

ANALISI GEOSTATISTICA INTEGRATA COME METODO PER LA CONOSCENZA DEL BIOCLIMA DELLA SICILIA

Giuseppe BAZAN, Pasquale MARINO, Rosario SCHICCHI, Natale SURANO

Dipartimento di Scienze Botaniche dell'Università degli Studi, via Archirafi, 28, 90123 – Palermo.
e-mail: gbazan@unipa.it

Riassunto

Vengono presentati i risultati di uno studio relativo al bioclima della Sicilia, effettuato sulla base della classificazione proposta da Rivas-Martinez. Le carte bioclimatiche sono state ottenute attraverso l'analisi geostatistica di dati *WorldClim*. Il pattern ottenuto viene proposto come modello bioclimatico di riferimento, per le applicazioni connesse alla pianificazione e gestione del territorio.

Abstract

The results of a bioclimatic study of Sicily, on the basis of classification proposed by Rivas-Martinez are given. The bioclimatic maps have been obtained through the geostatistics analysis of *WorldClim* data. The pattern, obtained for the applications connected to the planning and management of the territory, is proposed.

Introduzione

La pianificazione territoriale presuppone una conoscenza del paesaggio che non si basi su aspetti puramente percettivi, ma oggettivi e quantificabili. A tal proposito l'ecologia del paesaggio, da circa un trentennio, ha messo a punto teorie, metodi e strumenti necessari all'analisi e l'interpretazione del mosaico territoriale. Tra i temi più attuali di questa disciplina c'è quello dell'individuazione di ambiti territoriali omogenei su cui indirizzare le singole azioni di gestione. In questo senso l'approccio metodologico geobotanico, attraverso l'analisi della vegetazione, si presta bene non solo alla comprensione dei processi naturali ed antropici in atto ma anche all'individuazione ed alla rappresentazione cartografica di ambiti potenzialmente omogenei dal punto di vista vegetazionale.

La fisionomia e la struttura della vegetazione, come è noto, sono il risultato di complesse interazioni; tra queste clima, suolo e orografia rappresentano le variabili più significative. In particolare, le dinamiche del paesaggio vegetale sono strettamente correlate alla distribuzione degli eventi climatici nel tempo e nello spazio. Ai fini della definizione dei tipi di vegetazione naturale potenziale diventa, quindi, indispensabile la conoscenza delle caratteristiche climatiche (temperature medie e precipitazioni) e dei caratteri bioclimatici: ovvero le relazioni tra clima e distribuzione delle comunità vegetali.

Diverse sono state le ricerche volte alla definizione di indici e classificazioni bioclimatiche. Vanno menzionate, in particolar modo, la classificazione climatica di Mayr (1906), rielaborata da Pavari (1916) e successivamente perfezionata da De Philippis (1937) che inquadravano i climi italiani in relazione delle esigenze della selvicoltura. Durante il XX°, tra gli studi più significativi finalizzati alla definizione di sistemi di classificazione del clima in chiave ecologica, si ricordano quelli di Koppen (1900, 1918, 1926, 1931), De Martonne (1926), Emberg (1930, 1955), Thornthwaite (1931, 1933, 1948), Gaussen (1954, 1955), Bagnoul e Gaussen (1957), Troll et Paffen (1964), Holdrige (1967), Daget (1977), Walter e Lieth (1967), Walter (1960, 1973, 1976), Rivas-Martinez (1981, 1991, 1997, 2004). Quest'ultimo autore, in particolare, ha messo a punto un sistema di classificazione bioclimatica per l'intero globo terrestre che riconosce 5 macrobioclimi, 28 bioclimi e 5 varianti. Egli definisce, inoltre, per ogni macrobioclima i piani bioclimatici (termotipi ed

ombrotipi) in correlazione con le tipologie vegetazionali e con i caratteri biogeografici. Tale metodologia assume carattere predittivo di elevato interesse applicativo nel campo dell'ecologia del paesaggio.

