

Aldo Ferruggia

FOLIA



VII

“Arrivare a un punto è il punto di partenza per un altro.” John Dewey

Abbiamo avuto modo nelle precedenti pubblicazioni di spiegare come la Luna sia colorata, come i dati ottenibili da terra siano verificabili e standardizzabili, come essi abbiano un significato mineralografico e come tale significato sia correlato all'evoluzione lunare. Abbiamo poi visto in [Folia IV](#) un esempio di come sia possibile una lettura cromatica. In questo approfondimento si riordinerà quanto già messo in pratica dagli astrofili di Selenocromatica del GAWH, tanto da esporsi al rischio di essere considerati talora pedanti: si chiarirà quindi la procedura che dovrebbe prendere per mano ogni astrofilo medio per portarlo ad un'analisi selenocromatica. Già, perché avere davanti un'immagine a colori della Luna e produrre un commento sull'evoluzione del nostro satellite è tutt'altro che scontato! E' come l'elaborazione di un tema scolastico: da dove iniziare? Quindi ecco **tre semplici ma efficaci passi** con cui andare oltre l'effetto 'wow' della Mineral Moon per approdare a una conoscenza approfondita della Luna, che è appunto la *mission* principale della Selenocromatica.

Il primo passo consiste nel **descrivere** ogni dato cromatico presente nella nostra immagine. Apparentemente è la fase più semplice del procedimento e proprio per questo non bisogna peccare di superficialità: utile quindi un approccio di tipo sistematico, ad esempio dall'alto verso il basso o da destra verso sinistra. Tante più entità cromatiche individueremo *ab initio* quanto più l'*outcome* selenocromatico risulterà diversificato. Alla fine aree cromatiche simili dovranno essere raggruppate per essere utilizzate nella successiva fase che sarà quella di **correlare** le nostre aree cromatiche con i riferimenti geologici forniteci dalla UGGMM (Unified Global Geologic Map of the Moon della NASA v2.2 o successive), il cui scopo è appunto "*to create a resource for science research and analysis*". La trasposizione è un lavoro certosino grazie al quale risulterà che alcuni colori sono costantemente associati ad alcune strutture geologiche e questo ha una forte ricaduta sul nostro risultato finale perchè la mappa, che è la fonte dei nostri dati, è il risultato non solo di indagini topografiche e minerali, ma è anche derivata dall'integrazione delle più evolute teorie sull'evoluzione lunare. Non stupisce quindi che nel momento in cui avremo delineato le correlazioni fra i nostri colori ed i dati geologici avremo anche, in maniera quasi automatica, la chiave per arrivare ad **interpretare** evolutivamente la porzione della Luna che stiamo studiando.

Nella terza fase dell'analisi selenocromatica infatti, utilizzando gli acronimi delle diverse formazioni crono-geologiche, apparirà evidente l'interpretazione, (per associazione tra colori, acronimi ed ere lunari) della successione di eventi, tanto che sarà sufficiente enumerare le formazioni pre-nectariane (iniziali pN), le nectariane (iniziale N), quelle Imbriane che iniziano sempre con la I, le eratossteniane (E) e quelle più recenti, le copernicane (annunciate dalla C), per avere una "storia", la tempistica della comparsa delle strutture lunari, sfruttando anche schemi cronologici che si trovano facilmente nel web. Circa le corrispondenze tra UGGMM e Selenocromatica vedasi l'appendice a pagina 10.

Quel che succede è quindi che da un'acquisizione statica, che fotografa sostanzialmente la facies lunare attuale, si ottiene un'interpretazione dinamica, che racconta l'evoluzione del nostro satellite. In altre parole "capiamo la storia lunare coi colori".

Quanto enunciato va calato nella pratica e quindi faremo un esempio che possa chiarire quanto esposto. Commenteremo quindi un'immagine selenocromatica di Serafino Vinco inerente all'area che va dal Polo Nord lunare fino al cratere Archimedes. Si rassicura fin d'ora il lettore sulla affidabilità dell'immagine con i relativi dati riportati in *info-bar* della pagina seguente.

