

Nuove tecniche per la valutazione dell'irradianza ultravioletta solare e del contenuto colonnare di ozono: è ancora necessaria la misura da terra?

Diémoz H.

ARPA Valle d'Aosta, loc. Grande Charrière 44, 11020 Saint-Christophe (AO)
Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Scienze dell'Atmosfera e del Clima, via Fosso del Cavaliere,
100, 00133 Roma
h.diemoz@arpa.vda.it

Siani A.M., Casale G. R.

Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma, P.le A. Moro, 5, 00185 Roma
annamaria.siani@uniroma1.it, giuseppe.casale@uniroma1.it

G. Laschewski

Deutscher Wetterdienst, Centre for Human-Biometeorological Research, Stefan-Meier-Str.
479104 Freiburg, Germany
gudrun.laschewski@dwd.de

INTRODUZIONE

La recente comparsa di episodi di assottigliamento dello strato di ozono (“buco dell'ozono”) al polo nord, in aggiunta al fenomeno analogo osservato da maggior tempo al polo sud, e la comprensione dei legami che sussistono tra cambiamento climatico, composizione atmosferica e radiazione in arrivo alla superficie del pianeta, confermano l'importanza scientifica, nonché la rilevanza pratica, del monitoraggio della radiazione ultravioletta (UV) solare e dell'ozono colonnare. La strumentazione da terra, finora considerata il riferimento insuperato, ed il suo mantenimento richiedono necessariamente una elevata esperienza da parte dell'operatore, delicate politiche di taratura e investimenti regolari. Gli ultimi decenni, tuttavia, hanno visto progredire e diffondersi, in seno alla comunità scientifica, nuove tecniche di misura, basate ad esempio su radiometri satellitari, o di stima previsionale, a partire da modelli meteo e di trasporto radiativo. Tali dati sono facilmente reperibili in rete, spesso senza costi aggiuntivi. Da qui la domanda: vale ancora la pena investire nella strumentazione *ground-based*, in un momento di contrazione delle risorse? Quali sono i limiti tecnologici e intrinseci, e quali i vantaggi, delle fonti alternative di informazione?

SERIE DI DATI

Per rispondere a queste domande, sono state prese in considerazione le serie di misure pluriennali, ottenute con strumenti allo stato dell'arte ed elaborazioni secondo gli standard correnti, di irradianza UV (in termini di Indice UV) e di contenuto colonnare dell'ozono presso le stazioni di monitoraggio in Valle d'Aosta (Saint-Christophe, 570 m slm, La Thuile, 1640 m slm, e Plateau Rosa, 3500 m slm) e a Roma (75 m slm). Le due regioni di studio si rivelano interessanti e impegnativi banchi di prova: la prima area è caratterizzata da un territorio ad orografia complessa, a forte gradiente verticale, e coperto di neve in parte rilevante dell'anno; la seconda da elevate concentrazioni di aerosol.

Gli indici UV nei siti valdostani sono stati misurati con radiometri a banda larga per le stazioni di La Thuile e Plateau Rosa. Poiché a Saint-Christophe sono presenti sia un radiometro a banda larga sia uno spettroradiometro UV, e le misure dei due strumenti sono confrontabili entro le rispettive incertezze, le due serie sono state unite in modo da coprire eventuali interruzioni. L'indice UV di Roma, invece, è stato misurato tramite uno spettrofotometro Brewer MkIV. Lo stesso Brewer

(#067) è stato utilizzato, inoltre, per quantificare il contenuto colonnare di ozono a Roma e uno strumento simile (#066) per misurare l'ozono a Saint-Christophe.

Le misure di indice UV e di ozono sono state confrontate quantitativamente, a titolo di esempio, con due tra le numerosi fonti di informazione reperibili in rete:

1. le stime da radiometro satellitare (Aura-OMI), reperibili attraverso l'interfaccia GIOVANNI sviluppata dalla NASA (<http://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>). OMUVBd L3 (Daily Gridded Surface UV Irradiance, risoluzione 1°x1°, globale) è il prodotto scelto per il confronto con l'indice UV e rappresenta il tasso dose eritemale stimato al mezzogiorno solare locale. Il prodotto OMT03e L3 (Daily global TOMS-Like Total Column Ozone gridded product, 0.25°x0.25°) è stato scelto per l'ozono. Il dato è ottenuto selezionando il pixel "migliore" (minor distanza dal punto considerato e superamento dei controlli di qualità al livello 2). Per ulteriori informazioni, si vedano le pagine web riportate in bibliografia [GCMD OMUVBd, GCMD OMT03e]. Il confronto tra misure e satellite è fatto per gli anni 2011-2015;

