

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL TERRITORIO DALLO SPAZIO (4)

Maurizio FEA, Associazione Geofisica Italiana (AGI), con la collaborazione di Alberto Baroni (SERC0) - Immagini: cortesia dell'European Space Agency (ESA/ESRIN) e della Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA).

### Alla fine del mondo

Quasi 104 anni fa, a solo un migliaio di chilometri dall'insospitale Antartide una ferrovia a scartamento ridotto iniziò il suo servizio tra la prigione istituita dal governo argentino nella città di Ushuaia e la zona dove i detenuti avevano i campi di lavoro forzato per l'abbattimento di alberi: era "el Tren del Fin del Mundo"! Una versione moderna di questo treno oggi ripercorre quel cammino per i turisti nel Parco Nazionale della Terra del Fuoco. "Il nome *Terra del Fuoco* fu dato per primo nel XVI secolo dai marinai europei (si dice da Ferdinando Magellano nel 1520 - N.d.R.) che transitavano davanti alle sue coste notando dei fuochi accesi dagli indigeni per proteggersi dal freddo" (Wikipedia), e, forse, per impressionare le truppe di Magellano. Quattro secoli più tardi, ancora una volta il contributo determinante degli italiani permise l'inizio dell'evoluzione di quelle terre di frontiera: "Il 28 ottobre 1948, dopo 32 giorni di oceano, la *M/n Genova* giunge ad Ushuaia con un carico umano colmo di speranze e con le stive stracolme di materiale." (da *Mare Nostrum*: [http://www.marenostrumrapallo.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=168:ushuaia&catid=36:storia](http://www.marenostrumrapallo.it/index.php?option=com_content&view=article&id=168:ushuaia&catid=36:storia)). Facendo riferimento, come sempre, alle brevi note pubblicate su questa Rivista nel 2004, l'arcipelago della Terra del Fuoco è qui illustrato attraverso l'analisi e l'interpretazione di immagini rilevate da satellite in diverse bande spettrali con i metodi tipici del telerilevamento. I portali web dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) ([www.esa.int](http://www.esa.int), [earth.esa.int](http://earth.esa.int)) ed il sito web Eduspace, sviluppato dall'ESA per scopi educativi in nove lingue e disponibile all'indirizzo [www.esa.int/eduspace](http://www.esa.int/eduspace), offrono un utile e ricco complemento, così come i portali di altre istituzioni che operano nel campo dell'osservazione della Terra. Al succitato sito Eduspace, in particolare, si rimanda per gran parte dei dettagli metodologici e di elaborazione dei dati da satellite, che qui non è possibile approfondire.