In Italia tra i contributi che hanno interessato l'intero territorio, oltre al citato De Philippis, si menzionano quelli di Giacobbe (1978), Tomaselli et al. (1973) e, recentemente, Blasi e Michetti (2005).

Per quanto riguarda la Sicilia la problematica è stata affrontata da Brullo et al. (1996) che, per il territorio dell'Isola, hanno individuato 6 fasce bioclimatiche, sulla base del metodo proposto da Rivas-Martinez (1991) ed utilizzando i dati climatici pubblicati da Duro et al. (1996).

Recentemente, anche nell'ambito dell'Atlante climatologico della Sicilia (Cartabellotta et al., 2000) è stata elaborata una carta del bioclima semplificata che segue la metodologia di Rivas-Martinez (1991).

La ricca letteratura esistente sul tema in questione mostra un notevole interesse, da parte della comunità scientifica, alle relazioni clima-paesaggio. Questi contributi sono il frutto di decenni di osservazioni e, spesso, di fortunate deduzioni empiriche. Ricerche ad elevato valore tecnico-scientifico (Blasi, 1994; Brullo et al., 1996) hanno permesso a tutt'oggi di effettuare analisi a piccole e medie scale di rappresentazione sia in campo geobotanico sia in tutti i settori della pianificazione territoriale di ambito vasto.

L'istituzione di nuove aree protette, frutto di una politica comunitaria attenta alla conservazione della natura, nonché l'istituzione di nuovi regimi vincolistici ha spostato sempre più l'attenzione del pianificatore verso ambiti territoriali di superficie ridotta.

La necessità di disporre di informazioni naturalistiche di dettaglio ha messo, pertanto, in evidenza le difficoltà operative, legate alla carenza di dati, negli studi a scala di paesaggio. In particolare, la comprensione del funzionamento degli ecosistemi finalizzata alla loro conservazione necessita di studi approfonditi sia della componente biologica (flora e fauna) sia di quella ambientale (clima, suolo, ecc.). Tra i dati di base che consentono di interpretare le varie componenti, quelli legati al clima assumono un ruolo preponderante.

La problematica degli studi bioclimatici, se sul piano scientifico-metodologico è ormai matura, dal punto di vista operativo risente della disomogeneità dei dati termo-pluviometrici dovuta alla distribuzione delle stazioni di rilevamento nel territorio ed alla discontinuità delle serie storiche dei dati climatici. Queste carenze applicative, a livello locale, possono essere sormontate tramite l'elaborazione di modelli climatici basati su principi statistico-predittivo. A tal fine, per la caratterizzazione del bioclima della Sicilia, nel presente lavoro vengono presentati i risultati di un'analisi geostatistica effettuata sulla base di dati relativi al sistema *WorldClim* (Hijmans et al., 2005), che rappresenta un insieme di strati globali di clima (griglie di clima) con una risoluzione spaziale di circa 1 Km².

Materiali e metodi

La caratterizzazione bioclimatica è stata eseguita sulla base della classificazione proposta da Rivas-Martinez (2004) che si basa sul calcolo dell'indice di continentalità semplice *Ic*, dell'indice di termicità *It* o *Itc* (indice di termicità compensato), dell'indice ombrotermico annuo *Io* e dell'indice *Ios4*. Quest'ultimo indice, insieme con *Ios2* ed *Ios3*, viene utilizzato per discriminare il bioclima temperato da quello mediterraneo.

I dati del sistema *WorldClim* – sviluppati da Robert J. Hijmans, Susan Cameron e Juan Parra, dell'Università di Berkeley in California in collaborazione con Peter Jones ed Andrew Jarvis del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e con Karen Richardson del Rainforest CRC – sono stati proiettati in WGS84 utilizzando l'applicazione DIVA GIS (vers. 5.2.0.2). Questa applicazione ha permesso di esplorare i dati e di esportarli con una maglia regolare di elementi puntuali, in formato ESRI shapefile, con un intervallo di 30 secondi, che per la Sicilia è pari a 734 m (long.) × 926 m (lat.). Il sistema, comprendente per l'Isola 38.600 punti, è stato successivamente convertito nel sistema di riferimento Gauss-Boaga.

