

*Aldo Ferruggia, Pier Giuseppe Barbero*



# FOLIA SELENOCROMATICA

## I

*Novembre 2021*

*"La scienza è come un uomo bendato che in una stanza buia cerca di afferrare un gatto nero".*

K. Popper

La presente trattazione vuole essere la prima di una serie di pubblicazioni che rappresentano la naturale continuazione del percorso teorico e sperimentale della Selenocromatica già a sommi capi tracciato nel precedente articolo curato da me e da amici del GAWH. Per tale motivo se ne consiglia preliminarmente la lettura. Come anticipato dalla citazione popperiana, si esporranno alcune considerazioni di tipo epistemologico capaci di indirizzare metodi, misure ed esperimenti. E prendendo spunto proprio dalla metafora del più famoso filosofo della scienza, chi si occupa di Selenocromatica non è un uomo completamente cieco ma un uomo con una visione confusa e cangiante perchè i suoi occhi possono essere cambiati. Anche il gatto, l'oggetto della ricerca, che nel nostro caso è colorato, è normalmente confuso in mezzo ad altri oggetti emettenti luce abbagliante, così come i colori della Luna sono soverchiati da una grande quantità di radiazione che, interagendo con l'atmosfera terrestre che la diffonde, ne provoca un sostanziale "appiattimento" verso il bianco, cioè verso la somma di tutti i colori. Abbiamo quindi un gatto che emette luce colorata, in mezzo ad altri oggetti che a loro volta emettono luce sostanzialmente bianca. La stessa stanza (i gradienti di lunosità della Luna), essendo abbagliante, disturba la visione del gatto colorato che solo a fatica viene percepito. Ma non solo. Chi osserva, si accorge che gli oggetti ed il gatto non emettono luce di tonalità fissa: essa infatti varia in base alla posizione reciproca tra osservatore, osservati e stanza. Ma i problemi per il cercatore di gatti colorati non sono finiti. Egli infatti non capisce se i colori che percepisce provengono dal gatto, dagli occhi di turno o dagli occhiali che indossa. Sì, perchè è obbligato a metterli quando cerca il gatto colorato ma chi li ha costruiti potrebbe averli dotati di aberrazioni che generano o cancellano colore.

A questo punto appare salutare abbandonare l'asfissiante metafora introduttiva, metafora che ci ha comunque illustrato buona parte delle difficoltà che ci troviamo ad affrontare. Ed è proprio il numero e la consistenza di queste difficoltà a suggerire di procedere senza un metodo preciso. Meglio, il metodo è proprio non averne uno. Questo significa che si sarà liberi di investigare in ogni direzione e che i risultati sul campo suggeriranno, grazie all'istinto, all'intuizione, od alla cattiva digestione, soluzioni si spera originali. Intendiamoci, un tale modo di procedere non è farina del sacco di chi scrive, ma è ispirata all'approccio

libero da condizionamenti sostenuto da Paul Feyerabend. Un campo di ricerca astronomico tanto anarchico come quello della Selenocromatica non può che essere affrontato almeno preliminarmente in maniera anarchica, con la speranza di potere riapprodare a metodologie più "ortodosse" nel momento in cui vengano acquisite conoscenze più salde.

Terminiamo questa introduzione spiegando che lo sfondo nero che si è deciso di adottare, seppure alla lunga fastidioso per la lettura, appare il più adatto per la percezione dei più fini gradienti cromatici. Si anticipa pure che alcune immagini potranno non essere esteticamente apprezzabili, avendo il presente lavoro come principale target il cromatismo lunare.

