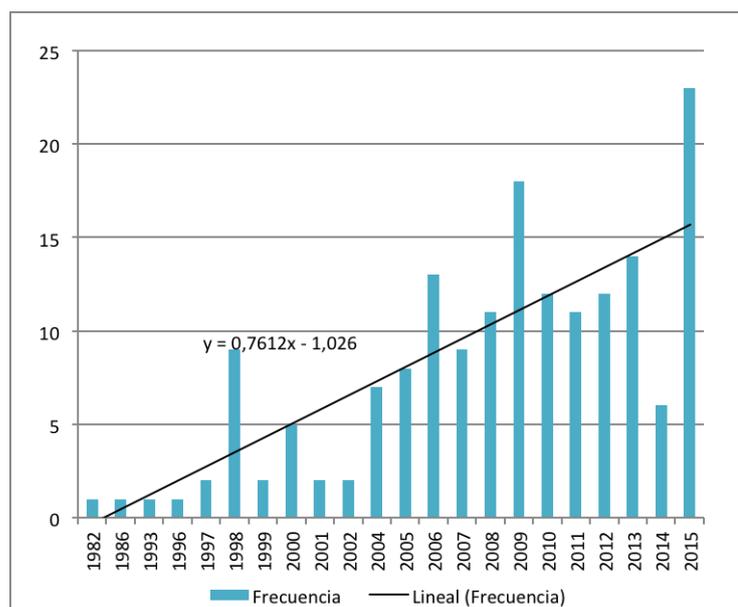
Fuente: Elaboración propia

## 4. Discusión

### 4.1. Caracterización de la literatura

Los trabajos de Verstraete *et al.* (2008), Barbero-Sierra *et al.* (2015) y Torres *et al.* (2015), proporcionan información con respecto al aumento de publicaciones en desertificación en los últimos años. Por tanto, no sorprende encontrar en nuestra revisión cómo los resultados de estudios de casos aumentan sustancialmente desde el año 2004, siendo el año 2015 el año en el que se encontró un mayor número de publicaciones (Gráfico 4).

Gráfico 4. Frecuencia en el número de publicaciones por año en los 170 casos de estudio (1982-2015).



Fuente: Elaboración propia

### 4.2. Distribución espacial de los estudios de casos

La distribución geográfica se refiere a la ubicación espacial de los estudios de caso, de esta manera los resultados indican que el continente asiático presenta un mayor número de publicaciones en evaluación y monitoreo de la desertificación que el resto de los continentes. En este sentido el 48% de la literatura corresponde a estudios de casos especialmente en China e India, seguido de estudios de casos en diversos países de África (Cuadro 2).

Ello se puede relacionar con la distribución de las áreas desertificadas, ya que para el año 1997, según Middleton y Thomas (1997) los mayores problemas de degradación se encontraban en Asia (370,4 ha)<sup>6</sup>, seguido de África (319,3 ha)<sup>6</sup>, América (158,4 ha)<sup>6</sup>, Europa (99,5 ha)<sup>6</sup> y Australia (87,6 ha)<sup>6</sup>. Lo anterior también se corrobora con los datos presentados por el proyecto GLASOD y que forma parte de un trabajo realizado por Gibbs y Salmon (2015) y cuya comparación porcentual con los estudios de casos de este estudio se muestran en el cuadro 2. Otro aspecto se vincula con la cantidad de inversión destinada a proyectos en temas ambientales, un ejemplo de ello es que el 56,2% de la inversión de Proyectos GEF (1991-2015) sobre mitigación al cambio climático están concentrados en Asia y África (UNFCCC, 2015). Es posible que la superficie desertificada y la inversión destinada a proyectos ambientales haya contribuido al aumento de las

publicaciones en la materia en estos continentes. En este sentido Stringer (2006) hace hincapié en que desde el año 1992 los países africanos han demandado un tratado jurídico internacional que aborde la cuestión de la desertificación, por lo que también la desertificación es un tema político.

Cuadro 2. Degradación estimada por continente en millones de hectáreas (Gibbs y Salmon, 2015) y distribución espacial de los estudios de casos encontrados en la literatura.

