

# Valutazione e analisi dei fenomeni di degrado del suolo

R. Coscarelli<sup>1</sup>, I. Minervino<sup>1</sup>, M. Sorriso-Valvo<sup>1</sup>, B. Ceccanti<sup>2</sup>, G. Masciandaro

<sup>1</sup>*Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica, CNR, Rende (CS), Italia*

<sup>2</sup>*Istituto per lo Studio degli Ecosistemi, CNR, Pisa, Italia*

r.coscarelli@irpi.cnr.it

**SOMMARIO:** Lo studio dei fenomeni di degrado del suolo, secondo gli attuali modelli previsionali del clima, si sta delineando come strumento conoscitivo di causa ed effetto delle dinamiche e delle variabilità climatiche. In quest'ottica, lo studio della desertificazione, fenomeno complesso legato a vari fattori, tra cui anche le variazioni climatiche e le attività antropiche, si configura come il giusto approccio alla conoscenza della relazione clima-biosfera, posta alla base degli attuali modelli globali climatici. Il gruppo di lavoro composto da ricercatori degli istituti IRPI ed ISE ha condotto uno studio in un'area del Crotonese (Calabria), volto alla caratterizzazione della sensibilità ambientale alla desertificazione e alla validazione della metodologia utilizzata per tale applicazione, basata sulla valutazione della funzionalità del suolo e, quindi, del suo stato di qualità e della sua resilienza.

## 1 IL PROBLEMA SCIENTIFICO

Gli attuali modelli previsionali del clima (definiti "globali") si distinguono dai primi, risalenti agli Anni 70 del secolo scorso, in quanto nella loro elaborazione considerano tutte le componenti del sistema climatico. Queste contribuiscono all'evoluzione del clima, sia autonomamente sia interagendo con tutte le altre. Le modellazioni attuali, poi, divengono addirittura complesse, quando considerano le scale temporali caratteristiche dei singoli sottosistemi, ossia i diversi tempi di risposta alle sollecitazioni esterne (forzanti esterne al sistema).

Ultimamente, infatti, l'interesse dei climatologi si sta focalizzando sui processi legati al bilancio energetico del sistema Terra e a quei fenomeni che, benché di natura locale, possono avere influenze globali. Gli attuali modelli globali di clima comprendono, quindi, oltre ai "classici" fattori atmosferici, terra-oceano, ghiaccio marino, solfati e aerosol, anche il ciclo del carbonio, la chimica dell'atmosfera e l'interazione con la vegetazione.

Si sta, quindi, iniziando a delineare una relazione clima-biosfera che potrà servire a interpretare i punti oscuri delle dinamiche e delle variabilità climatiche.

D'altronde, risulta anche sempre più importante la valutazione degli effetti "al suolo" che le variazioni climatiche possono innescare, congiuntamente ad altri fattori legati pure all'attività antropica. Da questo punto di vista lo studio del fenomeno della desertificazione, intesa come "il degrado delle terre aride, semi-aride e sub-umide secche attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività umane" (art.1 dell'UNCCD), risulta sempre più attuale e in linea con quanto si sta facendo nelle valutazioni dei cambiamenti climatici.

## 2 ATTIVITÀ DI RICERCA

Il gruppo di lavoro composto dagli istituti IRPI (Sede di Rende, CS) e ISE (Sede di Pisa) del CNR, nell'ambito del progetto di ricerca dell'IRPI di Rende "ISPARIDE – Identificazione e Stima dei Parametri per la Valutazione del

Rischio di Desertificazione”, cofinanziato nel 2004 dall’allora M.I.U.R., ha condotto recentemente uno studio in un’area del Crotonese, lungo il litorale ionico della Calabria, volto alla caratterizzazione della sensibilità ambientale alla desertificazione e alla validazione della metodologia utilizzata per tale applicazione. L’area in esame, coincidente con il distretto viti-vinicolo del Cirò D.O.C., può essere infatti potenzialmente considerata a rischio di desertificazione, se si considerano le sue caratteristiche geomorfologiche, climatiche e vegetazionali, la pressione subita dal territorio a causa delle intense attività agricole che vi si praticano ed i trend climatici verso condizioni di aridità che sono stati individuati anche attraverso recenti studi idrologici (Coscarelli *et al.*, 2004; Cotecchia *et al.*, 2004).