## Non solo LRO

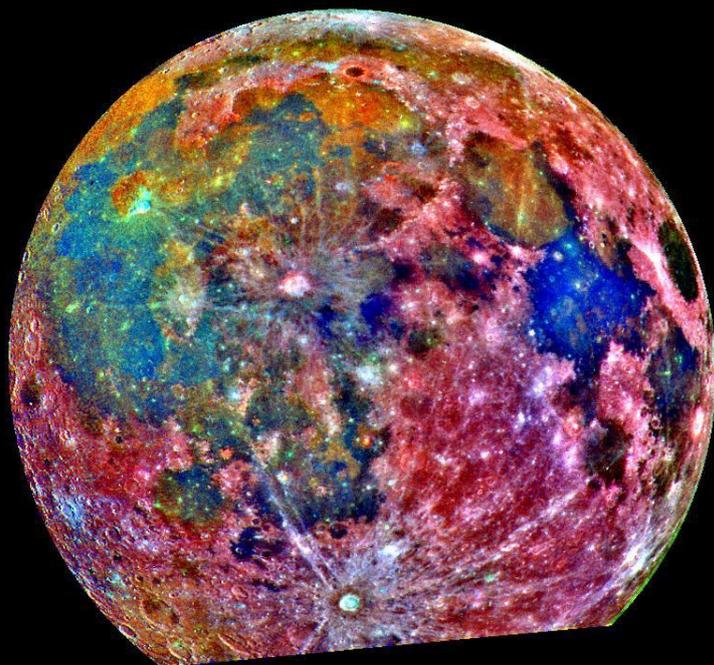
Nel precedente articolo si era usato come punto di riferimento cromatico quello della sonda LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter, lancio 2009). Si ricorda in questa sede che le immagini della LRO sono riprese dalle seguenti ottiche: due NACs (Narrow Angle Cameras) ad alta risoluzione (max 50 cm alla quota orbitale nominale di 50 km) per immagini pancromatiche con ampiezza di 2,9°; una WAC (Wide Angle Camera) per regioni più ampie (60°, con risoluzione max 75 metri alla quota orbitale nominale di 50 km) attraverso sette filtri corrispondenti alle seguenti lunghezze d'onda:

- filtro 1 – 321 nm
- filtro 2 – 360 nm
- filtro 3 – 415 nm
- filtro 4 – 566 nm
- filtro 5 – 604 nm
- filtro 6 – 643 nm
- filtro 7 – 689 nm

Le immagini a colori in tre bande sono realizzate con colori codificati corrispondenti alle lunghezze d'onda 321 nm per il blu, 415 nm per il verde e 689 nm per il rosso.

Ma appare oggi opportuno aggiungere a tale galleria di immagini anche quelle della sonda Galileo che fotografò per la NASA nel 1992 buona parte della superficie lunare utilizzando tre filtri fotografici<sup>1</sup>. I suoi mosaici a colori hanno permesso di confermare molti dati ottenuti da terra e di allungare l'elenco di reperi affidabili. Ciononostante si sottolinea anche per la sonda Galileo la difficoltà a rendere omogeneamente i colori lunari, soprattutto nelle aree nei pressi dell'orizzonte lunare che per effetto prospettico vengono schiacciate. Ne è un esempio la differente resa della zona del cratere Goldsmith ripreso "di taglio" ed in zenitale (Fig.1 e 2). La selenocromatica, come prevedibile, è più semplice se si riprende "di faccia" la superficie lunare.

1: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/look-nasas-stunning-false-color-mosaic-lunar-images-180978386/>



