

La fotometeora più famosa: l'arcobaleno

(tratto dalla Rivista di Meteorologia Aeronautica dell' Ufficio Generale
Meteorologia dell'AM)

Summary

"This manuscript is a useful and a simple tool to be used to observe and to photograph rainbows; it gives a lot of advice and practical methods which should be considered by meteorologists when they take pictures of them. Moreover it contains a brief description about the rainbow's physical development and structure"

Introduzione

Gli arcobaleni sono senza dubbio uno dei fenomeni atmosferici che più colpiscono l'immaginario e la fantasia dell'uomo. Nella mitologia greca rappresentava la tavolozza dei colori per gli dei, nella Bibbia invece è considerato come simbolo di pace e di prosperità, infatti l'arcobaleno sarebbe stato il segno offerto da Dio a Noè per indicare l'inizio di una nuova alleanza dopo il diluvio tra Dio stesso e "... ogni carne sulla Terra" (Genesi, 9, 12ss). Passando dalla Bibbia alle leggende popolari ricordiamo le favole nordiche: narrano che là dove finisce un arcobaleno ci sia sepolta una pignatta piena d'oro custodita dagli gnomi, ed ancora, sembra che gli unicorni seguissero gli archi colorati per trovare le fonti per dissetarsi. Tutt'oggi l'arcobaleno è il simbolo della pace e sovente appare sui vessilli dei pacifisti.

Struttura e formazione dell'arcobaleno

Scientificamente furono studiati per la prima volta dal matematico Cartesio nel 1637, il quale capì il meccanismo del passaggio della luce nelle gocci d'acqua e calcolò matematicamente la posizione angolare dell'arcobaleno primario (circa 41°-42° dal punto antisolare). Successivamente, trenta anni dopo, il fisico Isaac Newton intuì che la riflessione della luce avviene con angolazioni diverse

in base alle diverse lunghezze d'onda dello spettro visibile: il rosso a 42° ed il violetto a 40° dal centro dell'arco (Candy P.).

Ora sappiamo che gli arcobaleni sono costituiti da un arco con i colori dell'iride, con il raggio variabile da 38.72° a 42.86° (arco primario) e con centro nel punto antisolare (antelio), ovvero distane 180° dal disco solare, quindi mai visibile all'osservatore, se non dagli aeromobili in volo.

Essi si formano per la riflessione interna della luce solare (o, in rari casi, lunare) nelle gocce d'acqua: quando il fascio di luce passa dentro una goccia viene rifratto, riflesso e quindi nuovamente rifratto proprio come accade in un prisma. Se nella goccia avvengono due riflessioni, invece di una sola, si forma un secondo arco (secondario) con i colori simmetrici rispetto al primo e con raggio variabile da 49.49° a 56.81° . In tal caso il secondo arco avrà uno spessore pari al doppio del primo, ma una luminosità ridotta del 43% (Aguado E.).

Si possono formare anche arcobaleni di ordine superiore al secondo, il cui numero d'ordine è determinato dal numero di riflessioni interne alla goccia d'acqua. Il terziario, per esempio, come si vede nella tabella, ha uno spessore più che doppio rispetto al primario ed intensità luminosa ridotta del 24%. Gli archi di ordine superiore al secondo sono molto difficili da osservare ad occhio nudo, sia perché sono molto tenui, sia perché si formano a pochi gradi dal Sole. Vediamo nella tabella gli spessori degli archi secondo il numero d'ordine, la loro rispettiva intensità luminosa ed il loro raggio (David K. Lynch):

Numero d'ordine	Spessore dell'arco (espresso in gradi)	Intensità luminosa	Distanza dal centro del colore rosso
1	1.72°	1.00	42.25°
2	3.11°	0.43	50.58°
3	4.37°	0.24	137.52°
4	5.58°	0.15	137.24°
5	6.78°	0.10	52.92°

Nel processo ottico di formazione, il fronte d'onda, come aveva giustamente intuito Isaac Newton, viene scisso così che i singoli spettri (infrarosso, colori visibili ed ultravioletto) formano separatamente dei propri archi monocromatici

con raggi diversi l'un l'altro, tuttavia per l'osservatore è impossibile distinguerli separatamente, quindi si possono osservare solamente uniti in un singolo arco colorato il cui spessore è la somma dei tanti singoli spettri.