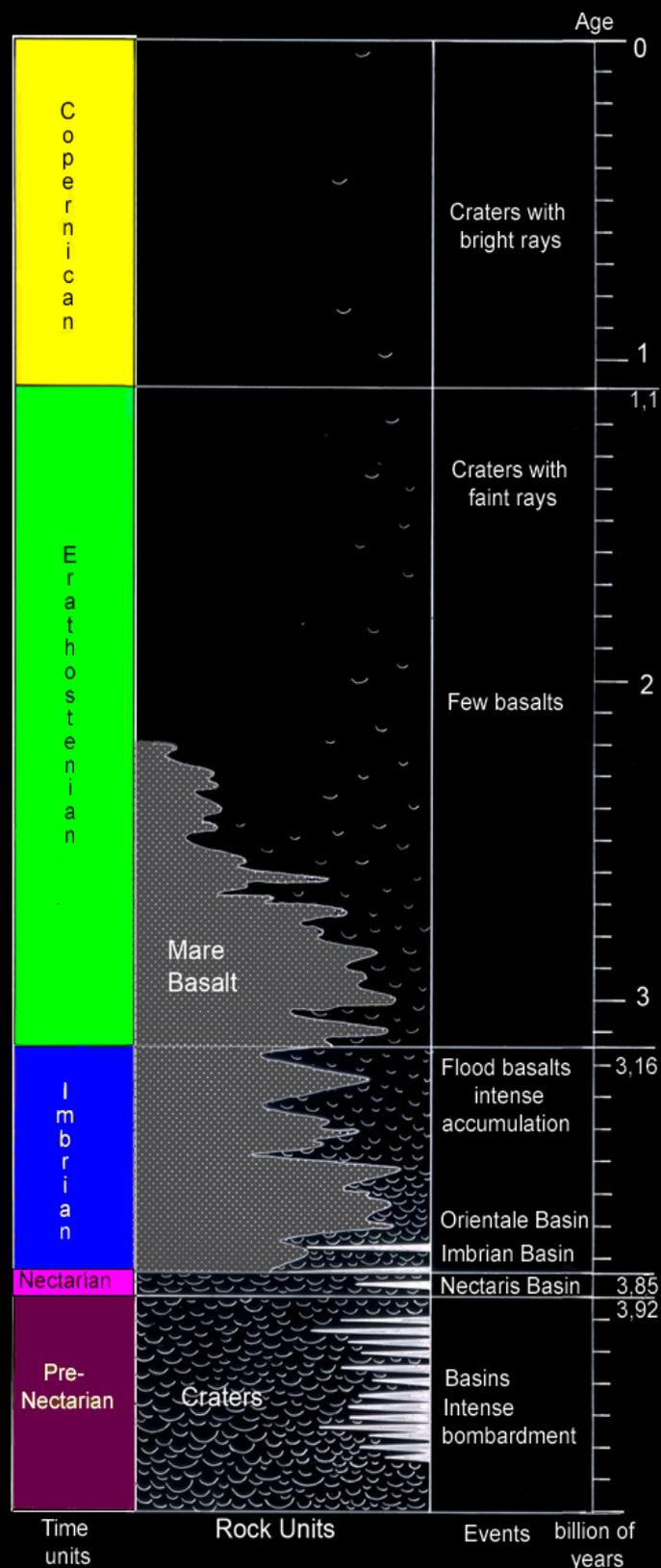


Fig. 1: Diagramma modificato da <https://explanet.info>

Esempio di analisi selenocromatica

 L & C: Serafino Vinco - Date: 2022/05/09
Tec: L(IRpass)+C(UV-IRcut) - Cam: Asi 385MC
CCE: A. Ferruggia - Sat: + 90 (Ph), MS: 15(10)



Fig.

2: Immagine in esame con la info-bar in alto a destra

1) Fase descrittiva

In maniera grossolana, dall'alto in basso, notiamo un'area azzurra corrispondente alle *highlands* nei pressi del Polo Nord, un'area di colorito beige poco sotto e l'orizzontale fascia rossastra del Mare Frigoris che sfuma, tramite una fascia semilunare a fianco del cratere Plato, nelle terre che preludono alla catena fortemente albedica dei Montes Alpes e dei Montes Caucasus. Al di sotto ed intorno di tali montagne lo sguardo distingue solo l'ampia distesa di ferrosi basalti rossastri del Mare Imbrium e di uno spicchio di Mare Serenitatis, consistentemente "sporcati" dall'azzurro degli *ejecta* di Aristillus. A ben vedere qualche area 'marina' non presenta il consueto colore rosso virando verso il blu Titanio e questo avviene in due piccole aree di M. Frigoris e in una area di Serenitatis. Aree di colorito rossastro o blu corrispondenti ai Mari, aree di scarso colorito composto corrispondenti a zone costiere, aree chiare montane e aree azzurre di alcune raggere d'impatto sono i gruppi che abbiamo individuato. Va bene, ma cosa significano?

2) Fase correlativa

Mappa UGGMM alla mano iniziamo a riportare le abbreviazioni (*Map Symbols*) delle diverse unità geologiche (*Geologic Units*) iniziando dalle più evidenti. E' bene completare la trascrizione delle abbreviazioni di tutte le cinque ere geologiche lunari prima di iniziare a formulare ipotesi evolutive. Non obbligatoria ma utile l'aggiunta del reticolo di meridiani e paralleli, le quote assolute (rispetto al valore altimetrico medio, il 'livello del mare' lunare) dei principali piani della zona, le altezze dei rilievi più importanti (relate ai piani circostanti), le raggere crateri e simboli geologici appositamente ideati. Sconsigliabile inserire i nomi delle formazioni lunari per evitare un'immagine troppo confusa.

Quindi avremo che una struttura, ad esempio il cratere Aristillus, contrassegnata dalla sigla **Cc** corrisponde alla seguente descrizione di unità geologica:



Cc Copernican Crater - Rim, wall and floor deposits of craters with sharp prominent rims, circular to polygonal outlines. High relative brightness and rays. **Crater, Catena** - Elongated linear clusters of overlapping circular to semi-circular.