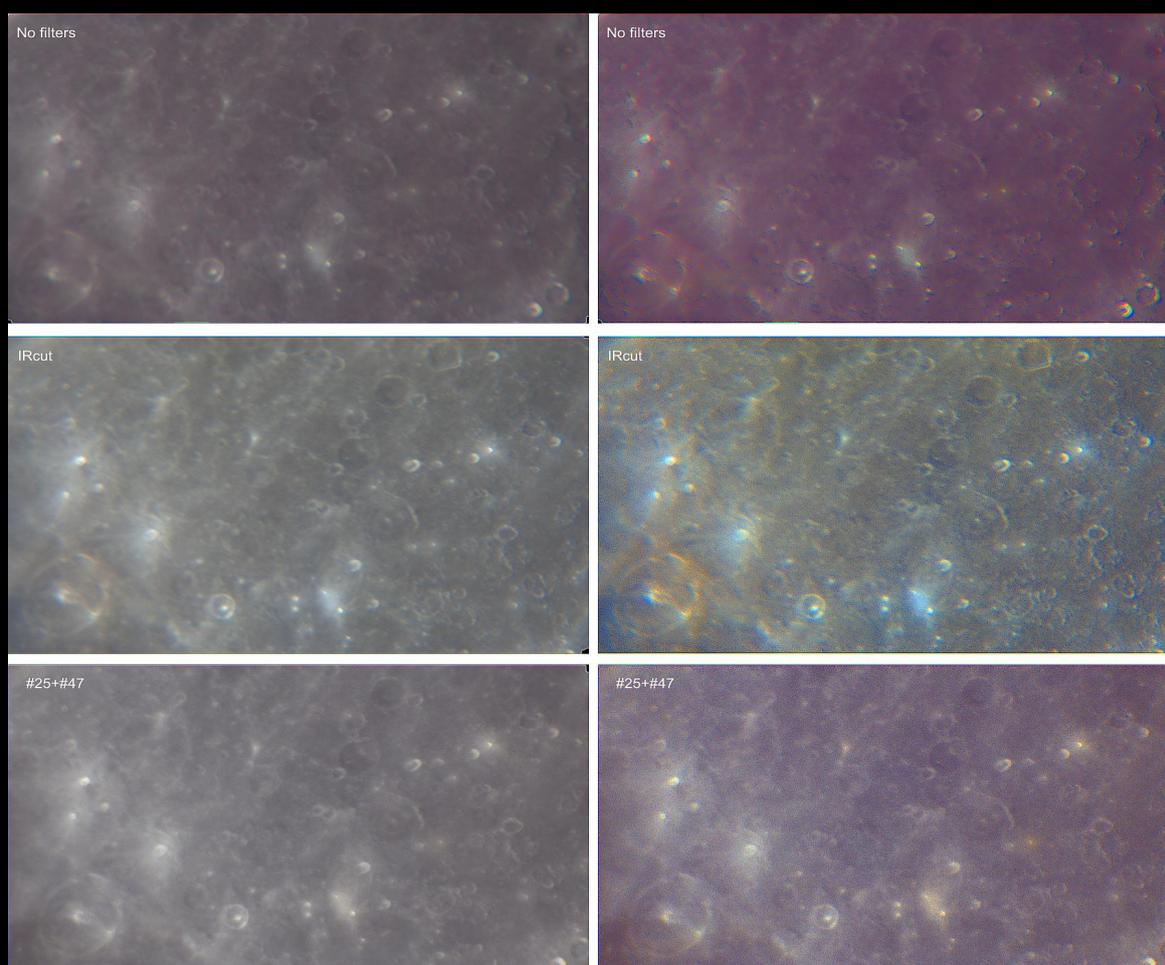
*Fig. 1: Immagine a colori esagerati ottenuta nel 1992 dalla sonda Galileo della NASA, quando si trovava a 422.000 dalla Luna.*



*Fig. 2: Immagine a colori esagerati ottenuta dalla sonda Galileo, in avvicinamento al polo nord lunare*

## Filtri: IRcut e coppie

Serafino Vinco ha testato in LC(DVF) (Luminance Chrominance from Double Visual Filters) l'utilizzo di filtri IRcut e di una nuova coppia di filtri visuali (#25 e #47) in una zona a scarso gradiente cromatico ma con aree sicuramente celesti (Descartes). Il test suggerisce che l'immagine senza filtri "annega" nell'eccesso del colore di fondo i colori meno rappresentati. L'utilizzo di filtro IRcut restituisce il ventaglio di colori maggiore e va quindi caldeggiato. Il sandwich visuale rosso-viola resiste bene alla saturazione, è avaro di colore e taglia in particolare il celeste/azzurro. Esso quindi rischia di creare chiari artefatti (necessaria rigorosa CCE – Esaltazione Cromatica Controllata) proprio in tale tonalità convertendo il celeste in giallo come la coppia viola-giallo #12 e #47 .