Continente	GLASOD Nºde ha (millones)	GLASOD (%)	Estudios de casos según localización geográfica (%)
África	321	26	20
Asia	453	37	48
Australia y Pacífico	6	0	5
Europa	158	13	11
América	279	23	8
Estudios de casos localizados en más de un continente			8
Total	1.217	100	100

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. De la definición de la desertificación en los estudios de casos

Glantz y Orlovsky (1983) señalan la existencia de más de 100 definiciones sobre desertificación, por lo que la bibliografía da cuenta de una serie de problemas conceptuales, lo que trae consecuencias y repercusiones en las metodologías y en los enfoques para evaluar las zonas degradadas (Reynolds *et al.*, 2011).

Autores como Verón *et al.* (2006) y Reynolds *et al.* (2011) mencionan que el déficit de estandarización en la instrumentalización y seguimiento de la desertificación puede, en parte, atribuirse a la falta de una definición clara que lleva a dificultades en la medición de variables e indicadores, por lo tanto, también en las diversas estrategias para afrontar la problemática desde la interdisciplinariedad.

La desertificación, es un problema complejo (Sommer *et al.*, 2011) y las diferentes definiciones cubren una gran variedad de temas a distintas escalas (Reynolds *et al.*, 2005). En este sentido se piensa que se debe de generar un marco metodológico general que fomente la realización de investigaciones multiescalares que permitan concebir recomendaciones para la acción. Autores como Reynolds *et al.* (2007) sugieren la necesidad de un marco común para la gestión de las tierras secas y un programa científico internacional. Sivakumar (2007), alude a que es importante adoptar criterios y métodos uniformes para evaluar la desertificación y fomentar el seguimiento de la degradación de las tierras secas en todas las regiones del mundo. En este sentido cabe destacar los planteamientos de Eswaran *et al.* (2001), quien alude a que la identificación de la extensión de las áreas degradadas varía dependiendo de las definiciones.

La complejidad también se relaciona con la diversidad de los modos de vida de las personas que habitan las zonas secas, ya que autores como Slegers y Stroosnijder (2008), explican que los diferentes eventos se llevan a cabo en las escalas locales y que cada entorno muestra un diferente nivel de resistencia al estrés ambiental, por lo que los usuarios locales de la tierra adoptan diferentes estrategias de gestión y adaptación para hacer frente al problema.

La discusión a día de hoy continúa y se centra en aspectos tales como, si la desertificación es una fase de un proceso o el fin, si es un proceso reversible o no (Nelson, 1990; D'Odorico y Ravi, 2015), si es causado por las actividades humanas o por procesos biofísicos más amplios (Thomas y Middleton, 1994). También está en cuestión si la desertificación es exclusiva de ciertas regiones climáticas (Grainger *et al.*, 2000) y si es un proceso a escala global o local (Batterbury *et al.*, 2002), por lo que algunos autores concluyen que el término es ambiguo (Vogt *et al.*, 2011).

En el análisis bibliográfico llevado a cabo, hasta el año 1993 se visualizan dos de las tres categorías analizadas en esta revisión (definiciones propias de los autores y artículos que no cuentan con una definición de la desertificación). Sin embargo, desde 1994 los trabajos comienzan a citar frecuentemente la definición planteada por la UNCCD (1994). Aquí es importante señalar que justamente en ese año fue realizada y adoptada la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación, por lo que marca un hito para el conocimiento, discusión y gestión de las tierras secas.

Reynolds *et al.* (2005), indican que la definición adoptada por la convención, deja claro que la desertificación es un fenómeno que tiene componentes biofísicas y socioeconómicas, sin embargo el término sigue generando controversias y aún es posible encontrar una heterogeneidad de definiciones en los diferentes artículos. Herrmann y Hutchinson (2005) plantean un trabajo muy interesante al respecto, ya que más que examinar la definición, analizan los contextos que han contribuido a la evolución de la comprensión de las causas que dan origen a la desertificación.

## 5. Conclusiones

Si el número de publicaciones fuera un indicador de la distribución e importancia de la desertificación, el análisis de las 170 investigaciones indican que, a pesar de todo el esfuerzo de la UNCCD, la desertificación es un problema que va en aumento, ya que hay un crecimiento considerable de publicaciones en temas de diagnóstico y evaluación de la desertificación, en este sentido los países con zonas áridas en Asia y África son los que cuentan con un mayor número de publicaciones. Ello es probable que se deba a las extensas áreas desertificadas y a la demanda de los propios países por buscar soluciones.