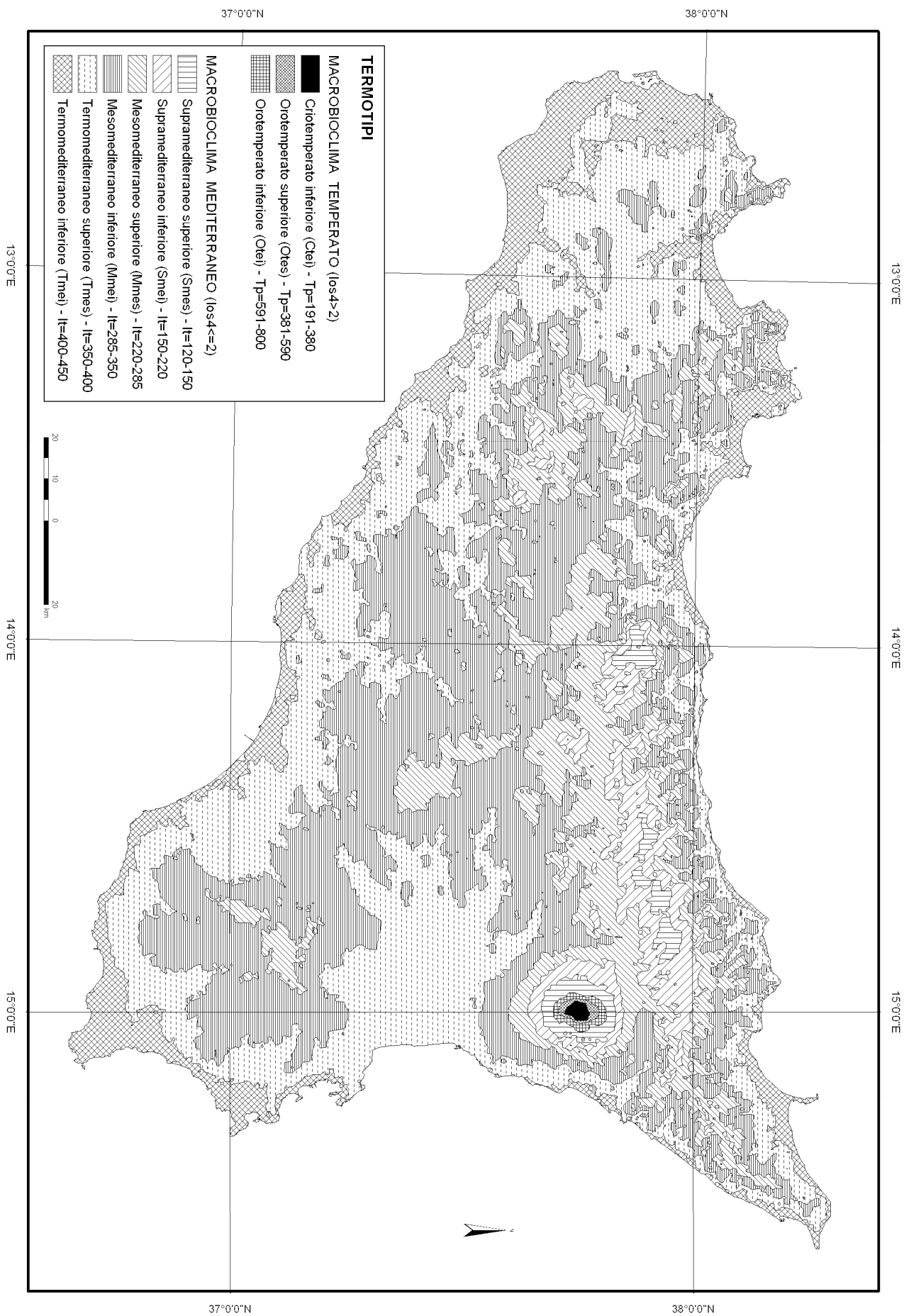


Fig. 1: carta dei piani termotipici della Sicilia.

