

ITALIA

Il futuro delle risorse idriche in un clima sempre più caldo *di Jacopo Pasotti*



Ricordate l'estate torrida del 2003? A partire da maggio, e poi fino a luglio, le temperature erano ben al di sopra delle medie stagionali registrate fino ad allora. Scarsissime le piogge, fiumi e torrenti si prosciugavano. Era molta di più l'umidità che il suolo restituiva all'atmosfera rispetto a quella che precipitava dall'atmosfera al suolo. Il fenomeno ha un nome: siccità. In genere si aspetta che passi, ma se non passa diventa un problema serio. Questo accade anche prima del momento in cui l'acqua smette di uscire dal rubinetto di casa.

All'inizio della stagione irrigua la pianura padana era secca e riarsa. Si soffriva nei campi, ma anche in città. La calura si com-

batteva con i megawatt: condizionatori al massimo e refrigeratori per gli alimenti che lottavano contro il caldo. I consumi energetici avevano raggiunto livelli record per la stagione, tanto da causare blackout elettrici in tutto il paese.

Quell'anno una serie di record climatici storici ha lasciato una traccia nella memoria comune. Poi però la storia è continuata, quei livelli si sono raggiunti nuovamente nel 2006, 2007, 2011 e 2012. E poi ancora nel 2015 (anche se per un periodo più breve). Ora un record del 2003 è stato superato: la temperatura massima di luglio 2015 ha segnato un record dal 1800 a oggi, e anche quest'anno il fantasma della crisi idrica ha occupato ampi spazi sui mezzi di comunicazione.

A questo punto potremmo ancora stupirci se nel 2016 regi-

A

SECCO

Effetto siccità. Il ponte della Becca sul Po in secca, in provincia di Pavia, a luglio 2003 durante un prolungato periodo di siccità. A fronte, lo stesso ponte in un periodo di piena in inverno.



strassimo una nuova estate «sahariana», con pozzi e fiumi prosciugati? Quante volte deve ripetersi l'anomalia per diventare un fenomeno ordinario? Vale la pena porsi la domanda, visto che i modelli climatici indicano proprio questo.

Il caldo non è una novità nel nostro paese. Ma vedere l'Italia strizzata da nord a sud nella tenaglia di un clima subtropicale è già più raro. «Il clima italiano è di tipo mediterraneo», spiega Antonio Navarra, presidente del Centro euro-mediterraneo sui cambiamenti climatici (CMCC). «Ci troviamo al bordo tra due fasce climatiche importanti: il clima subtropicale e arido del Nord Africa e quello temperato umido del centro Europa». Siamo insomma una terra di mezzo, un sipario che si apre e si chiude alternando due scenografie differenti, inverni umidi alternati a estati secche.

Questo sipario è più mobile di quanto immaginiamo, spiega Navarra, e dipende dal comportamento delle cosiddette «celle di Hadley»: due fasce simmetriche rispetto all'equatore, a scala planetaria, con correnti umide ascendenti all'equatore e correnti secche discendenti ai tropici. Queste fasce generano aree di alta pressione calde e secche semipermanenti, tra cui, nel nostro emisfero, l'anticiclone delle Azzorre e quello nord-africano. Dice Navarra: «I modelli climatici indicano che l'aumento dei gas serra sposta il ramo discendente della cella di Hadley e la zona di alta pressione subtropicale si sposta verso nord di qualche centinaio di chilometri. Così il carattere subtropicale del clima mediterraneo si accentua». Per i paesi lontani dal confine tra i due climi tutto questo potrebbe non avere un grosso impatto. Ma la penisola italiana «è seduta sul bor-

do, e noi siamo tra i primi a osservare gli effetti dello spostamento del confine climatico verso nord», spiega Navarra.

Le estati mediterranee sono insomma destinate a diventare più calde. Negli ultimi anni, tra l'altro, in estate l'anticiclone africano, più caldo e secco rispetto a quello atlantico, si è fatto più insistente: tende a scalzare l'anticiclone delle Azzorre, e quando si posiziona nel nostro settore blocca il passaggio di aria fresca dal nord o dall'Oceano Atlantico, aumentano le ondate di calore e i periodi siccitosi. Ma aumentano anche le piogge intense e violente, difficili da prevedere con i modelli attuali.