### Un'isola divisa in due

L'arcipelago della Terra del Fuoco è costituito da un'isola molto grande e da una miriade di piccole isole, divise tra loro da un'incredibile numero di canali naturali, e si trova tra i 52° e 54° Sud e i 64° e 71° Ovest. La maggior parte dell'arcipelago appartiene al Cile e costituisce una delle quattro province della XII Regione cilena, la più meridionale del Cile, mentre l'Argentina ne possiede una parte relativamente piccola nel settore orientale. L'isola più grande della Terra del Fuoco, la *Isla Grande*, è separata dal continente sud-americano dallo Stretto di Magellano ed è divisa politicamente quasi a metà: il triangolo orientale è l'unico territorio argentino dell'arcipelago e la città di Ushuaia ne è la capitale, mentre la parte occidentale, un poco più grande, è cilena e la città di Porvenir ne è la capitale. A causa della latitudine e delle condizioni climatiche prevalenti, la Terra del Fuoco è molto spesso coperta da nubi, così che non è facile ottenere un'immagine dell'intero territorio libero da nubi. Infatti, l'immagine di copertina, acquisita dallo strumento MERIS del satellite Envisat il 29 ottobre 2005 e visualizzata in colori naturali (RGB 752), mostra cielo sereno sulla parte centro-orientale della regione, mentre nel settore sud-occidentale prevale una densa copertura nuvolosa in basso a sinistra, preceduta da una banda obliqua di natura cirriforme, che lascia intravedere le colline ancora innevate nella primavera australe. In alto a sinistra l'immagine mostra la Patagonia sud-orientale, nella parte meridionale della provincia argentina di Santa Cruz, e l'estuario del Rio Gallegos, sulle cui sponde si trova l'omonima capitale della provincia. Proseguendo verso SE, il continente sud-americano, dopo una propaggine di territorio cileno fino all'Oceano Atlantico, finisce con lo Stretto di Magellano, che, collegando l'Oceano Pacifico e l'Oceano Atlantico, segna la fine meridionale del continente sud-americano: da qui inizia l'arcipelago della Terra del Fuoco. Al centro dell'immagine appare l'Isola Grande (*Isla Grande*), che, appunto, ha dimensioni molto più grandi di tutte le altre isole; quest'isola, a sua volta, dopo il lungo lago Fagnano termina a Sud con il Canale Beagle. La parte centro-settentrionale dell'Isola è coperta da tundra, steppa e aree fredde quasi desertiche, mentre la parte meridionale è coperta da foreste (tonalità verde più scuro) di vari tipi di alberi, tra i quali anche delle conifere. È interessante notare che le tonalità di verde molto chiaro lungo le coste atlantiche sono associabili a sedimenti sospesi trasportati dalle fredde correnti costiere di provenienza meridionale e a risalite di fitoplancton dai livelli più profondi generati dalle stesse correnti e, quindi, indicano zone particolarmente ricche di nutrienti per la fauna ittica e i mammiferi marini.

### Un'occhiata più da vicino in altre stagioni

È opportuno sottolineare che, per mostrare i dati in coordinate orbitali, nessuna delle immagini da satellite qui illustrate è stata georeferenziata, quindi, per avere la corretta proiezione geografica occorrerebbe ruotarla di circa 10° in senso orario. L'immagine multispettrale (Fig. 1), rilevata dal satellite Landsat-7 il 14 dicembre 2001 e visualizzata in colori naturali (RGB 321), illustra una gran parte del settore centro-orientale dell'*Isla Grande* nell'estate australe (da notare che qui le nubi fanno ombra al mattino verso sud-ovest, e non verso nord-ovest come alle nostre latitudini!). La città di Rio Grande, secondo centro urbano del settore argentino, appare al bordo in alto appena a sinistra di Capo Penas al centro; muovendo verso Sud, si incontrano prima la tundra (tonalità marrone e marron-verde), poi estensioni boschive sempre più vaste (verde scuro), poi la orizzontale e lunga macchia blu del Lago Fagnano, e infine si giunge alla capitale Ushuaia, localizzata a poco più di 100 km più a Sud di Rio Grande, nel lato settentrionale della marcata ansa del Canale Beagle che si nota appena a sinistra del colore blu più scuro del canale. Le isole più a Sud, verso il bordo in basso, appartengono al Cile e da lì inizia il braccio di mare aperto che porta all'Antartide. La stessa immagine multispettrale, quando è visualizzata in falsi colori, sia RGB 431 (Fig. 2) sia RGB 742 (Fig. 3), conferma l'estensione dei boschi e come nel pieno dell'estate australe anche la vegetazione della tundra sia viva (colore rosso e verde brillanti, rispettivamente). Da notare come la visualizzazione RGB 742 faccia apparire di tonalità magenta sia i centri urbani di Ushuaia e di Rio Grande sia le cime gelate dei rilievi. Un colpo d'occhio invernale è, invece, offerto nell'immagine rilevata dallo strumento AVNIR-2 del satellite ALOS il 31 luglio 2010 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (Fig. 4), che illustra la parte centrale del settore argentino dell'*Isla Grande* con la transizione dalla città di Rio Grande, che appare in toni grigi sulla costa in alto a destra, e da tundra e vegetazione boschiva ai rilievi innevati che contornano il Lago Fagnano, a circa 80 km più a Sud.