### 2.1 La metodologia ESAs

La metodologia impiegata, basata sulla procedura sviluppata da Kosmas *et al.* (EC, 1999) nell’ambito del progetto europeo MEDALUS, nota come ESAs (Environmentally Sensitive Areas), è scomponibile in due fasi.

Nella prima, mediante l’assegnazione di punteggi a determinati indicatori di desertificazione, distinti per categorie, avviene la valutazione di quattro indici di qualità relativi alle categorie considerate: Indice di Qualità del Suolo – SQI; del Clima – CQI; della Vegetazione – VQI; e della Gestione Territoriale – MQI. L’elaborazione degli indici SQI, VQI e CQI si basa su dati di carattere fisico-ambientale, espressione delle caratteristiche climatiche, pedogenetiche, morfologiche e di qualità della copertura vegetale insistenti sull’area in studio; l’elaborazione dell’indice MQI è, invece, basata sull’analisi dell’intensità d’uso del suolo e sull’implementazione delle politiche di protezione ambientale.

La seconda fase porta, mediante la media geometrica dei valori espressi dagli indici di qualità, alla definizione di un valore di sensibilità ambientale alla desertificazione, attraverso l’Indice ESAI (Environmentally Sensitivity Areas Index).

$$ESAI = (SQI \cdot CQI \cdot VQI \cdot MQI)^{1/4} \quad (1)$$

Detto indice, sulla base dei valori che può assumere, esprime, quindi, la sensibilità ambientale alla desertificazione, secondo quattro classi: non affette, potenzialmente affette, fragili e critiche.

La procedura descritta può essere applicata anche in modo parziale, elaborando, ad esempio, come è stato effettuato nell’ambito del progetto di ricerca “ISPARIDE”, un indice attinente esclusivamente ai tematismi fisico-naturali, denominato ESAPI (Environmentally Sensitivity Areas Physical Index) (Coscarelli *et al.*, 2005).

$$ESAPI = (SQI \cdot VQI \cdot CQI)^{1/3} \quad (2)$$

Anche l’indice ESAPI, che può essere considerato espressione della propensione intrinseca del territorio a sviluppare fenomeni di desertificazione, in base alle sole caratteristiche chimico-fisiche-naturali e a quelle climatiche esistenti, si esprime in quattro classi, suddivise tramite lo stesso criterio adoperato per l’indice ESAI.

### 2.2 La validazione della metodologia ESAs

Un ottimo strumento operativo per quantificare la degradazione del suolo, e quindi la desertificazione, consiste nella misura della persistente riduzione della sua capacità funzionale. Questa può essere valutata mediante analisi di caratteri chimico-fisico-biologici e, pertanto, può essere monitorata nel tempo. Le procedure di validazione della metodologia adottata nello studio in parola si sono basate sulla valutazione della funzionalità del suolo e, quindi, del suo stato di qualità e della sua resilienza.

In maniera campionaria, in alcune zone dell’area di studio, individuate tra quelle più rappresentative delle diverse situazioni di sensibilità alla desertificazione definite in base alla classificazione ESAI ed ESAPI, sono stati prelevati campioni di suolo e su di essi effettuate analisi chimico-fisiche per valutare la qualità della sostanza organica e la presenza e attività di complessi uomo-enzimatici. Tali complessi sono stati proposti come le ultime

difese biologiche del suolo, quando è esposto ad un processo di degradazione grave e irreversibile, quale la desertificazione, o a forme di inquinamento cronico (Ceccanti & Masciandaro, 2003). Si possono quindi considerare dei “biomarcatori”, in quanto riflettono lo stato metabolico del terreno e i cicli degli elementi nutritivi (C, N, P, S) attivati nei processi di mineralizzazione dei composti organici naturali. La misura dell’attività di questi enzimi risulta un efficace parametro marcatore della bioattività generale del suolo e costituisce un buon approccio per monitorare l’evoluzione e la dinamica di un suolo soggetto a perturbazioni antropiche e/o naturali. La riduzione o distruzione di questi complessi umo-enzimatici può, infatti, condurre ad una perdita irreversibile di materia organica e conseguentemente alla desertificazione.