Modelli climatici più dettagliati

La novità però è che ora abbiamo modelli che possono aiutare a prevedere alcune criticità climatiche, dunque anche quelle idriche, a livello regionale per le diverse stagioni. È uno strumento nuovo, utile per prepararsi al futuro. Ma come mai lo strumento giunge ora, dopo cinque rapporti dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e decenni di studi? A spiegarlo è Paola Mercogliano, del Centro italiano ricerche aerospaziali (CIRA) e CMCC: «L'Italia è un paese particolare sia per morfologia che per posizione geografica. È composto da una varietà di microclimi: non esiste un clima italiano». Serve dunque un modello più dettagliato di quelli disponibili.

Finora i climatologi erano insoddisfatti dei modelli usati per descrivere gli scenari futuri in Italia. In sintesi, i modelli sono programmi al computer che calcolano la risposta dell'atmosfera al riscaldamento del Sole e della superficie terrestre. Per farlo, la Terra è suddivisa in una griglia e il computer applica complesse equazioni matematiche con cui, in ogni pixel della griglia, elabora il cambiamento di un parametro dell'atmosfera, come la temperatura o la concentrazione di vapore acqueo. Il problema era che la griglia usata aveva in media una risoluzione di circa 100 chilometri quadrati. Era insomma troppo larga per gli studi climatici in Italia. Un pixel poteva mostrare, per esempio, le stime di precipitazioni e temperature valutati tra il versante settentrionale e quello meridionale della catena montuosa che separa Liguria e Piemonte.

Ora però ad affiancare i modelli a scala globale esistono nuovi modelli regionali a maggiore risoluzione. Alcuni di essi hanno raggiunto un dettaglio di 25, al massimo 11 chilometri quadrati. Ma il modello usato da Mercogliano e colleghi è ancora più accurato: il dettaglio è di 8 chilometri quadrati, «una risoluzione altissima per gli studi climatici, più alta di quella impiegata mediamente in Europa», sottolinea Mercogliano. Grazie al modello chiamato COSMO-CLM, sviluppato da un consorzio europeo e messo a punto sull'Italia dagli scienziati di CMCC e CIRA, ora possiamo mettere il dito sulla carta e dire: ecco come sarà il clima dove vivo, sui campi che devo irrigare, sull'industria che devo far funzionare, sui pendii su cui devo prevenire le frane, sui boschi che devo proteggere dagli incendi e sui bacini idrici che devo regolare.

Mercogliano e colleghi hanno fatto girare il modello COSMO-CLM basandosi su due dei quattro scenari proposti nell'ultimo rapporto dell'IPCC e sulla loro capacità di modificare il bilancio

Jacopo Pasotti ha un passato da geologo e un presente da comunicatore scientifico, autore e giornalista. Ha vissuto in Australia e in Israele, ma lavora principalmente in Italia. Nel 2011 ha vinto il premio Piero Piazzano per il giornalismo scientifico e nel 2010 il Premio Internacional de Periodismo Ambiental Casa Mediterráneo.



Misure anti-caldo. Volontari della Protezione Civile distribuiscono acqua per le strade di Roma durante un'ondata di calore del 2012.

energetico terrestre. I quattro scenari dell'IPCC si chiamano *representative concentration pathways* (RCP): si va da RCP 8.5, noto anche come *business-as-usual*, secondo cui la concentrazione di anidride carbonica (CO₂) alla fine del secolo sarà tre-quattro volte più elevata rispetto ai livelli preindustriali, fino a RCP 2.6, scenario in cui intervengono azioni drastiche per una riduzione delle emissioni (questo scenario è da tutti giudicato troppo ottimista, inverosimile). C'è anche RCP 4.5, in cui saranno messe in atto alcune attività per ridurre le emissioni, così la concentrazione di CO₂ a fine secolo sarà contenuta a circa il doppio rispetto ai livelli preindustriali, e un altro scenario intermedio RCP 6.0.