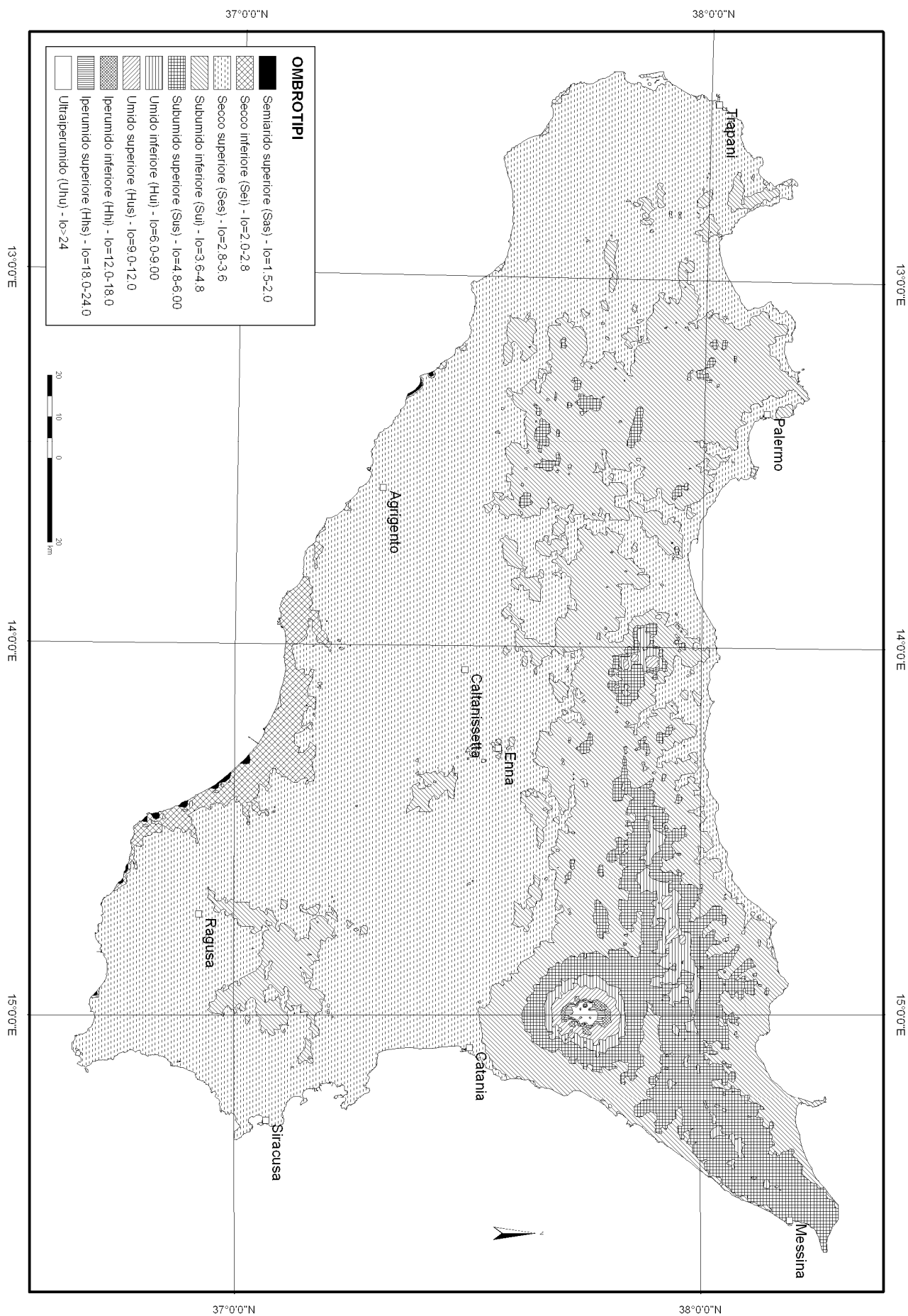


Fig. 2: carta dei piani ombrotipici della Sicilia.