*Fig. 3: Immagini dell'area di Theophilus - Descartes di Serafino Vinco (C8+ ASI 385 MC); le immagini sono ruotate di 180° rispetto alla realtà e quindi il nord è in basso e l'est è a sinistra; la colonna a destra rappresenta le immagini sovrasaturate*

## Il celeste lunare

Il celeste lunare sembra essere reale, cioè sul suolo lunare vengono reperite formazioni le cui rocce tendono a tale colore, comunque quasi completamente tagliato in tecnica DVFLC notturna. Tale affermazione pare quindi suggerire un utilizzo di tale tecnica pura (senza SVC, pag. 9) soprattutto diurno, quando cioè la quantità di luce celeste diffusa dall'atmosfera va a sommarsi a quella bloccata dal doppio filtro rendendola di nuovo apprezzabile. L'ipotesi che fossero dovute ad una resa aberrante di zone ad elevata albedo è risultata errata dall'analisi di una immagine dell'astrofilo Andrew McCarthy che nella primavera del 2020 ha creato un mosaico con 12 immagini del terminatore lunare<sup>2</sup>: Sono così risultate evidenti aree inequivocabilmente celesti acquisite quando certo non presentavano albedo assoluta elevata, al terminatore appunto. Circa poi l'ipotesi che alle cuspidi ci fossero aree erroneamente rese col celeste questa è sconfessata, almeno per il polo nord lunare, dalla sonda Galileo che nel 1992 ha fotografato nel visibile la Luna da un punto di vista valido ai nostri scopi. Infine l'analisi comparata di dati ottenuti dal GAWH da terra e quelli ottenuti dallo spazio dalla sonda LRO (che in buona parte "taglia" tale colore) e Galileo<sup>3</sup> confermano la tonalità di molte delle formazioni cromatiche preliminarmente rilevate come celesti. Si apre quindi per queste aree la discussione sulla loro reale natura. Due sono le principali ed ambedue portano inaspettate considerazioni. Nel caso che il colore derivi dalla loro età, cioè se fossero zone giovani, quindi non esposte per un tempo sufficiente all'ambiente cosmico per uniformarsi cromaticamente al resto della superficie lunare, la prova regina sarebbe la scoperta di nuovi crateri di colore celeste generati dai cosiddetti *transient lunar phenomena* (TLP) attribuibili ad impatti. Resistono poi le ipotesi che si tratti di una particolare granulometria del suolo a virare al celeste e quella chimica. I fenomeni peraltro non si escludono vicendevolmente. In ogni caso, al di là della loro effettiva natura, sono formazioni per noi interessanti per la possibilità di utilizzarle nelle "triadi" cromatiche. Infatti, la loro relativa frequenza sulla crosta ne fa ottime candidate a servire da contrapposto albedico alle più scure aree ricche di ossidi di Ferro (ad es. Nubium Pony) ed alle aree scure bluastre ricche di Titanio (ad es. il bordo sud-est del Mare Serenitatis).