Vediamo i diversi angoli di riflessione nelle diverse lunghezze d'onda, secondo uno studio di David K. Lynch e William Livingston pubblicato nel 1995 (Cambridge University):

Lunghezza d'onda (nm)	Angolo nell'arco primario	Angolo nell'arco secondario
1000 (infrarosso)	42.86°	49.49°
650 (rosso)	42.25°	50.58°
600 (giallo)	42.01°	51.02°
500 (verde)	41.27°	52.33°
450 (blu)	40.91°	52.99°
400 (viola)	40.51°	53.73°
300 (ultravioletto)	38.72°	56.81°

Visibilità e sviluppo

Gli arcobaleni sono visibili durante o dopo i temporali, solo se il Sole ha un'elevazione inferiore a 42°, da ciò si deduce che mediamente non sono visibili da tre ore dopo l'alba, fino a tre ore prima del tramonto.

Si possono formare più facilmente in estate durante i violenti ed isolati temporali, o durante il resto dell'anno dopo il passaggio di un fronte freddo. Quando si guarda un arcobaleno, sicuramente piove tra l'osservatore e la fotometeora, viceversa il cielo si rischiarava dalla parte opposta; infatti la presenza di un arcobaleno, il più delle volte, indica che la pioggia sta per finire. Si deve anche tenere presente che la grandine e la neve non producono il fenomeno. Considerando che i temporali hanno una frequenza maggiore nel pomeriggio, si deduce che la maggior parte degli arcobaleni si può vedere a Nord - Est, con il Sole a Sud - Ovest. In questi casi sembra che l'arcobaleno nasca proprio dal punto cardinale Nord per finire nel punto cardinale Est. Molti osservatori annotano che quando il Sole è prossimo al tramonto i colori

dell'arco primario si attenuano e l'intero arcobaleno appare di colore rosso, ciò è sicuramente dovuto alla dispersione atmosferica che cancella il blu ed il verde, in questo caso si assiste al fenomeno de "l'arco rosso" (red - bow) (David M. Ludlum).

L'intensità cromatica dell'iride viene determinata dal diametro delle gocce d'acqua: grandi dimensioni nell'ordine di 1,5 mm, o più, creano colorazioni molto contrastanti, con archi soprannumerari ben visibili, mentre diametri inferiori fino a 0,1 mm rendono l'arcobaleno pallido ed evanescente; se invece le gocce hanno misure inferiori a 0,05 mm, l'arco primario appare biancastro e poco visibile tra i fumi delle nebbie. In questo caso non si parla più del comune arcobaleno (rain - bow), ma del raro "arco bianco" da nebbia (fog - bow). Tale arco si manifesta solamente con le minuscole gocce d'acqua delle nebbie o delle foschie ed assume le stesse dimensioni angolari e la stessa intensità luminosa dell'arcobaleno secondario.

Archi soprannumerari

Si possono anche formare degli archi soprannumerari, ovvero dei tenui filamenti paralleli di colorazione blu - indaco che si sviluppano nella parte inferiore dell'arco primario. Per capire bene la loro natura si dovrebbe ricorrere alle teorie di geometria ottica, ma per semplicità possiamo considerare che la loro origine sia dovuta alle riflessioni spurie interne alle grosse gocce d'acqua quando queste contengono granuli di pollini, pulviscolo atmosferico, o semplicemente oscillano e cambiano forma nelle rotazioni veloci e casuali durante la precipitazione.

La "Banda di Alessandro"

La "Banda di Alessandro" è costituita da una fascia buia compresa fra l'arco primario e quello secondario; essa prende nome da Alessandro, un filosofo greco, che nel 200 d.C. descrisse per primo il fenomeno nelle sue "Cronache". La fascia generalmente appare più scura delle regioni esterne agli archi perché la luce in quella zona viene polarizzata dalle gocce d'acqua e convogliata verso le parti esterne. In rari casi si possono notare delle striature blu, esse

appartengono all'arco del quinto ordine, che si forma proprio sul bordo superiore della banda (Boyer C. B.).



Arcobaleni primario e secondario con banda d'Alessandro

Arcobaleno prodotto dalla luce lunare (moon – bow)

L'arcobaleno selenico (o lunare) è una fotometeora abbastanza insolita e rara per la peculiarità dei singoli eventi che si devono verificare simultaneamente. Tant'è che nella letteratura scientifica è molto difficile trovare sia descrizioni precise, sia buone foto. I fattori che lo determinano sono simili a quelli dell'arcobaleno solare: brevi e violenti temporali notturni (tipici dei tropici) e

forte illuminazione proveniente dalla Luna, che deve essere piena o quasi piena. Gli arcobaleni selenici appaiono pallidi e privi di colorazione perché la luce lunare è circa un milione di volte più debole di quella solare.

Alcuni astrofili dell'Associazione Astrofili Monti della Tolfa di Civitavecchia (Rm) affermano di aver assistito ad uno straordinario arcobaleno selenico durato solo pochi minuti sui Monti della Tolfa (Rm): la Luna piena appariva in tutto il suo splendore tra le nubi, stava smettendo di piovere ed una leggera foschia stava nascendo proprio dove è apparso l'arco.