Ogni punto, che rappresenta una stazione bioclimatica virtuale, è corredato da 36 variabili climatiche mensili (Tmax, Tmin, P), riferite al periodo 1950-2000, e da 12 variabili bioclimatiche. Per ognuna delle 38.600 stazioni virtuali sono stati calcolati gli indici bioclimatici suddetti. Per l'elaborazione delle carte bioclimatiche della Sicilia, gli indici calcolati sono stati interpolati utilizzando l'estensione *Spatial Analyst* di ArcGis con il metodo "*Spline*". I raster derivati, aventi una risoluzione di 100 m, sono stati successivamente riclassificati. In particolare, l'elaborazione dell'Indice ombrotermico compensato *Ios4* ha permesso di distinguere in via preliminare il macrobioclima mediterraneo da quello temperato. Ciò, al fine di poter applicare le idonee classi per la definizione dei relativi termotipi ed ombrotipi. I dati relativi ad *It* ed *Io* hanno permesso la redazione rispettivamente della Carta dei termotipi (Fig. 1) e della Carta degli ombrotipi (Fig. 2).

Risultati e conclusioni

Le carte ottenute, utilizzando i dati *WorldClim*, hanno permesso di delineare la distribuzione del bioclima nell'Isola, evidenziando un'elevata correlazione tra caratteri bioclimatici e paesaggio vegetale.

La Carta dei termotipi evidenzia la presenza in due macrobioclimi. Quello Temperato interessa la porzione sommitale dell'Etna al di sopra dei 1800 m s.l.m. e comprende 3 piani termotipici (Criotemperato inferiore, Orotemperato superiore, Orotemperato inferiore) e 3 ombrotipici (Ultraiperumido, Iperumido superiore, Iperumido inferiore). La rimanente parte dell'Isola è caratterizzata dal macrobioclima mediterraneo che comprende 6 piani termotipici, che vanno dal Supramediterraneo superiore al Termomediterraneo inferiore. In quest'ambito sono, inoltre, presenti 7 ombrotipi compresi dal semiarido superiore, riscontrabile sulle coste meridionali della Sicilia, all'umido superiore che interessa la porzione sommitale delle Madonie, dei Nebrodi e parte dell'Etna. Maggiore incidenza hanno i tipi Mesomediterraneo inferiore e Termomediterraneo superiore che improntano il paesaggio collinare dell'entroterra.

Dalla sovrapposizione dei due livelli informativi, termotipo/ombrotipo, risultano 38 tipi bioclimatici che esprimono l'elevata diversità territoriale potenziale della Sicilia.

Il pattern ottenuto, che mostra un elevato carattere predittivo, viene proposto come modello bioclimatico di riferimento sia a scala regionale sia a grande scala. In questa ottica le prospettive applicative nel campo delle attività connesse alla pianificazione ed alla gestione del territorio sono facilmente intuibili.

Bibliografia

- Bagnouls F., Gaussen H. (1957), *Les climats biologiques et leur classification*. Ann. de Géog., 355: 193-220.
- Blasi C. (1994), *Fitoclimatologia del Lazio*. Fitosociologia, 27: 151-175.
- Blasi C., Michetti L. (2005), *Biodiversità e clima*. In: Blasi C., Boitani L., La Posta S., Manes F., Marchetti M. (2005), *Stato della Biodiversità in Italia*. Palombi Editore, Roma.
- Brullo S., Scelsi F., Siragusa G., Spampinato G. (1996), *Caratteristiche bioclimatiche della Sicilia*. Giorn. Bot. Ital., 130(1): 177-185.
- Cartabellotta D., Drago A., Lo Bianco B., Lombardo M. (2000), *Atlante climatologico della Sicilia*. Regione Sicilia, Ass. Agricoltura e Foreste, Palermo: 1-278.
- Daget P. (1977), *Le bioclimat méditerranéen: caractères généraux, modes de caractérisation*. Vegetatio, 34: 1-20.
- De Martonne E. (1926), *L'indices d'aridité*. Bull. Ass. Geogr. Fr., 9: 3-5.
- De Philippis A. (1937), *Classificazione ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*. Nuovo Giorn. Bot. Ital., n.s., 54: 1-69.
- Duro A., Piccione V., Scalia C., Zampino D. (1996), *Precipitazioni e temperature medie mensili in Sicilia relative al sessantennio 1926-1985*. 5° Workshop Progetto Strategico Clima, Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno, Amalfi 28-30 Aprile 1993.