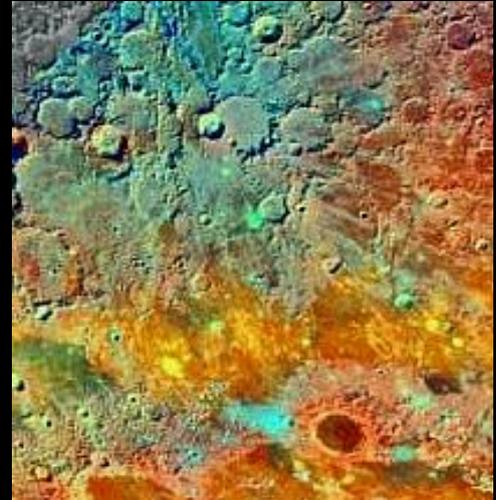


Fig. 4: Area circumpolare col cratere Goldsmith (in alto) e di Plato (in basso a dx); particolare da foto NASA a colori esagerati (sonda Galileo)



Fig. 5: Area di Plato con tecnica DVFLC+SVC (vedi oltre) di A. Ferruggia; le aree azzurre di Bliss (con crateri ad ovest) e Plato J sono reperi "forti"

2: <https://petapixel.com/2020/04/18/this-backyard-moon-photo-was-made-by-combining-shots-from-every-phase/>  
3: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA00131.jpg>

## Aggiornamento dei riferimenti cromatici (ver. 2.0)

I riferimenti consistono in criteri e reperi cromatici. Per **criterio cromatico** s'intende una regola generale di colore certa, al di là della tecnica utilizzata. Invece per **repere cromatico** s'intende una specifica struttura del suolo lunare con caratteristiche di colore e/o luminosità più o meno stabilmente codificate. Si ribadisce che ai fini della CCE (vedi articolo precedente) si inizia col considerare i criteri: è obbligatorio che l'immagine non contraddica alcun criterio maggiore di realismo. Circa poi lo *score*, esso deriva dalla somma del punteggio dei reperi rispettati dall'immagine, divisi in certi, forti e deboli. Il mancato rispetto di un repera sottrae il relativo punteggio allo *score*. Quindi il *cut-off* oltre il quale un'immagine viene considerata selenocromatica è 0. Solo nel rispetto dei criteri e con uno *score* positivo le ulteriori risultanze cromatiche non codificate presenti nelle immagini potranno essere considerate ai fini dello studio dell'evoluzione del suolo lunare.

Sappiamo come il maggiore gradiente cromatico sia riscontrabile nei mari, non ci stupisce quindi che la maggior parte dei riferimenti sia situata proprio lì. E siccome è necessario che ogni zona della Luna ripresa abbia reperi per lo *score*, in CCE è sconsigliabile acquisire in un'area in cui non sia ricompreso almeno un mare, soprattutto in LC(DVF). Avremo quindi criteri obbligatori e reperi più sicuri (saldi) perchè univoci con più tecniche di acquisizione terrestre e confermati da sonde spaziali, reperi forti perchè sempre ottenuti con una tecnica e confermati da sonde, ma anche reperi deboli che sono quelli prodotti da una sola tecnica di ambito amatoriale. Alle immagini con *mineral score* alto si accorderà una grande affidabilità cromatica. La comunità di astrofili potrà sempre, in base ad esperienze dirette e/o evidenze di dati autorevoli promuovere o declassare i singoli reperi cromatici. Se necessario si potrà anche rivedere la classificazione del punteggio aumentando il numero delle suddivisioni. Si ribadisce di nuovo come i reperi, a differenza dei criteri, possano anche essere diversi nelle diverse tecniche, ed in questo caso avranno indice più basso.

### Criteri cromatici

- 1) I mari sono più scuri delle terre
- 2) I mari presentano maggiore contrasto cromatico rispetto alle terre
- 3) Le raggere d'impatto sono più chiare delle strutture a cui si sovrappongono
- 4) Mare Nectaris è globalmente più chiaro di M. Tranquillitatis e di M. Serenitatis
- 5) Le terre hanno normalmente cromatismo dominante "caldo"; fa eccezione l'area di Tycho
- 6) M. Tranquillitatis è più scuro di M. Serenitatis
- 7) Il cratere di Tycho appare più chiaro delle adiacenze a parità d'illuminazione
- 8) Il fondo del cratere Plato è più scuro rispetto al Mare adiacente a parità d'illuminazione