2. le previsioni a larga scala del centro Deutscher Wetterdienst (DWD), emesse quotidianamente sulla base di modelli meteorologici e di trasporto radiativo. In particolare, fino al 2014, sono stati considerati gli output del modello di previsione globale Operational Global Icosahedral–Hexagonal Gridpoint Model (GME). Dal 2015, invece, il centro tedesco è passato al modello ICOSahedral Nonhydrostatic (ICON). Poiché gli output dei modelli sembrano avere prestazioni confrontabili, saranno considerati nel seguito come un'unica fonte (DWD). Il confronto tra misure e previsioni è operato sugli anni 2012-2015. Le misure nel periodo giugno 2014 – gennaio 2015, cioè durante la transizione tra i due modelli, sono state scartate a causa di evidenti malfunzionamenti del sistema di previsione dell'ozono, con ovvi effetti anche sull'irradianza UV.

METODOLOGIA

Ai fini di confrontare le serie ottenute per i diversi siti e dalle diverse fonti, sono stati impiegati indicatori statistici utili a descriverne il grado di accordo medio e la dispersione attorno a tale valore: il coefficiente di correlazione non parametrico di Spearman (RHO), la differenza media (BIAS), l'errore quadratico medio (RMSE) e la deviazione standard (SD). Il confronto tra gli indici UV è operato in termini di differenze assolute, non percentuali, per non dare eccessiva importanza a piccole discordanze durante l'inverno che darebbero origine a elevate differenze percentuali (a causa dei bassi valori medi di irradianza durante tale stagione). Un'altro parametro utile introdotto per l'indice UV e di interesse ai fini radioprotezionistici è la percentuale degli "allarmi mancati", in cui la stima da satellite o la previsione sono inferiori all'irradianza massima effettivamente misurata in un determinato giorno. A questo proposito, sono state scelte due soglie: giorni in cui la differenza supera 1 indice UV (sottostima media) e giorni in cui la differenza supera 2 indici UV (sottostima elevata). Per il confronto dei contenuti di ozono colonnari, è stato scelto, inoltre, come indicatore statistico l'errore medio assoluto percentuale (MAPE).

Al fine di confrontare misure e stime quasi-simultanee, sono stata imposte differenze temporali massime di 10' nel caso di serie da radiometri a banda larga e da spettroradiometro e di 60' nel caso di misure da Brewer.

RISULTATI

Descriviamo, innanzitutto, il confronto per l'ozono (tab. 1), dal quale dipende poi il confronto dell'indice UV. Gli elevati indici di correlazione indicano che il ciclo stagionale e la presenza di valori anomali (alti/bassi) sono correttamente stimati/previsti dalle fonti alternative rispetto alle misure. Una particolare osservazione va fatta per l'importante bias negativo tra satellite e misura a Saint-Christophe: probabilmente la risoluzione di OMI (dimensioni del pixel di 13-24 km² al nadir) non è sufficiente a risolvere adeguatamente l'orografia complessa della Valle d'Aosta e una parte dell'ozono troposferico risulta, perciò, mancante. L'errore medio assoluto percentuale nel caso

delle previsioni e di OMI è generalmente più elevato di quanto si possa ottenere con strumenti *ground-based* allo stato dell'arte e tarati (per i Brewer, tipicamente $\pm 1\%$). Quando il confronto è eseguito separatamente per ogni stagione (non mostrato), si nota che durante la primavera e l'estate le prestazioni sia del modello del DWD sia di OMI diminuiscono (es. peggior correlazione tra Brewer e DWD: Saint-Christophe in estate, $RHO=0.79$; peggior correlazione con OMI: Roma in estate, $RHO=0.9$).