Cada vez hay más consenso en que la desertificación es un problema complejo que debe estudiarse interdisciplinariamente. La revisión aquí realizada evidencia, sin embargo, que siguen siendo los resultados de trabajos disciplinarios los que predominan en las publicaciones de las revistas científicas. Aunque hay un emergente desarrollo de trabajos multidisciplinarios e interdisciplinarios, no se encontró ninguna metodología transdisciplinaria en donde las comunidades hayan participado activamente en todas las etapas: diagnóstico, evaluación gestión y monitoreo de la desertificación.

Se identificó una primera etapa, entre los años 80 y mediados de los 90, en donde las investigaciones se centraban en el análisis disciplinario descriptivo, por lo que una vez realizado el análisis por tipología de indicadores, se observó que estaban principalmente enfocadas al análisis de procesos físicos y biológicos.

El uso de indicadores biofísicos y socioeconómicos no es un indicador por sí mismo de interdisciplinariedad, ya que si bien los estudios con ambas componentes han existido desde el comienzo

de los años que comprende esta revisión, las metodologías no necesariamente reflejan las características de integración disciplinaria requerida por este tipo de trabajos.

Es por ello que en materia de ciencia posnormal o ciencia de la sustentabilidad, se obtiene que en los últimos años es posible encontrar trabajos con características interdisciplinarias (ciencia posnormal), lo que muestra probablemente una etapa de transición desde una ciencia normal o para la sustentabilidad hacia una ciencia posnormal o de la sustentabilidad. Si los estudios en desertificación se están dirigiendo hacia este horizonte, en nuestra opinión, se está en buen camino, ya que permitirá mejorar el actual sistema de diagnóstico y gestión de los recursos naturales en zonas áridas de manera integrada.

En este contexto, es importante mencionar los grandes esfuerzos que se han realizado en el desarrollo de indicadores, en donde se ve un aumento en la incorporación de aspectos sociales y económicos. Hoy en día es prioritaria la participación de especialistas de las ciencias sociales y económicas para la formación de equipos interdisciplinarios y según lo plantean algunos autores es fundamental incluir a las comunidades locales, con la utilización de criterios multiescalares a la hora de realizar evaluaciones y sistemas de seguimiento de la desertificación.

## 6. Referencias bibliográficas

- Abraham, E.; Montaña E.; y Torres L. (2006). «Desertificación e indicadores: Posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos». *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, vol. X (214).
- Armon R. H. (2015). «Desertification and Desertification Indicators Classification (DPSIR)». En: Armon RH, Hänninen O, (Eds). *Environmental Indicators*. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 277-90.
- Barbero-Sierra, C.; Marques, M. J.; Ruiz-Pérez, M.; Escadafal, R. y Exbrayat, W. (2015). «How is Desertification Research Addressed in Spain? Land Versus Soil Approaches». *Land Degradation & Development*, 26 (5), 423-432.
- Batterbury, S.P.J., Behnke, R.H., Döll, P.M., Ellis, J.E., Harou, P.A., Lynam, T.J.P., Mtmet, A., Nicholson, S.E., Obando, J.A., y Thornes, J.B. (2002). «Responding to desertification at the national scale: detection, explanation and responses». En: Reynolds J.F. y Stafford Smith D.M. (Eds). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?.* Berlin: Dahlem Univ. Press, pp. 357-385.
- Bocco G.; Espejel I.; Hualde A.; Liedo P.; Olivé L.; Reyes C.; Robles E. y Suárez R. (2014). *Evaluación de proyectos multi / inter / transdisciplinarios*. Reporte de investigación. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. México.
- Brandt, C. J. y Thornes, J.B. (1996). *Mediterranean desertification and land use*. London: Wiley, 572 p.
- Brandt, J.; Geeson, N. y Imeson, A. (2003). *DIS4ME: Desertification indicator system for Mediterranean Europe*, Desertlink Project, Department of Geography. Kings College, London.
- Brandt, J. y Geeson, N. (2015). «Desertification indicator system for Mediterranean Europe Monitoring and Modelling Dynamic Environments». En: Alan P. Dykes, Mark Mulligan, John Wainwright (Eds). *Monitoring and Modelling Dynamic Environments: (A Festschrift in Memory of Professor John B. Thornes)*. UK: John Wiley & Sons, Ltd. pp. 121-137.
- DESERTLINKS. <https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/geography/research/dis4me.aspx> [consulta: 1 de Noviembre de 2016].
- D'Odorico P. y S. Ravi (2015). «Land Degradation and Environmental Change». En: Sivanpillai (Ed). *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters*. USA, Elsevier, pp. 219 - 228.
- Eswaran, H.; Lal, R. y Reich, P. (2001). «Land degradation: an overview». En: Bridges, E.M., Hannam, I.D., Oldeman, L.R., Pening de Vries, F.W.T., Scherr, S.J., Sompatpanit, S. (Eds). *Responses to Land Degradation*. Khon Kaen, Thailand: Science Publishers, pp. 20-35.
- Fantechi, R.; Peter D.; Balabanis P. y Rubio L. (1995). *Desertification in a European Context: Physical and Socio-economic Aspects*. Luxembourg: European Commission.
- FAO. Sustainable Land Management <http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/en/> [consulta: 29 de Septiembre de 2016].

- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (1993). «Science for the post-normal age». *Futures*, 25 (7), 739-755.
- Funtowicz S. y De Marchi, B. (2000). «Ciencia Posnormal, complejidad reflexiva y sustentabilidad». En Siglo XXI (Eds.). *La complejidad ambiental*. México.
- Geist, H. J. y Lambin, E. F. (2004). «Dynamic Causal Patterns of Desertification». *BioScience*, 54 (9), 817-829.
- Gibbs, H. K. y Salmon, J. M. (2015). «Mapping the world's degraded lands». *Applied Geography*, 57, 12-21.
- GLADA, The Land Degradation Assessment in Drylands, <https://www.isric.online/projects/global-assessment-land-degradation-and-improvement-glada> [consulta: 1 de Noviembre de 2016].
- GLASOD. <https://www.isric.online/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>. Global Assessment of human-induced soil degradation. [consulta: 1 de Noviembre de 2016].
- Glantz, M. y Orlovsky, N. (1983). «Desertification: A review of the concept. Desertification». *Control Bulletin*, 9, 15-22.
- Grainger, A.; Stafford Smith, M.; Squires, V. y Glenn, E. (2000). «Desertification and climate change: the case for greater convergence». *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 5 (4), 361-377.
- Grau, J. B.; Antón, J. M.; Tarquis, A. M.; Colombo, F.; de los Ríos L. y Cisneros, J. M. (2010). «An application of mathematical models to select the optimal alternative for an integral plan to desertification and erosion control (Chaco Area – Salta Province – Argentina)». *Biogeosciences*, 7 (11), 3421-3433.
- Herrmann, S. y Hutchinson, C. (2005). «The changing contexts of the desertification debate». *Journal of Arid Environments*, 63 (3), 538-555.
- Imeson, A., y Cammeraat, E. (2000). «Scaling up from field measurements to large areas using the Desertification Response Unit and Indicator Approaches». En O. Arnolds y S. Asher (Eds.) *Rangeland Desertification*. Dordrecht: Kluwer Academic Press, pp 99-114.
- Jiménez B. y Ramos V. (2009). «Más allá de la ciencia académica?: Modo 2, ciencia posnormal y ciencia posacadémica». *Arbor. Ciencia, Pensamiento y Cultura*, CLXXXV (738), 721-737.
- Kairis O, Kosmas C, Karavitis C, Ritsema C, Salvati L. y Acikalin S. (2014). «Evaluation and Selection of Indicators for Land Degradation and Desertification Monitoring: Types of Degradation, Causes, and Implications for Management». *Environmental Management*. 54 (5) :971-82.
- Karanika-Murray, M. y Wiesemes, R. (2009). *Exploring Avenues to Interdisciplinary Research: From Cross- to Multi- to Interdisciplinarity*. United Kingdom: Nottingham University Press.
- Klein, J. T. (2004). «Interdisciplinarity and complexity: An evolving relationship». *E:CO Special Double*, 6, 2-10, 2004.
- Kosmas, C.; Kirkby, M.; y Geeson, N. (Eds.) (1999). *The Medalus Project: Mediterranean Desertification and Land Use: Manual on Key Indicators of Desertification and Mapping Environmentally Sensitive Areas to Desertification*. Directorate-General Science, Research and Development.
- López Bermúdez, F. y Romero Díaz, A. (1998). «Erosión y desertificación: implicaciones ambientales y estrategias de investigación». *Papeles de Geografía*, 28: 77-89.
- López Bermúdez, F. (1999). «Indicadores de la desertificación: una propuesta para las tierras mediterráneas amenazadas». *Murgetana*, Murcia, 100: 113-128.
- López Bermúdez F. y González Barbera G. (2000). «Indicators of Desertification in Semiarid Mediterranean Agroecosystems of Southeastern Spain». En G. Enne, M. D' Angelo y A. Aru (Eds.). *Indicators for assessing desertification in the Mediterranean*. European Commission, DG-XII. Porto Torres, Cerdeña, Italia. 164-176.
- Mabbutt J. (1986) «Desertification indicators». *Clim Change* 9:113–122.
- Mansilla V. y Gardner H. (2003). «Assessing interdisciplinary work at the frontier: an empirical exploration of symptoms of quality». Prepared for Rethinking Interdisciplinarity, *Interdisciplines*, Paris, Dec. 1.
- Middleton, N. y Thomas D. (1992). *World atlas of desertification* (2nd ed.) Egham, UK: Arnold.
- Middleton, N. y Thomas D. (1997). «*World atlas of desertification*». (2nd ed.) Egham, UK: Arnold.
- Morse, W. C.; Nielsen-Pincus M.; Force J. y Wulfhorst J. (2007). «Bridges and barriers to developing and conducting interdisciplinary graduate-student team research». *Ecology and Society*, 12 (2):8.
- Nelson, R. (1990). «Dryland management: The desertification problem». *World Bank Technical Paper* Number 116. The World Bank, Washington, D.C.
- Newell, B.; Crumley, C. L.; Hassan, N.; Lambin, E. F.; Pahl-Wostl, C.; Underdal, A. y Wasson, R. (2005). «A conceptual template for integrative human–environment research». *Global Environmental Change*, 15 (4), 299-307.