La caratterizzazione chimico-strutturale della sostanza organica è stata effettuata mediante la tecnica della pirolisi gas-cromatografica a cui sono state affiancate altre analisi chimico-fisiche convenzionali, quali la granulometria e la stabilità degli aggregati. La caratterizzazione dei complessi umo-enzimatici è stata compiuta mediante la combinazione di due tecniche separative, quali l’ultrafiltrazione su membrana (UF) e l’isoelettrofocalizzazione (IEF).

I risultati delle analisi chimico-fisiche, effettuate sui campioni di suolo presso il Laboratorio dell’ISE di Pisa, sono stati, quindi, oggetto di un’indagine statistica multivariata. Sulle variabili individuate, mediante analisi fattoriale, è stata effettuata una classificazione dei campioni analizzati, procedendo ad accorpamenti in gruppi omogenei, sulla base di fattori, combinazioni “pesate” di più variabili.

### 3 RISULTATI RILEVANTI

#### 3.1 Applicazione della metodologia ESAs

Sulla base dei dati di carattere fisico-ambientale, relativi alle categorie suolo, clima e vegetazione (indice ESAPI), l’area in studio (Coscarelli et al., 2005) risulta in massima parte fragile (60%), cioè in una condizione di equilibrio precario esistente tra le componen-

ti del sistema, tali che alterazioni anche minime di questi equilibri (ad esempio, usi non sostenibili delle risorse naturali), possono provocare la progressiva desertificazione del territorio.

Il quadro ottenuto dall’elaborazione dell’indice ESAI (Fig. 1) rivela una sensibilità alla desertificazione della zona in studio ancora più spiccata.

Gran parte del territorio risulta essere, infatti, già affetta da fenomeni di degrado, rientrando nella classe critica alla desertificazione con una percentuale del 46%.

Il confronto tra gli indici in questione ha evidenziato il ruolo fortemente condizionante svolto dalla gestione territoriale sull’instaurazione di fenomeni di degrado (Coscarelli et al., 2007). Nel passaggio dall’ESAPI all’ESAI, infatti, il 76% del territorio cambia classe verso un aumento della sensibilità alla desertificazione.

#### 3.2 Validazione della metodologia ESAs

I risultati delle analisi statistiche effettuate a corredo della validazione indicano una corretta descrizione, sebbene “statica”, delle condizioni del suolo basata sulle variabili chimico-fisiche utilizzate. La classificazione è stata