In uno studio pubblicato su «International Journal of Climatology», Mercogliano e colleghi hanno analizzato le conseguenze degli scenari RCP 4.5, cioè quello possibile, e RCP 8.5, che seguiamo attualmente. Le variazioni climatiche sono valutate confrontando un periodo di riferimento (1971-2000) con gli scenari prodotti tra il 2071 e il 2100. Ecco i primi risultati.

Un futuro meno piovoso

Nel caso di RCP 4.5 l'aumento della temperatura media annuale in Italia è di 3,2 gradi Celsius per secolo, ma anche di 4 gradi nel caso del bacino del Po in inverno e su tutto il nord-ovest in estate. Continuando invece lungo la traiettoria di emissioni che seguiamo attualmente, sintetizzata in RCP 8.5, l'aumento della

IN BREVE

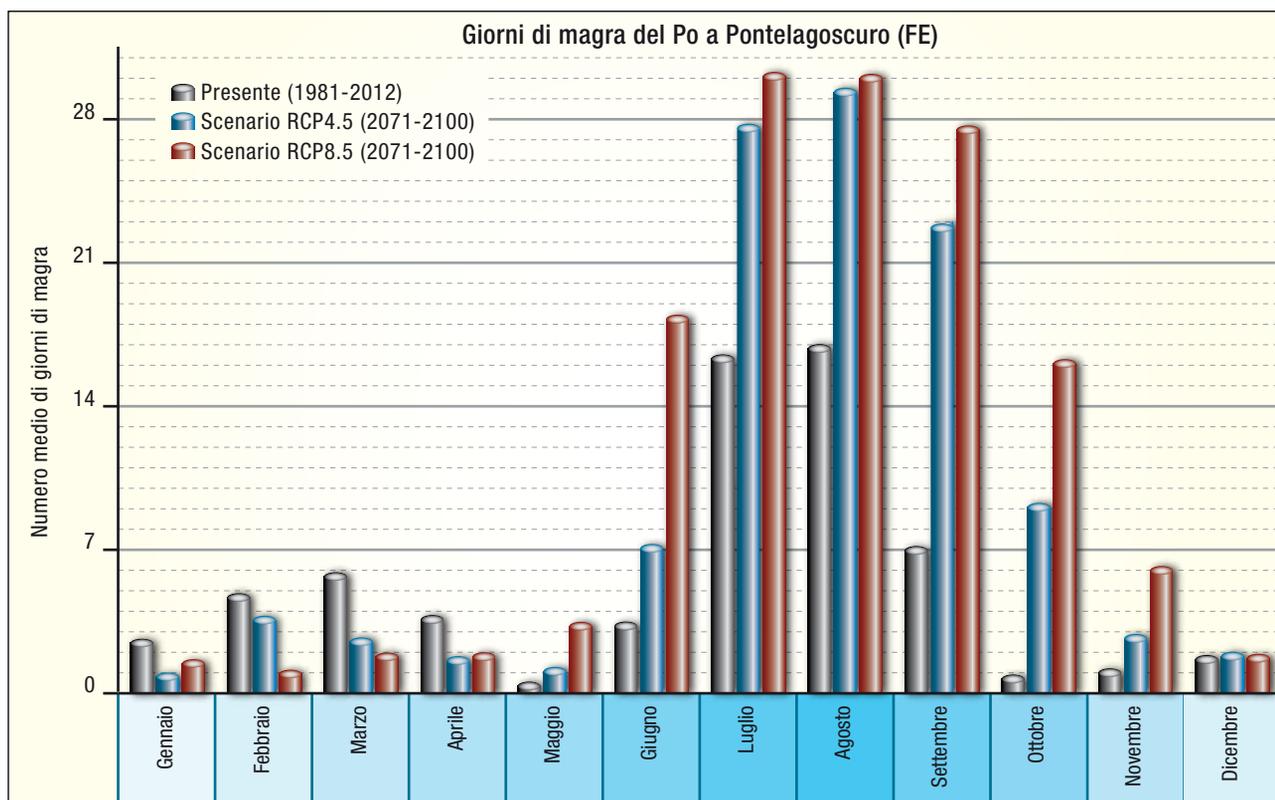
I modelli climatici indicano che all'aumentare della concentrazione di gas serra in atmosfera si accentua il carattere subtropicale del clima mediterraneo.