- Puigdefábregas, J. y Mendizabal, T. (1998). «Perspectives on desertification: western Mediterranean». *Journal of Arid Environments*, 39 (2), 209-224.
- Reed, M. S.; Buenemann, M.; Athlopheng, J.; Akhtar-Schuster, M.; Bachmann, F.; Bastin, G.; Verzandvoort, S. (2011). «Cross-scale monitoring and assessment of land degradation and sustainable land management: A methodological framework for knowledge management». *Land Degradation & Development*, 22 (2), 261-271.
- Reynolds, J. F.; Maestre, F. T.; Huber-Sannwald, E.; Herrick, J. y Kemp, P. (2005). «Aspectos socioeconómicos y biofísicos de la desertificación». *Ecosistemas*, 14 (3), 3-21.
- Reynolds, J. F.; Smith, D.; Lambin E. F.; Turner B. L.; Mortimore M.; Batterbury, S. y Walker, B. (2007). «Global Desertification: Building a Science for Dryland Development». *Science*, 316 (5826), 847-851.
- Reynolds, J. F.; Grainger, A.; Stafford Smith, D.; M., Bastin; G. Garcia-Barrios; L., Fernández y Zdruli, P. (2011). «Scientific concepts for an integrated analysis of desertification». *Land Degradation & Development*, 22 (2), 166-183.
- Rubio, J. L. y Bochet, E. (1998). «Desertification indicators as diagnosis criteria for desertification risk assessment in Europe». *Journal of Arid Environments*, 39 (2), 113-120.
- Salvati, L. y Bajocco, S. (2011). «Land sensitivity to desertification across Italy: Past, present, and future». *Applied Geography*, 31 (1), 223-231.
- Sanders, D. (1986). «Desertification processes and impact in rainfed agricultural regions». *Climatic Change*, 9 (1-2), 33-42.
- Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification. Desertification, The Invisible Frontline. <https://www.unccd.int/publications/desertification-invisible-frontline-second-edition>
- [consulta: 15 de Agosto de 2016].
- Sepehr, A. y Zucca, C. (2012). «Ranking desertification indicators using TOPSIS algorithm». *Natural Hazards*, 62 (3), 1137-1153.
- Sharma, K (1998). The hydrological indicators of desertification. *Journal of Arid Environments*, 39 (2), 121-132.
- Sivakumar, M. (2007). «Interactions between climate and desertification». *Agricultural and Forest Meteorology*, 142(2-4), 143-155.
- Slegers, M. y Stroosnijder, L. (2008). «Beyond the Desertification Narrative: A Framework for Agricultural Drought in Semi-arid East Africa». *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 37 (5), 372-380.
- Sommer, S.; Zucca, C.; Grainger, A.; Cherlet, M.; Zougmore, R.; Sokona, Y. y Wang, G. (2011). «Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales». *Land Degradation & Development*, 22 (2), 184-197.
- Stringer, L. C. (2006). «Reviewing the International Year of Deserts and Desertification 2006: What contribution towards combating global desertification and implementing the United Nations Convention to Combat Desertification?». *Journal of Arid Environments*, 72 (11), 2065-2074.
- Thomas D. y Middleton, N. J. (1994). «Desertification: Exploding the Myth. Wiley, Chichester». *Land Degradation & Development*, 6 (1), 69-70.
- Toledo V.M.; Oyama K. y Castillo A. (2006). *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: perspectivas desde la investigación científica*. México: Siglo XXI.
- Torres, L.; Abraham, E. M.; Rubio, C.; Barbero-Sierra, C. y Ruiz-Pérez, M. (2015). «Desertification Research in Argentina». *Land Degradation & Development*, 26 (5), 433-440.
- UNCCD (1994). *United Nations Convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and / or desertification, particularly in Africa*. United Nations Environment. Geneva: Interim Secretariat for the Convention to combat desertification.
- UNFCCC (2015). *Report of the Global Environment Facility to the Twenty-first Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Global Environment Facility. Paris, 30 November to 11 December.
- Verón, S. R.; Paruelo, J. M. y Oesterheld, M. (2006). «Assessing desertification». *Journal of Arid Environments*, 66 (4), 751-763.
- Verstraete, M.; Brink, A. B.; Scholes, R. J.; Beniston, M. y Stafford Smith, M. (2008). «Climate change and desertification: Where do we stand, where should we go?». *Global and Planetary Change*, 64 (3-4), 105-110.