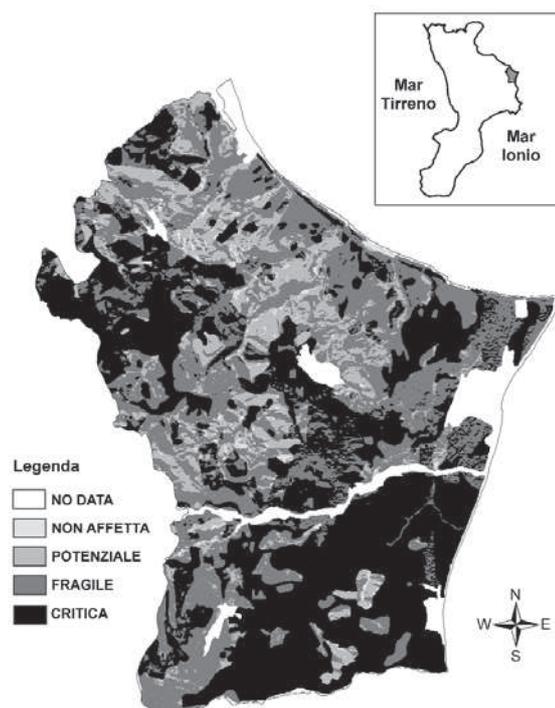


Figura 1: Mappa relativa all’indice ESAI

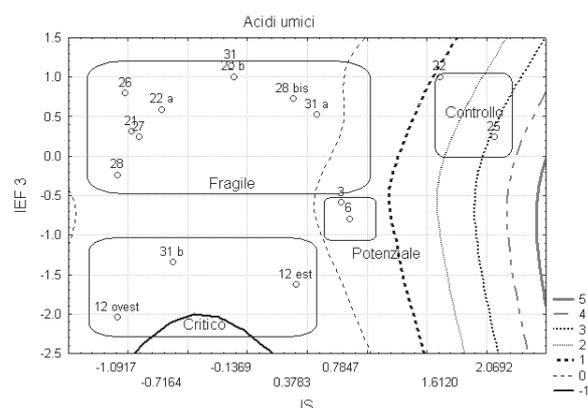


Figura 2: Classificazione dei campioni di suolo sulla base delle tre variabili più significative: Indice di Stabilità degli aggregati, attività IEF in banda 3, acidi umici.

ricavata accorpando i campioni in quattro gruppi sulla base della loro collocazione in uno spazio tridimensionale (Fig. 2) descrittive i punteggi delle tre variabili più significative, ovvero IS - indice di stabilità degli aggregati e IEF 3 - attività IEF nella banda 3, disposti, rispettivamente, lungo l'asse delle X, Y, e acidi umici, utilizzando isolinee.

Le stesse indagini statistiche sono state applicate alle classificazioni ESAI ed ESAPI, per operare una verifica della loro funzionalità a descrivere la propensione alla desertificazione del territorio indagato. I risultati di tale indagine hanno dimostrato che i gruppi individuati mediante procedure analitiche, denominati in maniera coerente con la classificazione ESAs, concordano in buona misura con la procedura ESAPI. Il confronto con la classificazione ESAI ha fornito risultati meno significativi, in quanto nello stesso indice è insita una componente "dinamica", legata ai fattori economico-gestionali e di uso del suolo, che forniscono indicazioni di tendenza e non di stato.

#### 4 PROSPETTIVE FUTURE

La strada tracciata in questo studio circa la validazione dei risultati si crede possa condurre ad interessanti risultati se applicata per la creazione di un sistema di monitoraggio, con campionamenti periodici, osservando le variazioni nel tempo dei parametri descrittivi del degrado. Inoltre, per le aree che risultano con un più alto grado di sensibilità alla deser-

tificazione, si possono ipotizzare scenari alternativi prevedendo azioni e misure per la mitigazione dei fenomeni di degrado.

#### 5 RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia la Dott.ssa Eleonora Peruzzi, CNR-ISE, per la trattazione statistica dei dati.

#### 6 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Ceccanti, B. & Masciandaro, G. 2003. Stable humus-enzyme nucleus: the last barrier against soil desertification. In *Preserving soil quality and soil biodiversity-The role of surrogate indicators*. M.C. Lobo & J.J. Ibanez (eds.) pp. 77-82. CSIC-IMIA, Madrid.
- Coscarelli, R., Gaudio, R. & Caloiero, T. Climatic trends: an investigation for a Calabrian basin (southern Italy). *IAHS Publ.* 2004; 286: 255-266.
- Coscarelli, R., Minervino, I. & Sorriso-Valvo, M. 2005. Methods for the characterization of areas sensitive to desertification: an application to the Calabrian territory (Italy). *IAHS Publ.* 299.
- Coscarelli, R., Minervino, I. & Sorriso-Valvo, M. 2007. L'influenza dei fattori antropici nei fenomeni di degrado del suolo. Un caso di studio nel Crotonese. Convegno su "La crisi dei sistemi idrici: approvvigionamento agro-industriale e civile". *Accademia Nazionale dei Lincei*, 22 marzo, Roma.
- Cotecchia, V., Casarano, D. & Polemio, M. 2004. Characterisation of rainfall trend and drought periods in southern Italy from 1821 to 2001. In R. Gaudio (eds.), *New Trends in Hydrology*. CNR-GNDCI Publ. 2823.
- EC-European Commission, 1999. The Medalus project Mediterranean desertification and land-use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. C. Kosmas, M. Kirkby and N. Geeson (eds.). EUR 18882.