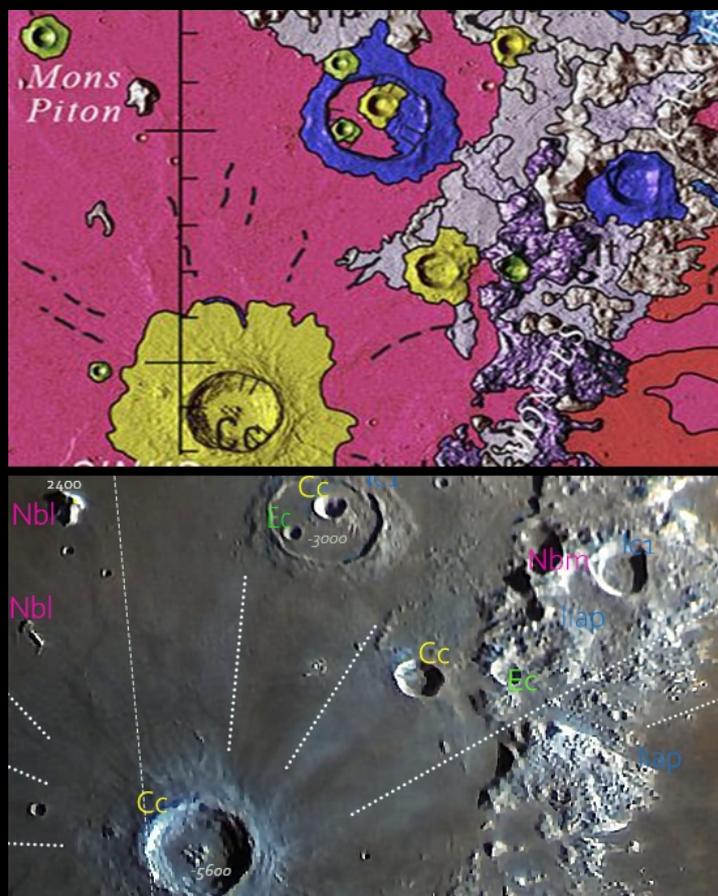


Fig. 3: Trasposizione di dati dalla mappa geologica della Nasa v.2.2 (in alto) all'immagine selenocromatica (in basso); vedi anche appendice a pag. 10

cromatiche corrispondono alle singole unità geologiche della UGGMM ma, ve ne sarete accorti, grazie allo *step* precedente i colori e le iniziali degli acronimi suggeriscono già il periodo a cui si riferiscono le unità geologiche e senza che la maestra ci possa sgridare. Come alle elementari passeremo quindi ad individuare per prime le strutture più antiche, quelle di periodo pre-nectariano, caratterizzate da sigle color 'vinaccia'. UGGMM recita che sono grosse formazioni solitamente disposte ad arco e digradanti con strutture di taglio "minore" rialzate dalla violenta formazione di un bacino. Ed eccoci all'evento principale della nostra storia, un grosso impatto (l'arco non è certo piccolo!) che col suo effetto meccanico ha fratturato e corrugato la crosta innalzando tutto intorno rilievi concentrici (*ring mountains*) come spiegato nello schema seguente.