Il clima italiano diventerà più simile a quello del Nord Africa, con estati sempre più secche e una generale diminuzione delle precipitazioni.

Il bacino del Po potrebbe entrare in

crisi idrica più spesso rispetto a oggi, causando una maggiore difficoltà degli acquiferi a rigenerarsi e facendo perdere funzionalità a impianti per la produzione di energia idroelettrica,

con gravi conseguenze economiche. **In tutto il paese** potrebbe deteriorarsi l'acqua di falda, e al centro-sud sarebbero favoriti i processi di desertificazione.



temperatura media sarà di 6,3 gradi entro la fine del secolo. Nei mesi estivi le regioni settentrionali potrebbero registrare aumenti nella stagione estiva di più di 7,5 gradi.

Mediamente poverà di meno, ma non molto. I modelli prevedono un calo al massimo del 10 per cento rispetto al trentennio di riferimento. La riduzione si osserverà soprattutto al nord e nei mesi in cui sarebbe meglio che questo non avvenisse, cioè giugno, luglio e agosto. In questi mesi le precipitazioni potrebbero ridursi mediamente di 1,5-3 millimetri al giorno nella stagione estiva (al nord anche 3,5-4,5 millimetri al giorno nel caso di RCP 8.5). Le riduzioni saranno più accentuate nelle aree alpine. Secondo gli scienziati, al nord (soprattutto in Liguria) e al centro aumenteranno le precipitazioni invernali (anche più di 4-5 millimetri al giorno nel caso di RCP 8.5), accentuandone la stagionalità.

«Il nostro modello indica un aumento generale della temperatura e un calo delle precipitazioni, soprattutto in primavera e in estate», sintetizza Mercogliano. «Gli inverni saranno più umidi, ma estati e primavere saranno decisamente più secche nelle regioni settentrionali, dalla Liguria fino a Friuli-Venezia Giulia e Veneto».

Certo, i valori medi annuali sono un indice un po' vago, in un quadro in cui gli scienziati insistono su un clima che si sta estremizzando. «Il nostro modello non si limita ai valori medi annuali, fornisce anche indicazioni su eventi estremi e medie stagionali», sottolinea Mercogliano. Aumentano gli eventi meteo estremi come i periodi aridi, cioè giorni consecutivi con precipitazioni inferiori a un millimetro al giorno, che in regioni come la Toscana potrebbero aumentare tra il 30 per cento, secondo RCP 4.5, e l'80 per cento, in base a RCP 8.5. Aumentano anche le cosiddette «notti tropicali» (giorni in cui la temperatura minima è superiore a 20 gradi) e i giorni «estivi» (un aumento dai 10 ai 20 giorni con temperature massime sopra ai 25 gradi) e, anche, le precipitazioni intense (eventi piovosi che superano i 20 millimetri in un giorno).

A causa del generale aumento di temperatura, da un lato le precipitazioni diminuiscono, dall'altro la loro intensità aumenta. Ecco la radiografia della nuova configurazione meteo-climatica del nostro paese: una sorta di ibrido subtropicale-mediterraneo.

Il Po, estati asciutte?

Quello che colpisce nello studio del CMCC è il forte impatto del cambiamento climatico sulle regioni settentrionali, in particolare sul bacino del Po, il cui futuro idrologico è stato discusso su «Science of the Total Environment». «Il Nord Italia deve fronteggiare l'acuirsi di due problemi: da un lato ci saranno inverni con maggiori precipitazioni e un possibile aumento del rischio di inondazioni, dall'altro in estate il rischio di magre del Po sarà più frequente», spiegano Mercogliano e Renata Vezzoli del CMCC, autrici della ricerca, effettuata in collaborazione con il Servizio Idro-Meteo-Clima dell'ARPA dell'Emilia-Romagna.