In tab. 2 sono, invece, elencati gli indicatori del confronto tra indici UV. Anche in questo caso la correlazione è molto alta. Tuttavia, gran parte di tale correlazione proviene banalmente dal ciclo stagionale dell'elevazione solare, comune a tutte le serie. Un confronto più accurato (previsto per il futuro) dovrebbe essere condotto in termini di rapporto tra irradianza effettivamente misurata e irradianza da modello nel caso di cielo sereno (tenendo correttamente conto della posizione del sole e del contenuto di ozono colonna), per quantificare esclusivamente la capacità del modello o del radiometro satellitare di "vedere" l'effetto della nuvolosità. Tuttavia, un semplice confronto come quello qui riportato può essere comunque rappresentativo dell'utilità per un qualsiasi utente che voglia conoscere, in un giorno dell'anno, l'indice UV e decida di affidarsi a una previsione o a una stima da satellite. A questo proposito, benché i bias e le deviazioni standard delle differenze siano relativamente bassi, particolarmente pericolose ai fini della radioprotezione sono le sottostime. Ad esempio, a Plateau Rosa, nel 20% dei giorni la previsione DWD sottostima di almeno 1 indice UV l'irradianza reale e nel 9% dei giorni di almeno 2 indici UV. Nell'analisi stagionale (fig. 1), le sottostime peggiori sono a Plateau Rosa in estate per le previsioni DWD (47% dei giorni sottostime di almeno 1 UVI) e a Saint-Christophe in primavera per le stime OMI (35% dei giorni sottostime di almeno 1 UVI). In quest'ultimo caso, è probabile che la neve al suolo, ancora presente in primavera sulle montagne attorno alla stazione valliva di Saint-Christophe, venga interpretata da satellite come copertura nuvolosa e il dato venga erroneamente scalato.

Tabella 1 - Ozono

Confronto	RHO	BIAS (DU)	MAPE (%)	RMSE (DU)	SD
Brewer-DWD (Saint-Christophe)	0.96	-1.4	3	12	12
Brewer-OMI (Saint-Christophe)	0.98	-7	2	10	8
Brewer-DWD (Roma)	0.95	5	3	12	11
Brewer-OMI (Roma)	0.97	-1	1.9	8	8

CONCLUSIONI

Si sono riportati i risultati di una indagine preliminare sulle prestazioni di modelli previsionali e stime satellitari di indice UV e ozono rispetto alle misure *ground-based*. Benché una analisi più dettagliata, prevista per il futuro, richiederebbe di classificare i dati in funzione della copertura nuvolosa del cielo, del carico di aerosol, della distanza tra il piede del satellite e il punto di misura, ecc., si possono comunque tracciare alcune conclusioni generali. Previsioni e stime satellitari raggiungono le prestazioni attese nel quadro dei loro limiti intrinseci (dimensione del pixel e del grigliato modellistico, incertezza di previsione, difficoltà di distinguere tra neve e nubi, ecc.). Una stima puntuale accurata è, tuttavia, ancora prerogativa della sola strumentazione a terra. In particolare, è necessario prestare molta attenzione in caso di considerazioni radioprotezionistiche o epidemiologiche, poiché la frequenza di sottostime da parte delle fonti alternative può essere anche molto elevata.