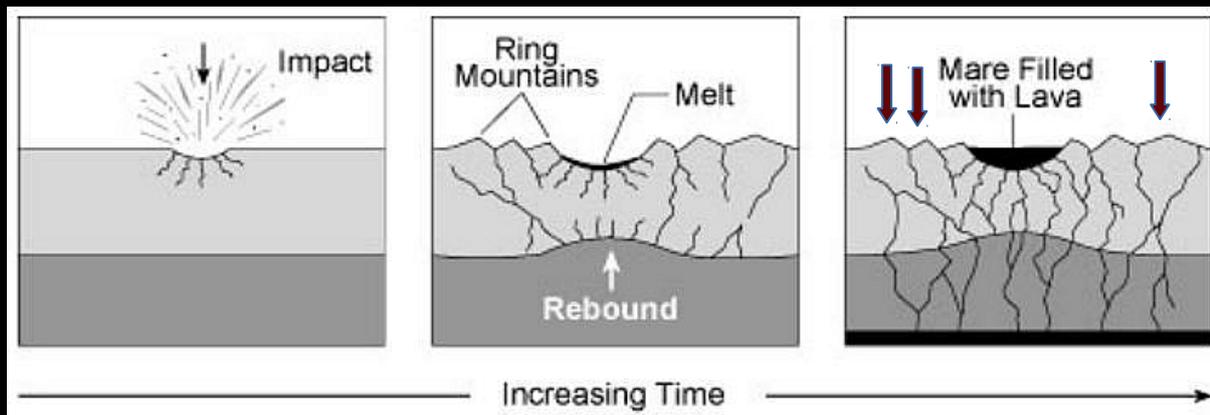


Fig. 5: L'esplosione dell'impatto smuove una enorme massa di crosta creando un enorme bacino (a sinistra), mentre le onde d'urto associate creano fratture nella roccia sotto il bacino. L'esplosione 'arriccia' la crosta formando rilievi a falda siglata come pNbm e Nbm nella UGGMM (freccie) intorno al bacino (a destra) e la roccia sottostante si adatta alla perdita di massa sopra di essa "rimbalzando" verso l'alto. Sollevandosi il mantello provoca ulteriori fratture nella roccia, mentre una pozza di roccia fusa si solidifica sul fondo nel bacino. Tutti i principali bacini d'impatto sulla Luna si sono formati in questo modo, tra il 3,9 e 4,3 miliardi di anni fa. Solo successivamente il magma risale lungo le fratture riempiendo il bacino di lava scura (a destra). I maria lunari si ricoprono di questi flussi vulcanici tra il 3,1 e il 3,9 miliardi di anni fa. Immagine da Kenneth R. Lang., Tufts University, 2010

La pressione sotto la visibile struttura ad arco non si era uniforme ed il risultato fu la netta frattura chiamata Vallis Alpes che la divide in due monconi.

Facendo finta di non sapere di cosa si tratti (siamo astrofili di coccio) questo grosso impatto dovremmo cercarlo con un'adeguata tecnica di *remote sensing*: infatti, trattandosi di un evento parecchio antico le strutture superficiali potrebbero non essere sufficienti a farlo rilevare. Che ne dite allora dei dati della sonda Grail (Gravity Recovery And Interior Laboratory) che ha studiato le profondità della crosta con le differenze di gravità? Fanno al caso nostro perchè spulciando la mappa che ne è derivata salta all'occhio una grossa concentrazione di massa, il *mascon*, proprio sotto dove cercavamo (ricordate l'arco attorno all'impatto?). Non ci rimane che procedere con le formazioni successive che come le precedenti appaiono incolori: Nb, Nbm, Nbl.

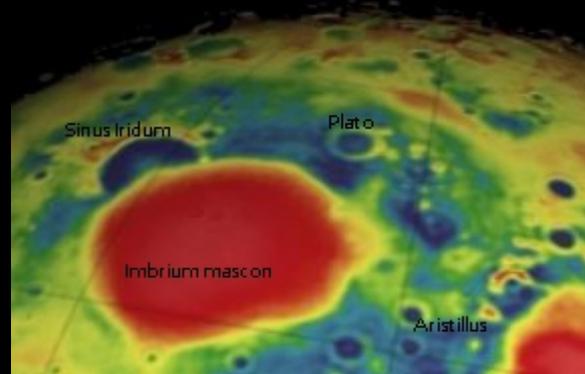


Fig. 6: particolare di mappa sferica ottenuta con i dati della sonda GRAIL della NASA

Si tratta anche in questo caso di formazioni preesistenti all'impatto che ha generato Mare Imbrium, in particolare del periodo nectariano, "zolle" di rocce espulse nei pressi del cratere Goldschmidt, "pezzi" di crosta anortositica primordiale sollevata ai bordi del bacino per succussione e corrugamento (Montes Alpes e Montes Caucasus) o al centro del bacino per "rimbalzo" post-impatto (Mons Piton e Montes Spitzembergen). Sono strutture deformate dagli eventi dell'impatto e fortemente erose da continui microimptti, talora macchiate dagli ejecta azzurri dei crateri più giovani.

E passiamo al periodo "Imbriano" che inizia con la formaziome del grande bacino imbriano. Le varie sigle inizianti con la lettera I ci parlano delle strutture erose spostate dall'impatto (Iia, Ioho, Ioho) che si sono depositate su strutture più antiche ad arco di cui abbiamo già parlato, il "terreno" della terra lunare, megaregolite, cioè tutto mischiato con tutto (It), pianure (Ip) costituite da *ejecta* dell'impatto di Mare Orientale (è avvenuto in questo periodo, ne abbiamo parlato a pag. 5 di [Folia IV](#)) che appianano il fondo di crateri e ricoprono vecchi mari ed infine crateri semiseppelliti (Ic1, Ic2). Ma è nell'Imbriano Superiore, circa 400 000 anni dopo, che il magma mantellare (Im2) si fa strada tra le fessure create dall'impatto dell'Imbrium ed inizia a riempierne il bacino (riquadro a destra Fig. 5), ed il fondo di crateri imbriani come Plato e Archimedes, fino a creare un confine netto tra tutte le stutture già discusse e le sue lave ricche di ilmenite; si formano così "isole" (Mons Pico, Mons Piton), penisole (promontorium Agassiz) e "golfi" (Alpes A, Rimae Plato). E' il rosso a caratterizzare maggiormente questi magmi con alte concentrazioni di Ferro (utile mappa FeO della sonda Clementine).