Il bacino del Po è il più esteso d'Italia: copre una superficie di 71.000 chilometri quadrati, e alla foce ha una portata media di 1540 metri cubi al secondo. Nell'ultimo decennio il Po ha assunto diverse volte l'aspetto di un immenso nastro di sabbia e ghiaia che tagliava la Pianura Padana. Gli anni 2003, 2005, 2006 sono ricordati come quelli della grande magra: il minimo risale al 2005, quando alla foce è stata misurata una portata di 234 metri cubi al secondo. Oltre alle industrie si sono bloccati per lunghi periodi centrali termoelettriche, allevamenti e agricoltura. Diverse volte si è temuta la cosiddetta inversione marina: l'acqua salata risale dall'Adriatico nel delta del Po, con impatto sugli ecosistemi e, ovviamente, nella falda acquifera, con impatto anche sugli usi civili. Negli anni cinquanta questa risalita poteva essere di 2-3 chilometri, oggi l'acqua marina può penetrare anche per 20 chilometri.

Anche quest'anno il Po si è rinsecchito, un evento a cui non possiamo abituarci. Affinché funzioni il paese, deve funzionare

il bacino del Po. Nel ventaglio dalla foce fino alle vette alpine si forma il 40 per cento del prodotto interno lordo italiano. Il bacino del Po sostiene il 37 per cento dell'industria, il 35 per cento della produzione agricola e il 55 per cento della zootecnia nazionali. E infine produce il 50 per cento dell'energia idroelettrica e un terzo di quella termoelettrica. Ma il Po non può funzionare se le sue vene si inaridiscono.

Secondo lo studio di Vezzoli e colleghi, il Po potrebbe entrare in crisi idrica molto più spesso di quanto sia avvenuto fino a oggi a causa della combinazione fra temperature elevate, riduzione delle precipitazioni e aumentata richiesta anche per prelievi irrigui. Il risultato più clamoroso riguarda il numero di giorni di magra del Po a Pontelagoscuro, poco a monte del delta, previsti entro fine secolo. Gli eventi di magra sono definiti rispetto alla soglia «di allarme», che a Pontelagoscuro si supera quando la portata del fiume scende sotto gli 824 metri cubi al secondo. Se oggi, tra luglio e agosto, le statistiche indicano circa due settimane di magra per mese, in futuro il Po sarà permanentemente sotto la soglia di allarme di magra in quei mesi, e per circa due settimane anche nel mese di settembre. Tutto questo indipendentemente dallo scenario considerato (RCP 4.5 o RCP 8.5). Parliamo insomma di dieci settimane di magra invece di due (*si veda il grafico a p. XX*).

Ma tutto questo riguarda un futuro lontano? Non proprio. Nella zona di Piacenza, tra il 1932 e il 1987 la portata media di agosto era di circa 1000 metri cubi al secondo. Tra il 1991 e il 2012 questo valore è già sceso a circa 800 metri cubi al secondo.

In sintesi, si prospettano 2,5 mesi di magra in estate, quando evaporazione e traspirazione mettono a dura prova le coltivazioni e l'afa frena l'industria zootecnica. I terreni si induriscono e le autorità provvedono a razionare le risorse idriche, mentre cresce la competizione tra i diversi settori per l'impiego delle riserve.

Il meridione e il deserto che cresce

Ovviamente il problema idrico non riguarda solo il nord, anzi. Più di un quinto del territorio italiano è classificato a rischio di desertificazione. Già il termine richiama il nostro legame con il Nord Africa, e una certa distanza dal resto dell'Europa centrale e settentrionale. La desertificazione nel meridione e nelle isole è cronica. È un fenomeno complesso, dovuto non solo al clima, ma anche alle caratteristiche e all'uso del suolo, ed è in espansione: aumentano le aree il cui suolo, compattato, eroso, impermeabilizzato e salinizzato si impoverisce e diventa sterile. La desertificazione è un processo che tende ad autoalimentarsi. Un terreno che si secca in profondità non si accontenta di poche piogge, anche forti, per ripristinare un discreto livello di umidità. E un terreno secco, tra l'altro, inibisce l'innescarsi di quei brevi temporali estivi locali che restituiscono un po' di umidità al terreno stesso.