- Vogt, J. V.; Safriel, U.; Von Maltitz, G.; Sokona, Y.; Zougmore, R.; Bastin, G. y Hill, J. (2011). «Monitoring and assessment of land degradation and desertification: Towards new conceptual and integrated approaches». *Land Degradation & Development*, 22 (2), 150-165.
- WOCAT. World Overview of Conservation Approaches and Technologies. <http://www.isric.org/projects> [consulta: 1 de Noviembre de 2016].

## Sobre las autoras

### ANA ISABEL HUAICO MALHUE

Investigadora de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Católica de Temuco, Chile. Su mayor interés son los modelos de diagnóstico de la desertificación, la resiliencia al cambio climático y la gestión interdisciplinaria de la degradación de tierras. Geógrafa, Maestra en Ciencias en Manejo de Ecosistemas Áridos y Doctora en Medio ambiente y Desarrollo de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Dirección: Rudecindo Ortega 02950, Temuco, Chile.

### ASUNCIÓN ROMERO DÍAZ

Es Catedrática de Geografía Física de la Universidad de Murcia, España. Su investigación se centra principalmente en estudios de erosión, desertificación y cambios de uso del suelo en ambientes semiáridos. Posee una amplia experiencia investigadora, que se traduce en la realización de 225 trabajos de investigación, entre libros, capítulos de libros y artículos científicos. Gran parte de estos trabajos han sido publicados en revistas y libros de alto impacto científico (<https://www.researchgate.net>; <https://scholar.google.es>). Dirección: Universidad de Murcia, Campus de La Merced, Santo Cristo 1, 30001 Murcia (España).

### MARTHA ILEANA ESPEJEL CARBAJAL

Investigadora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, México. Ha estado interesada en los ecosistemas áridos y costeros de México. Es bióloga de la Facultad de Ciencias de la UNAM, con una Maestría en el Instituto Nacional de Recursos Bióticos en Xalapa Veracruz, continuando su investigación en su doctorado en la Universidad de Uppsala, Suecia. Dirección: Carretera Transpeninsular Ensenada Tijuana 3917, Fracc. Playitas C.P. 22860 o apdo postal 1880, Baja California, Mexico.