Nel periodo successivo, l'Eratosteniano, continuano i flussi lavici (Em) attraverso condotti che dal mantello attraversano la crosta fino alla superficie. Tali flussi in quest'area sono caratterizzati da minore spessore, minore albedo e colore bluastro, segno che si tratta di ilmenite con un maggior contenuto relativo di Titanio. In questo periodo avviene anche la genesi di notevoli crateri come Aristoteles, Archytas e Galle. Tali crateri sono privi di vera raggiera di *ejecta*: il micro-bombardamento meteoritico ha cancellato i "raggi" e possiamo talora percepire solo un tenue alone di materiale espulso dall'impatto intorno al bordo del cratere. I crateri del periodo più recente, il Copernicano, si manifestano con le loro raggiera azzurre e celesti. La parte alta dell'immagine è proprio dominata dalle indistinguibili raggiera di Philolaus ed Anaxagoras che si adagiano sui piani imbriani di Goldschmidt, Barrow e Meton, mentre in basso il celeste di Aristillus e di Autolycus si mescola coi basalti marini generando sfumature cangianti con il variare dell'incidenza della luce.

Alla fine della fase interpretativa è risultata una griglia integrata geo-crono-cromatica che sarà la base per l'*outcome* dell'analisi selenocromatica.

Periodo	Acronimi	# esadec	Selenocromatica
Pre-nectariano	pNbm	6a0049	neutro-albedico-contaminato
Nectariano	Nb, Nbl, Nbm	ff00ff	neutro-albedico-contaminato
Imbriano	Ip, It, If, Ioho, Ic1, Ic2	0000ff	neutro -rosso(mare)-contaminato
Eratosteniano	Em, Ec	00ff00	neutro-blu(mare)-contaminato
Copernicano	Cc	ffff00	celeste (raggiere)

Einstein sosteneva che non hai veramente capito qualcosa fino a quando non sei in grado di spiegarlo a tua nonna. Ebbene, estendendo a tutta la Luna le relazioni dello schema sopra esposto, se ne evince che, se si eccettuano gli sbiaditi colori provenienti dai basalti dei criptomari, non possiamo aspettarci strutture con colore più vecchie di 3,85 miliardi di anni e che, in particolare, sono i mari a regalarci le tinte più antiche. In realtà sono ancora visibili strutture ancestrali ma se appaiono colorate lo sono passivamente, per effetto degli *ejecta* della micro-craterizzazione di zone adiacenti esse sì colorate di per sé. Possiamo anche ritrovare qualche raggiera eratosteniana ormai degradata cromaticamente rispetto all'originale, ma per trovare *ejecta* fresche e quindi azzurre dobbiamo arrivare agli impatti giovani del periodo copernicano, sotto il miliardo di anni. In buona sostanza, azzurri dal Copernicano, blu/rosso dai mari dell'Eratosteniano e dell'Imbriano, misture di colori da sovrapposizioni e rimescolamenti. Chissà se la nonna ha capito.

E tornando dal generale al particolare si fornisce infine l'*outcome* dell'analisi selenocromatica dell'immagine di Serafino Vinco al centro dell'attenzione in questo *folium*. Esso è di fatto un riassunto dei dati fin qui esposti guidato dai colori della storia della Luna.

Analisi Geo-cromatica

Dall'alto in basso e seppur disturbati dal buio del terminatore, notiamo un'area azzurra corrispondente alle giovani raggiera di *ejecta* dei crateri copernicani di Anaxagoras e Philolaus. Aguzzando la vista notiamo che sul piatto fondo del cratere Meton è presente una macchia azzurra ancora più saturata: un cratere ancora più giovane ha perforato il sottile velo delle raggiera già dette. Un'area di colorito beige poco sotto anticipa la presenza dei rossi basalti ricchi di FeO di Mare Frigoris. Più in particolare, notiamo come tale colore abbia "imbrattato" le strutture costiere a nord ed a sud di tale mare. Tali strutture, antichissime (pre-Nectariane, Nectariane ed Imbriane) e caratterizzate da neutralità cromatica e forte albedo, disposte ad arco intorno al Mare Imbrium, culminano con le catene di Montes Alpes e Montes Caucasus. Tali irregolari rilievi sono talora spruzzati di azzurro per opera degli *ejecta* dei giovani crateri Aristillus ed Autolycus. I rossastri basalti di Mare Frigoris che hanno riempito una depressione lineare dovuta a translazione in senso nord-sud di zolle di crosta, appaiono comunque simili a quelli del Mare Imbrium, mare originato in maniera diversa: un gigantesco impatto tra la crosta ed un grosso meteorite che ha creato un bacino successivamente riempito da lava del mantello lunare. Si rileva in questo mare la particolare presenza di 'isole' altamente albediche, neutre e cromaticamente quindi molto vecchie, rimasugli di strutture portate in alto da un meccanismo di rimbalzo secondario all'impatto. I grandi crateri imbriani Plato e Archimedes presentano fondo omogeneo al mare Imbrium e bordi rossastri per contaminazione da tali basalti ricchi di FeO. A ben vedere qualche area 'marina' non presenta il consueto colore rosso virando verso il blu dovuto ad un più alto tenore di TiO₂ e questo avviene in due piccole aree di M. Frigoris e in una area di Mare Serenitatis. Si tratta di flussi lavici più recenti e sottili. Il grande cratere Aristoteles, con i suoi *ejecta* grigiastri circolari è ormai privo di raggiera d'impatto e denuncia età intermedia tra quella di Plato ed Aristillus.