Tra il sud e le isole il 40 per cento del suolo è minacciato da intensi processi di degrado. Dal 1999 esiste un piano nazionale per la lotta alla desertificazione, che fornisce alle autorità le linee guida per combattere il degrado del suolo soprattutto per quanto riguarda le attività umane: corretta gestione delle foreste, prevenzione degli incendi, pianificazione territoriale che tenga conto del carattere del suolo. Ma la lotta contro il deserto che avanza è impari, soprattutto se il clima rema contro.

Ed è proprio questo che osservano Luca Salvati e Luigi Perini, entrambi del Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura, in uno studio sulla aridità in Italia, pubblicato su «Ecological Indicators». In diverse aree del paese il fenomeno della siccità sta mutando in uno stato di aridità. La differenza fra aridità

Vite che sale, olivo che ha sete

Diversi settori economici e industriali iniziano a valutare i possibili impatti del nuovo quadro climatico. Il settore agricolo comincia a pensare a strategie di adattamento, sebbene non sia l'unico. Basta vedere i rischi che corrono alcune colture caratteristiche dell'Italia, vite e olivo, per capire che in gioco c'è ben di più dell'aumento delle vendite riguardanti sistemi di condizionamento per gli appartamenti.

«L'areale della vite si sposterà verso nord, aumentando la competizione con altri paesi produttori», spiega Marco Bindi, professore di agronomia all'Università di Firenze. «In Italia la fascia di coltivazione salirà di quota. Il Chianti, ora prodotto da vitigni collocati intorno ai 200 metri di altitudine, si sposterà a 400 metri, il che comporterà una riduzione delle aree coltivabili; un po' per l'idoneità dei suoli, un po' perché si sovrapporrà ad aree forestali». Il rischio, in sintesi, è soprattutto quello della riduzione di aree dedicate a vini di alta qualità.

Per l'olivo potremmo assistere a un anticipo delle fioriture e al rischio che coincida con eventi estremi. «Dobbiamo anche attenderci una maggiore incidenza di fitopatie, come la mosca del 2014 e l'occhio di pavone di quest'anno, anche attacchi come quelli di *Xylella fastidiosa* avvengono con maggiore facilità su colture stressate», spiega Bindi. Al momento, solo l'8 per cento delle coltivazioni di olivo richiedono irrigazione, ma in un clima che si inaridisce la domanda di acqua per uso agricolo è destinata a crescere. Questi sono solo due esempi, ma frumento, mais e girasole avranno rese minori. I pascoli alpini subiranno una riduzione anche del 15-20 per cento lungo la catena appenninica. «Per il settore agricolo stimiamo che le perdite sul PIL possano essere dello 0,7 per cento per un aumento di 2 gradi e del 2 per cento per un aumento di 4 gradi», conclude Bindi.