### Osservando con gli "occhi" del radar

Il rilevamento nella banda spettrale delle microonde permette di "vedere" il territorio in una modalità impossibile all'occhio umano, quindi di difficile interpretazione ma molto utile per l'acquisizione di dati e di informazioni complementari alle osservazioni ottiche. L'immagine della Terra del Fuoco, acquisita dallo strumento ASAR del satellite Envisat dell'ESA il 27 aprile 2008 (Fig. 5), mette in evidenza la frammentazione dell'arcipelago, così come conferma la struttura del territorio dell'*Isla Grande*, descritto in precedenza: la parte settentrionale è più scura perché pianeggiante, con vegetazione stepposa e senza asperità, mentre altrove risaltano le formazioni collinari e, nel centro a sinistra, la catena montuosa nel settore cileno che culmina con il Monte Darwin a quasi 2900 m. Ushuaia e Rio Grande sono le due maggiori città del settore argentino dell'isola e sono

ben riconoscibili nell'immagine radar come punti bianchi (rispettivamente al centro nell'ansa del Canale Beagle e in alto verso sinistra lungo la costa atlantica) a causa della riflessione multipla degli impulsi radar da parte degli edifici. La superficie marina non appare nera, come invece i laghi all'interno dell'isola, perché è variamente increspata dal vento e mossa dalle correnti. Per una migliore comprensione, occorre notare i valori radiometrici dei singoli pixel non sono stati equalizzati per la direzione obliqua di illuminazione del radar, cosicché le aree più vicine alla traccia verticale del satellite (a destra) inviano eco più forti e appaiono più chiare, mentre le aree più lontane (a sinistra) retrodiffondono eco più deboli lungo un'inclinazione maggiore rispetto alla verticale e appaiono più scure.



Fig. 1 - Immagine multispettrale dell'*Isla Grande* rilevata dal satellite Landsat-7 il 14 dicembre 2001 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (cortesia ESA/ESRIN).



Fig. 2 - Stessa immagine della Fig. 1, ma visualizzata in falsi colori (RGB 431) (cortesia ESA/ESRIN).



Fig. 3 - Stessa immagine della Fig. 1, ma visualizzata in falsi colori (RGB 742) (cortesia ESA/ESRIN).

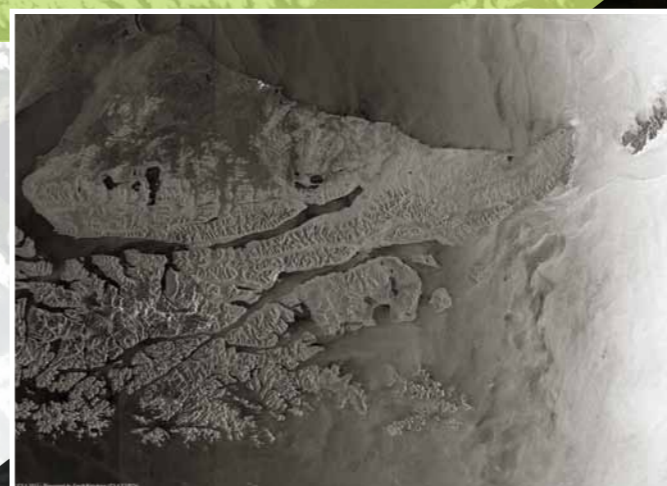


Fig. 4 - Immagine multispettrale di una parte dell'*Isla Grande* rilevata dal satellite ALOS il 31 luglio 2010 e visualizzata in colori naturali (RGB 321) (cortesia ESA/JAXA).

Fig. 5 - Immagine nelle microonde dell'*Isla Grande*, rilevata dallo strumento ASAR di Envisat dell'ESA il 27 aprile 2008 (cortesia ESA/ESRIN).