Tavola Geo-cromatica

L'immagine e le sigle UGGMM, la *info-bar*, le legende selenocromatica e geologica e tutta l'iconografia da satellite utile al lettore possono essere riunite in un'unica "tavola selenocromatica". E' possibile cambiare la disposizione di ogni sezione per adattarsi alla forma e grandezza della immagine commentata ma lo sfondo è invariabilmente nero(#000000). Essa rappresenta una ricchissima fonte di spunti e dati per articoli ed eventi divulgativi. Circa i diritti sulle tavole fa fede quanto esposto in Folium VI.



Dall'alto in basso e seppur disturbati dal buio del terminatore, notiamo un'area azzurra corrispondente alle giovani raggie di ejecta dei crateri copernicani di Anaxagoras e Philolaus. Aguzzando la vista notiamo che sul piatto forato dal cratere Meton è presente una macchia azzurra ancora più saturata: un cratere ancora più giovane ha perforato il sottile velo delle raggie già dette. Un'area di colorito beige poco sotto anticipa l'arrivo di una zona di rossi basalti ricchi di FeO di Mare Figoris. Più in particolare, notiamo come tale colore abbia "imbrattato" le strutture costiere a nord ed a sud di tale mare. Tali strutture, antichissime (pre-Nectariane, Nectariane ed Imbriane) e caratterizzate da neutralità cromatica e forte albedo, disposte ad arco intorno al Mare Imbrium, culminano con le catene di Montes Alpes e Montes Caucasus. Tali irregolari rilievi sono talora spazzati di azzurro per opera degli ejecta di giovani crateri di Aristillus ed Autolycus. I grandi crateri imbriani Plato e Archimedes presentano fondo omogeneo al mare Imbrium e bordi rossartri per contaminazione da tali basalti ricchi di FeO. A ben vedere qualche area "marina" non presenta il consueto colore rosso virando verso il blu dovuto ad un più alto tenore di TiO₂ e questo avviene in due piccole aree di M. Frigoris e in una area di Mare Senerentatis. Si tratta di flussi lavici più recenti e sottili. Il grande cratere Aristoteles, con i suoi ejecta grigiastri circonfenziali ed ormai privo di raggiera da impatto, denuncia età intermedia tra quella di Plato ed Aristillus.

Fig. 7: copione di Tavola Selenocromatica

Subito sopra la figura della tavola (o Panel) inerente all'immagine analizzata nel presente *folium* nella quale si rilevano: 1) Intestazione e logo GAWH; 2) Info-bar; 3) Mappa FeO(Clementine); 4) Mappa GRAIL; 5) Mappa altimetrica(LOLA); 6) Mappa con riferimenti topografici(Virtual Moon Atlas); 7) Schema dei periodi geologici; 8) Legenda selenocromatica; 9) Legenda geologica; 10) Analisi Selenocromatica.

Utile infine aggiungere la data dell'analisi selenocromatica, analisi che potrà in ogni caso successivamente essere modificata ed implementata.

Appendice

La UGGMM (Unified Global Geologic Map of the Moon) segnala le formazioni geologiche individuandole con colori che di fatto ricoprono l'intera faccia della luna. Tali colori differiscono in base alle singole unità geologiche lunari e non specificatamente in base ai periodi della storia lunare. Così abbiamo in totale 48 unità geologiche e 48 colori. Per l'analisi geo-selenocromatica si è deciso di semplificare tale plethora cromatica a soli cinque colori, relati ognuno ad una specifica era geologica. Colorate con tali colori vengono riportate sulle immagini selenocromatiche le sigle (invariabilmente nere in UGGMM) delle singole unità geologiche. Ciò significa che tutto un periodo geologico è individuato da un solo colore (Fig.1 e 8), indipendentemente dalla formazione geologica in esame, comunque esplicitata dall'acronimo trascritto.

Tre colori su quattro sono stati scelti tra colori primari del sistema RGB (verde e blu) e del sistema CMYK (magenta e giallo); ad eccezione del color vinaccia (inscurimento del magenta), tutti dovrebbero spiccare rispetto ai colori di sfondo, ma anche per il colore associato al periodo pre-nectariano, data la sua frequente associazione con formazioni fortemente albediche e neutre cromaticamente, dovrebbe alla fine risultare un sufficiente contrasto.