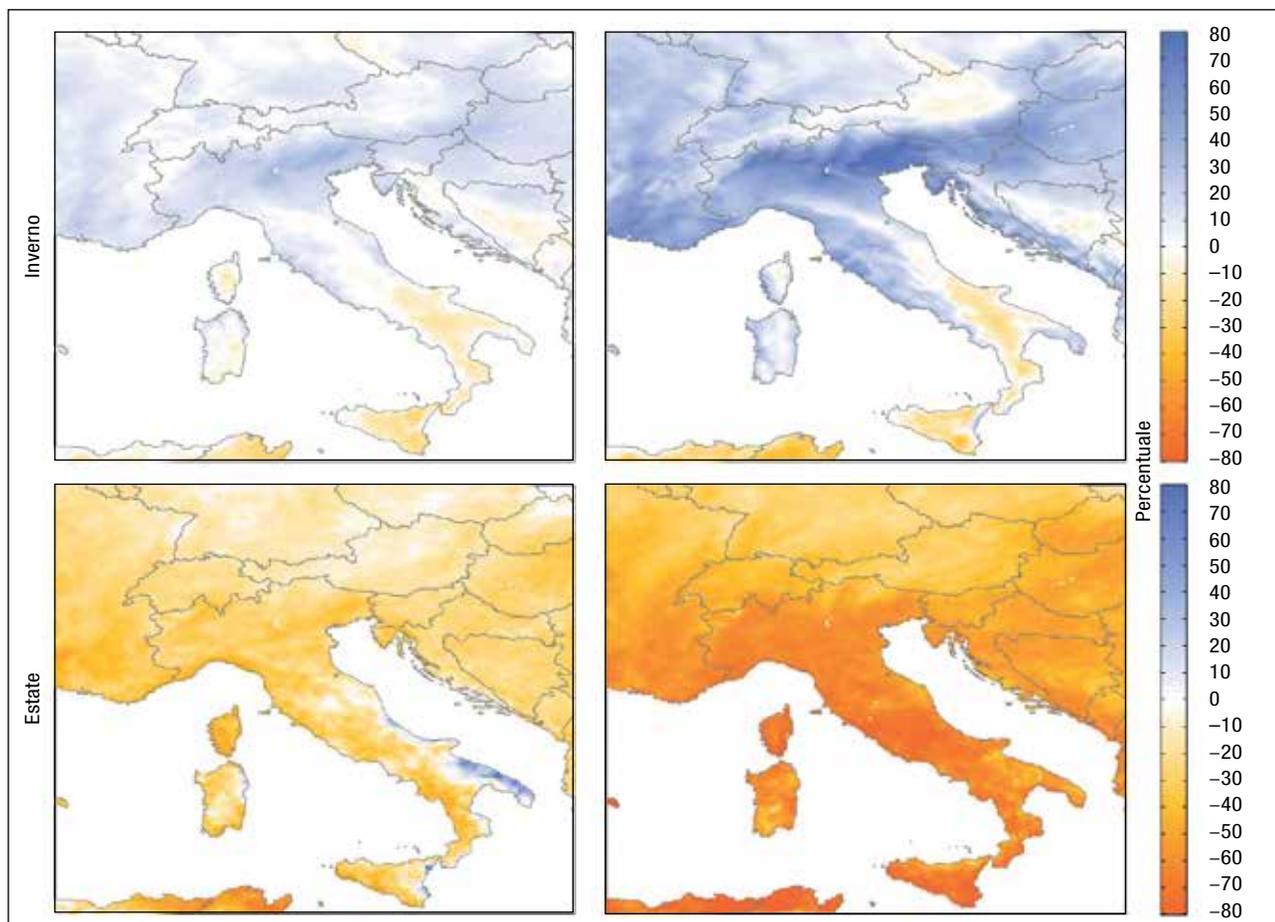
e siccità non è sottile: è equivalente a quella fra clima e tempo meteorologico. La siccità spaventa ma passa, l'aridità è invece una condizione con cui si deve convivere a lungo. In un clima arido il deserto si combatte con la cura del suolo e tanta acqua. Ci vuole insomma più acqua di quanta ne evapori e ne traspirino le piante.

Purtroppo in Italia le precipitazioni sono meno abbondanti, qualitativamente meno efficaci e peggio distribuite nell'arco dell'anno, dicono i due esperti. Assistiamo al graduale aumento dell'aridità in tutto il paese, almeno a partire dalla metà del Novecento e in accelerazione negli ultimi trent'anni, concludono Salvati e Perini. In estate 14 regioni su 20 soffrono di precipitazioni incapaci di compensare evaporazione e traspirazione e forse questo non ci stupisce. Purtroppo gli studiosi hanno osservato anche che sono in aumento le aree in cui a primavera il rapporto tra precipitazioni ed evapotraspirazione è deficitario. Al sud basta poco per fare il salto e passare da un carattere mediterraneo a uno arido. Tant'è che secondo i due esperti la Sardegna è diventata una regione arida. Per le altre le criticità sono stagionali, ma la Sardegna è seguita da vicino da Puglia, Calabria, Sicilia, Basilicata.