Tabella 2 – Indice UV

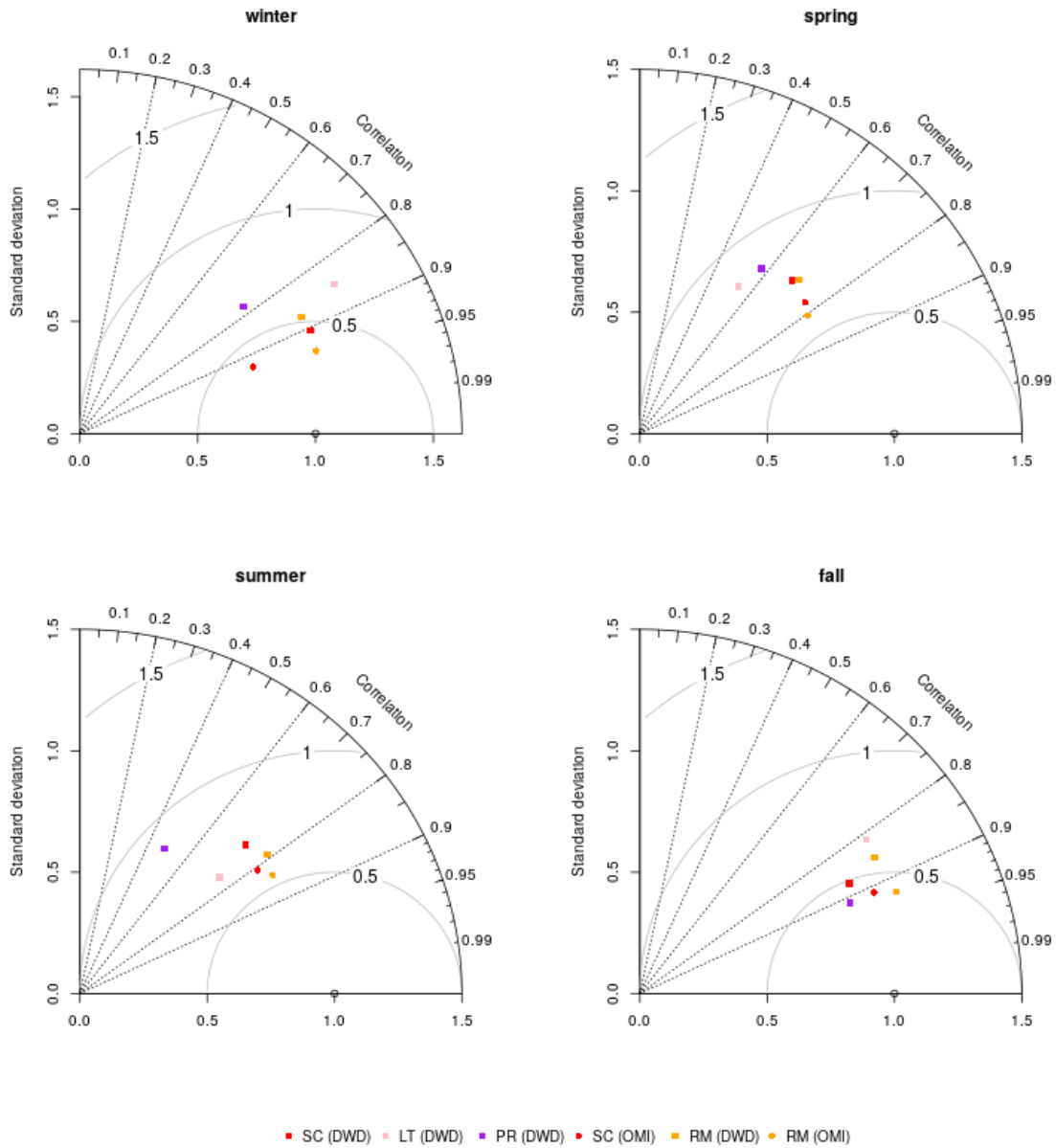
Confronto	RHO	BIAS (UVI)	RMSE	SD	% giorni sottostime 1 UVI	% giorni sottostime 2 UVI
Misura-DWD (Saint-Christophe)	0.90	0.3	1.2	1.1	8	4
Misura-OMI (Saint-Christophe)	0.93	0.015	1.0	1.0	10	3
Misura-DWD (La Thuile)	0.88	0.8	1.2	1.0	1.3	0.6
Misura-DWD (Plateau Rosa)	0.90	-0.3	1.5	1.5	20	9
Misura-DWD (Roma)	0.92	0.35	1.1	1.0	5	1.6
Misura-OMI (Roma)	0.95	0.5	1.0	0.8	2	0.5

Bibliografia

GCMD OMUVBd, sito Internet: http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=GES_DISC_OMUVBd_V003, ultimo accesso 12/05/2016

GCMD OMT03e, sito Internet: http://gcmd.gsfc.nasa.gov/KeywordSearch/Metadata.do?Portal=GCMD&MetadataType=0&MetadataView=Full&KeywordPath=&EntryId=GES_DISC_OMT03e_V003, ultimo accesso 12/05/2016

Figura 1



Diagrammi di Taylor per i confronti di indice UV nei diversi siti (Saint-Christophe – SC, La Thuile – LT, Plateau Rosa – PR e Roma - RM), con le diverse fonti e per ogni stagione dell'anno. Il punto (1,0) è il riferimento (misura, con deviazione standard normalizzata a 1). L'angolo azimutale rappresenta la correlazione tra le serie, la distanza dal punto (1,0) l'errore quadratico medio centrato (SD) anch'esso normalizzato a 1.