Brief Description of Map Units and Explanation of Map Symbols	
Cc Ccc	Copereican Crater - Rim, wall and floor deposits of craters with sharp prominent rims circular to polygonal outlines. Relative brightness and rays. Crater, Catena Elongated linear clusters of craters circular to semi-circular.
Coc	Copereican Crater, Secondary - Very small diameter craters, densely spaced near and/or on the ejecta blanket of primary craters. Interpretation: Impact crater forms derived from blocky material ejected from the primary impact.
Ec	Eratosthenian Crater - Non-rayed, circular craters with sharp to partially subdued crater rim crests, partial circumferential ejecta present, and lower albedo compared to unit Cc. Interpretation: Morphology and material from a primary impact event.
Ecc	Eratosthenian Crater, Catena - Elongated linear to elliptical clusters of circular to semi-circular depressions, often overlapping. Interpretation: Impact crater clusters derived ejecta from large, basin-forming impacts. Possibly primary impacts.
Esc	Eratosthenian Secondary Crater - To very small diameter craters, densely spaced near and/or on the ejecta blanket of craters. Interpretation: Impact crater forms derived from blocky material ejected from the primary impact.
Ep	Eratosthenian Mare - Low relative brightness plains with relatively few craters large enough to map, patches of small domes, sharp-crested ridges, observable flow fronts. Interpretation: Relatively thin, young volcanic flows or pyroclastic material.
Et	Eratosthenian Imbria Plateau - Forms high standing plateaus (relative to the main surface or Oceanus Procellarum) with domes, cones, and dark mantling materials. Interpretation: Volcanic constructs, flows, and pyroclastic materials.
U	Imbria Crater, Undivided - Subdued topographic relief compared to younger impact features, generally less than 40 km in diameter, with broad flat floors, and little to no ejecta present. Interpretation: Subdued morphology and material from a primary impact event.
L	Imbria Crater, Lower - Similar description to unit U, craters mantled by materials of the Orientale group. Interpretation: Subdued morphology and material from a primary impact event, younger than Imbrium group materials but older than Orientale group materials.
U2	Imbria Crater, Upper - Similar description to unit U, craters superpose materials of the Orientale group. Interpretation: Subdued morphology and material from a primary impact event, younger than Orientale group materials but older than unit U2.
Uc	Imbria Crater, Catena - Subdued and mantled elongated linear to elliptical clusters of circular to semi-circular depressions, often overlapping. Interpretation: Impact crater clusters derived ejecta from large, basin-forming impacts. Possibly primary impacts.
Ucc	Imbria Crater, Secondary - Small diameter craters, densely spaced near and/or on the ejecta blanket of craters. Interpretation: Impact crater forms derived from blocky material ejected from the primary impact.
Ucf	Imbria Crater, Fracture Floor - Crater floors typically domed, with furrows and/or linear to curvilinear fractures with variable widths and depths. Blocks and material between the fractures sometimes reoriented. Interpretation: Brittle materials uplifted and extended.
Uu	Imbria Basin, Undivided - Gently rolling to hilly terrain containing aggregates of subdued irregular to circular craters. Also forms outer basin and ejecta of crater Shrodingier. Interpretation: Materials emplaced during the formation of multi-ringed impact basins.
Ubm	Imbria Basin, Massif - Rugged blocks forming arcuate raised ridges within crater Shrodingier. Interpretation: Material uplifted during basin formation, representing the inner ring of a multi-ringed impact basin.
Ud	Imbria Dark Mantle - Some of the highest albedo material mapped, generally occurs near the outer margins of larger basins. Scalloped, smooth textures with small craters. Interpretation: Pyroclastic material.
Ug	Imbria Grooved - Covers craters and other terrain of pre-Imbrium through Imbrium age. Craters have radial grooves on rims and walls with some mounds. Interpretation: Origin uncertain. Possibly Imbrium ejecta or result of seismic shaking.
Ua	Imbria Imbrium Alpes Formation - Angular blocky and knobby with smooth, mantled surface. Closely spaced hills and hummocks, ~2.5 km in diameter. Interpretation: Possibly eroded ejecta, structurally deformed bedrock, or both.
Uim	Imbria Imbrium Apennines Formation - Coarse blocks of material parallel to scarps bordering Imbrium basin. Smooth to undulating interblock materials. Interpretation: Intensely fractured bedrock with interstitial Imbrium ejecta.
Uc	Imbria Imbrium Crater - Individual craters <25 km diam., clusters and chains of craters <10 km diam. radial to Imbrium. Moderately subdued topographic features. Interpretation: Secondaries and crater chains emplaced during Imbrium basin formation.
Uf	Imbria Imbrium Fra Mauro Formation - Sinuous, curvilinear, and straight ridges draping the surface below. Surface texture locally hummocky. Interpretation: Ejecta from Imbrium basin and materials of the substrate.
Upl	Imbria Mare, Lower - Forms flat, smooth surfaces. Relatively higher albedo compared to unit U2 but lower albedo than unit Ua. High density of superposed craters. Interpretation: Old basaltic lava, perhaps as old as Orientale basin.
Uu2	Imbria Mare, Upper - Forms flat, smooth surfaces. Lower albedo and crater density than unit U2. Numerous ridges. Difficult to distinguish from unit U2. Interpretation: Basaltic lava flows.
Ud	Imbria Mare, Domes - Steeply sloping, high-relief, rough domical or conical shaped edifices, sometimes with pitted summits. Interpretation: Volcanic edifices or laccoliths.