- Emberg L. (1955), *Una classification biogéographique des climats*. Rev. Trav. Lab. Bot. Fac. Sci. Montpellier, 7: 3-43.
- Emberg L. (1930), *La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux*. Rev. Gée. Bot., 42:641-662, 705-721.
- Gaussen H. (1954), *Théorie et classification des climats et microclimats*. 8^{me}. Congr. Internat. Bot. Paris, Sect. 7 et 3: 125-130.
- Gaussen H. (1955), *Expression des milieux par des formules écologiques; leur représentation cartographique*. Colloques Internationaux du Centre National de Recherche Scientifique, 59: 257-269.
- Giacobbe A. (1978), *Pioggia e mediterraneismo*. Ann. Acc. It. Sc. Forest., 27: 3-10.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jones P. G., Jarvis A. (2005), *Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas*. Int. J. Climatol., 25: 1965-1978.
- Holdridge L.R. (1967), *Life zone ecology*. San José. 206 pp.
- Köppen W. (1900), *Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt*. Geogr., 6: 593-611 and 657-679.
- Köppen W. (1918), *Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf*. Petermanns Geogr. Mitt., 64: 193-203, 243-248.
- Köppen W. (1926), *Methoden die Andauer der Temperature über bestimmten Schwellen zu finden, und deren Anwendung auf die Verbreitungsgrenze von Buche und Stieleiche*. Englers Bot. Jahrbücher, 60: 552-564.
- Köppen W. (1931), *Grundriss der Klimakunde*. 2 Aufl. 388. Berlin & Leipzig.
- Mayr H. (1906), *Fremdländische Wald und Parkbaueme fuer Europa*. Berlin.
- Pavari A. (1916), *Studio preliminare sulla coltura di specie forestali esotiche in Italia*. Ann. R. Ist. Sup. For. Naz., 1.
- Rivas-Martínez S. (1981), *Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique*. Anales Jard.Bot. Madrid, 37(2):251-268.
- Rivas-Martínez S. (1991), *Bioclimatic belts of West Europe (relations between bioclimate and plant ecosystems)*. Proc. Eur. School Climate Nat. Hazards Course (Arles, 1990). 225-246. Strasbourg.
- Rivas-Martínez S. (2004), *Global Bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra)*. Available at: <http://www.globalbioclimatics.org>. Accessed August 2006.
- Rivas-Martínez, S. (1997), *Clasificación bioclimática de la Tierra*. Itinera Geobot., 10. León.
- Thornthwaite C.W. (1931), *The climates of North America according to a new classification*. Geogr. Rev., 21: 633-655.
- Thornthwaite, C.W. (1933), *The climates of the Earth*. Geogr. Rev., 23: 433-440.
- Thornthwaite, C.W. (1948), *An approach towards a rational classification of climate*. Geogr. Rev., 38: 55-94.
- Tomaselli R., Balduzzi A., Filipello S. (1973), *Carta bioclimatica d'Italia*. La vegetazione forestale d'Italia. Minist. Agric., Collana Verde, 33. Roma.
- Troll C., Paffen, K. (1964), *Die Jahreszeitenklimate der Erde*. (Summary: The seasonal climates of the Earth). Erkunde, 18: 1-28.
- Walter H. (1960), *Grundlagen der Pflanzenverbreitung: Standortslehre*. Stuttgart.
- Walter H. (1973), *Vegetationszonen und Klima*. Stuttgart: 244 pp.
- Walter H. (1976), *Die ökologische Systeme der Kontinente*. Prinzipien ihrer Gliederung mit Beispielen. Stuttgart: 132 pp.
- Walter H., Lieth H. (1967), *Klimadiagram-Weltatlas*. Fischer, Jena.