Arcobaleni riflessi

Talvolta dalle navi si possono osservare arcobaleni rispecchiati sull'acqua, o, in rarissimi casi, sdoppiamenti di arcobaleni causati dalla luce solare riflessa dal mare. In quest'ultimo caso si formano due arcobaleni sfasati di alcuni gradi: il primo con centro nel punto antisolare al di sotto dell'orizzonte e generato dalla luce solare diretta, ed il secondo determinato dalla luce solare riflessa dall'acqua con il centro non più antelico, ma al di sopra dell'orizzonte e con l'arco primario proiettato tra lo Zenit ed il primo arcobaleno (Greenler).

Consigli per fotografare gli arcobaleni

Frequentemente gli arcobaleni si manifestano con cromatismi molto tenui, quindi è opportuno usare ottiche ben corrette, come ad esempio quelle con lenti a bassissima dispersione cromatica. Anche con le macchine automatiche compatte si possono ottenere delle foto accettabili, ma queste avranno sicuramente pochissimi dettagli, saranno poco nitide e senza gli archi soprannumerari.

Considerando che l'arco primario ha un raggio esterno di circa 42° , per fotografarlo completamente nella sua estensione sarà necessario usare un'ottica che abbia un campo apparente maggiore di 84° . Se invece volessimo fotografare anche l'arco secondario, con il raggio che arriva a 56° , allora l'ottica dovrà avere un campo di ben 112° . Gli obiettivi con queste caratteristiche sono gli ultragrandangolari come il 18 mm ed il 20 mm per il

primo caso e di fisheye per il secondo caso, ma sfortunatamente gli obiettivi con le caratteristiche sopra citate costano più di uno stipendio medio attuale ed inoltre non sono ancora presenti sul mercato per la fotografia digitale.

Per riprendere esclusivamente i dettagli, come ad esempio gli archi soprannumerari, si consigliano, invece, i medio tele luminosi come gli 85 mm od i 100 mm, che hanno un'elevata capacità di risoluzione.

I tempi d'esposizione devono essere dettati dall'esposimetro, il quale deve misurare la luce sul fenomeno in modalità spot, o semispot; ogni altro tipo d'esposizione (media ponderata al centro, programmata o multizonale) potrebbe sovresporre o sottoesporre il fenomeno. Prima di misurare la luce il fotografo dovrà agire sull'esposimetro per tararlo in maniera tale da sottoesporre tutto il fotogramma di $\frac{1}{2}$ diaframma, al fine di saturare maggiormente i colori e di aumentare la drammaticità del paesaggio; successivamente si consiglia di eseguire una serie di tre scatti per ogni obiettivo da usare, i quali vanno fatti sottoesponendo di $\frac{1}{2}$ diaframma, esponendo correttamente secondo il valore precedentemente ottenuto e sovresponendo di $\frac{1}{2}$ diaframma, così da garantirsi sempre un buon margine di riuscita.

L'uso dei filtri ottici è deleterio tranne di quello Skylight, utile solo per proteggere l'ottica dalle gocce d'acqua presenti nell'aria durante gli scatti.

Quando appare in cielo un arcobaleno non si ha il tempo di andare a comprare la migliore pellicola sul mercato, quindi si è costretti a fotografare con il primo film che si trova a portata di mano. Si consiglia, quindi, di tenere sempre pronte delle buone pellicole per ogni evenienza. Le migliori per saturazione e contrasto dei colori sono le diapositive ad alta definizione come le Fujichrome Velvia 50 e Provia 100F, la Kodak E 100 VS e l'Agfa RSX 50II. Infine per il rarissimo arcobaleno lunare la pellicola più idonea è senza dubbio la Kodak E 200.

Bibliografia

- AAMT (Associazione Astrofili Monti della Tolfa) di Civitavecchia (Rm), comunicazioni personali
- Aguado E., Burt J.E., "Weather & Climate" II ed., Prentice hall, Upper Waddle River, NJ 07458, U.K.
- Boyer, C.B., "The rainbow", Princeten University Press, Princeton, 1987
- Candy P., "Le meraviglie del cielo", Il Castello, 1997
- David M.Ludlum, "Weather", Harper Collins Publisher, 77 - 85 Fulham Palace Rd., London, W6 8JB, U.K.
- Davd K. Lynch, WilliamLivingston, "Color and Light in Nature" II ed., Cambridge University Press, Cambridge, CB2 2RU, U.K.
- Greenler R. "Rainbows, Halos, and Glories", Cambridge University Press, Cambridge, 1980, CB2 2RU, U.K.