lbu	Imbria Orientale Hevelius Formation, Inner Facies - Curvilinear to swirly ridges and troughs mostly radial and subradial to Orientale basin. Interpretation: Continuous ejecta blanket emplaced during outward flow of hot, turbulent, mobile materials.
lbu	Imbria Orientale Hevelius Formation, Outer Facies - Swirly, lineated, hummocky and smooth materials forming a discontinuous and irregular boundary. Interpretation: Thinning distal margins of Orientale basin ejecta.
lbu	Imbria Orientale Hevelius Formation, Secondary Crater Facies - Overlapping crater chains and clusters radial and peripheral to the basin. Interpretation: Secondary impact craters formed by ejected blocks.
lbu	Imbria Orientale Maander Formation - Smooth to rolling, intensely fractured plains with broad linear ridges and smooth domes. Interpretation: Mostly impact melt. Ridges and domes likely original floor material compressionally modified.
lbu	Imbria Orientale Montes Rook Formation, Knobby Facies - Knobby, hummocky, rolling and chaotic materials with interstitial circular grooves and depressions. Interpretation: Upstream part of overturned flap of the ejecta sequence of Orientale basin.
lbu	Imbria Orientale Montes Rook Formation, Massif Facies - High relief, smooth blocks marking the second and third rings of the basin. Interpretation: Structurally uplifted bedrock, thickly veneered with late arriving ejecta.
lbu	Imbria Plains - Smooth, flat to undulatory terrain of intermediate albedo occurring mostly in topographic lows and crater floors of Imbrium and older age. Interpretation: Ambiguous origin, likely Orientale and other large impact crater ejecta.
lt	Imbria Terra - Low relief, low crater density, moderate to high albedo, moderately smooth surface. Interpretation: Complex mixture of local erosional debris and crater and basin ejecta; megaregolith.
lbu	Imbria Terra, Domes - Outlines and characteristics similar to main-sequence craters, with smooth inner flanks, paucity of ejecta, inner terracing, secondary cratering. Interpretation: Possibly target material differences, or ash-flow calderas.
lbu	Imbria Nectarian Plains - Smooth, flat to undulating surface, moderate to high density of superposed craters. Interpretation: Possibly materials emplaced by the formation of Imbrium and Nectarian basins.
lbu	Imbria Nectarian Terra - Gently rolling terrain, moderate to high density of craters. Interpretation: Complex mixture of local erosional debris and crater and basin ejecta; megaregolith.
nb	Nectarian Crater - Considerably muted topographic relief compared to younger impact features, with broad flat floors typically another unit, and very little to no ejecta present. Interpretation: Muted morphology and material from a primary impact event.
nb	Nectarian Basin, Undivided - Material of raised walls and slumped blocks of basins, as well as aggregates of closely spaced subdued hills and ridges. Interpretation: Impact related structures and ejecta material.
nb	Nectarian Basin, Lineated - Sharp, raised ridges, intervening flat areas or deep troughs and smooth whaleback-shaped hills with narrow grooves. Interpretation: Bedrock pervasively faulted by Imbrium impact.
nbm	Nectarian Basin, Massif - Rugged blocks most commonly 10 to 30 km across, forms highest and most rugged parts of arcuate raised ridges. Interpretation: Uplifted bedrock during the formation of Nectarian basins.
nbcc	Nectarian Basin, Secondary Crater - Gently sloping, circular to elliptical clusters, chains and groove-like chains, mostly peripheral and approximately radial to Imbrium basins. Interpretation: Secondary impact craters of Nectarian basins.
nbq	Nectarian Nectaris Janssen Formation - Rolling subdued terrain having numerous linear features including ridges, scarps, and grooves radial to Nectaris basin. Interpretation: Nectaris basin ejecta equivalent to, but more degraded than, units Ua, U2, Ua, and U2.
np	Nectarian Plains - Generally flat, moderate albedo terrain with dense population of large, old craters. Interpretation: Ambiguous origin, possible ejecta from large impacts and basin-forming events.
ni	Nectarian Terra - Moderately rough relief, rising to moderately rugged overall relief, with diverse ages of superposed and buried craters. Interpretation: Complex mixture of local erosional debris and crater and basin ejecta; megaregolith.
np	Nectarian Terra-Mantling and Plains - Light colored, wavy or rolling surfaces more heavily cratered than unit Ua. Interpretation: Primary and secondary ejecta of Nectarian basin and large craters equivalent to units Ua and U2, with more erosional degradation.
pn	pre-Nectarian Basin - Subdued, eroded mountain rings and acute sifments of rings, rim, walls, and inner-ring materials. Interpretation: Erosionally degraded impact related structures and ejecta materials.
pn	pre-Nectarian Basin Massif - Large rugged blocks, commonly lying along arc, both continuous and discontinuous, and generally linear-scale topography. Interpretation: Uplifted bedrock of pre-Nectarian basins.
pn	pre-Nectarian Crater - Discontinuous, eroded remnants and rounded, curved or straight rim remnants. Interpretation: Erosionally degraded morphology and material from a primary impact event.
pn	pre-Nectarian Terra - Rugged, diverse terrain, degraded partial crater rims, gradational with smoother unit Ua, and rougher units U2 and Ua. Interpretation: Complex mixture of local erosional debris and crater and basin ejecta; megaregolith.

Fig. 8: La descrizione delle Unità Geologiche della UGGMM semplificata con le iniziali colorate degli acronimi