Come mitigare gli impatti

Come evitare quindi di trovarsi a fine secolo a promuovere escursioni nel neonato «deserto italiano» e sostenere invece un territorio produttivo? Aspetteremo il momento in cui l'acqua non sgorgherà più dal rubinetto? Secondo l'Organizzazione per

Che pioggia farà? Mappe alla migliore risoluzione raggiunta per le stagioni invernali e estive, per gli scenari RCP 4.5 (colonna di sinistra) e RCP 8.5 (colonna di destra) entro fine secolo. Indicano le percentuali delle variazioni di precipitazione annuale per queste stagioni.



la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) il nostro paese soffrirà di un aumento fino al 25 per cento del deficit idrico, a causa della combinazione di diminuzione della risorsa e aumento della domanda, soprattutto per uso agricolo. Nel 2003 la mancata produzione di energia idroelettrica ha causato perdite complessive per 280 milioni di euro; la siccità del 2007 ha fatto registrare un impatto perfino maggiore: 670 milioni di euro.

In futuro il deficit idrico nel bacino del Po causerà una maggiore difficoltà degli acquiferi a rigenerarsi e un peggioramento delle qualità dei suoli difficile poi da ripristinare. Lunghi periodi di siccità favoriranno anche una maggiore esposizione a inondazioni e frane. Alcune opere per la produzione di energia idroelettrica potrebbero perdere funzionalità. Potrebbe deteriorarsi l'acqua di falda e, soprattutto nel centro-sud, sarebbero favoriti i processi di desertificazione. Addirittura la navigazione di laghi e fiumi potrebbe subire l'impatto delle magre frequenti.

Con lo scarseggiare di una risorsa dovrebbe migliorare la gestione, vero. Ma ora bisogna dare spazio a un attore che, da comparsa, è diventato un attore protagonista: il cambiamento climatico. In particolare il riscaldamento dell'atmosfera e l'alterazione della distribuzione e stagionalità delle precipitazioni.

«Dobbiamo studiare in anticipo l'impatto della tropicalizzazione sulle risorse idriche e adottare strategie di mitigazione e adattamento», spiega Navarra. «È come fare un'assicurazione». Tutto questo ha un costo, ovvio, ma il risparmio rispetto ad agire in

emergenza è indubbio. E ora che scarseggia, la risorsa idrica non è più solo un problema di natura ingegneristica, come è stato considerato fino a oggi, ma è anche una questione di natura economica e sociale, spiega Roberto Roson, economista all'Università Ca' Foscari di Venezia. Proprio quest'anno poi, le Nazioni Unite hanno pubblicato un rapporto dal titolo *L'acqua per un mondo sostenibile*, in cui avvertono che i consumi idrici, soprattutto agricoli ed energetici, sono insostenibili, e la domanda globale crescerà del 55 per cento entro il 2050. Prima di entrare in una fase di emergenza idrica «bisogna rivedere le politiche che coinvolgono le risorse idriche – dice Roson – attribuendo un valore, anche economico, mai riconosciuto all'acqua». Valore che si riconosce a qualunque bene comune, in particolare quando scarseggia. ■

PER APPROFONDIRE

Extreme Temperature and Precipitation Events Over Italy: Assessment of High-Resolution Simulations with COSMO-CLM and Future Scenarios. Zollo A.L., Rillo V., Bucchignani E., Montesarchio M., Mercogliano P., in «International Journal of Climatology», pubblicato on line il 30 giugno 2015. doi: 10.1002/joc.4401.

High-Resolution Climate Simulations with COSMO-CLM Over Italy: Performance Evaluation and Climate Projections for the XXI Century. Bucchignani E., Montesarchio M., Zollo A.L., Mercogliano P., in «International Journal of Climatology», pubblicato on line il 15 maggio 2015. doi: 10.1002/joc.4379.

Assessing Trends in Climate Aridity and Vulnerability to Soil Degradation in Italy. Colantoni A., Ferrara C., Perini L., Salvati L., in «Ecological Indicators», Vol. 48, pp. 599-604, gennaio 2015.