### Reperi saldi (mineral score 3)

- 1) Grimaldi richiama M. Procellarum e Riccioli ed appare più scuro e bluastrò di Hevelius
- 2) "*The Nubium pony*" area cromatica a nord di Nicollet a forma di collo e testa di cavallo, è più chiara (rossastro-arancione) del resto del mare
- 3) Il fondo di Pitatus (freddo) e Lubiniezky (caldo) hanno simile colore del mare adiacente
- 4) La zona nei pressi di Clerke è la più scura del Mare Serenitatis (colore freddo)

- 5) Mare Imbrium è più scuro e bluastro ad ovest della linea ideale che unisce Beer e Maupertuis A; ad est di questa linea è più rossastro
- 6) Mare Tranquillitatis è globalmente più scuro e bluastro di M. Serenitatis (più rossastro)
- 7) Theophilus mostra colore più caldo rispetto a Cyrillus e Catharina
- 8) L'area interna del cratere di subsidenza Jansen si presenta tendente all'azzurro e contrasta con la circostante tonalità calda del mare
- 9) Maraldi si presenta come un'area circolare di tono azzurro in una zona di colore più "caldo".
- 10) I crateri Copernicus B ed H presentano colore freddo cupo (verde/blu/viola) che richiama quello del mare circostante
- 11) Nicolle è celeste in LC e L(IRP)+C
- 12) L'area intorno a Lassell è rosso mattone in LC e L(IRP)+C

## **Reperi forti (mineral score 2)**

- 1) Agatharchides 1, la parte sud di Montes Rhipaeus e Darney C3 sono rosso mattone
- 2) Plato J e l'area oblunga di Bliss appaiono azzurro-celesti
- 3) Lo "sbuffo" di Cavalerius è più chiaro e caldo che il Mare adiacente
- 4) La zona intorno a Dawes è più chiara (tendente al celeste) rispetto all'area blu cupo di Plinius
- 5) Il fondo di Schickard (cromaticamente mare) presenta una formazione colorata "calda" con aspetto trapezoidale con due zone fredde più scure ai lati
- 6) Aristillus e la sua area appaiono celesti nel visibile
- 7) Il cratere di Tycho appare celeste nel visibile
- 8) la zona di Descartes appare verde-azzurrina nel visibile

## **Reperi deboli (mineral score 1)**

- 1) La zona di Descartes appare grigio-giallastra con DFV
- 2) La zona intorno a Clerke appare blu-verdastra-violacea in base alle tecniche di ripresa ed all'incidenza della luce solare
- 3) La "testa" di Reiner Gamma presenta colorito rossastro in contrasto col mare circostante
- 4) Mare Frigoris appare globalmente rossastro nel visibile

-----

L'elenco deve essere completato con l'intera mappatura della faccia visibile della Luna; si individueranno così i "reperi" relativi ad ogni singola tecnica.

## Triadi e software

Ad oggi non siamo a conoscenza di software dedicati alla acquisizione selenocromatica. L'individuazione di triadi, associazioni di tre reperi "saldi" e/o "forti" tra loro vicini sulla superficie lunare, potrebbe essere il primo passo per la creazione di software in grado di leggere l'informazione catturata dalla camera per bilanciarla e correggerla. Tali triadi dovrebbero essere reperite su gran parte della superficie lunare per permettere al software di lavorare su tutta la faccia visibile. Dopo aver sovrasaturato l'immagine e riconosciuto la triade, grazie a tale triangolazione cromatica il software potrebbe non solo lavorare *live*, elaborando un'immagine selenocromatica "dal vivo", cioè utile a mostrare a monitor "in diretta" i minerali lunari, ma potrebbe anche guidare l'acquisizione di una sequenza fotografica che non necessiterà di una postproduzione laboriosa. Si approderebbe quindi ad uno *standard*, pur essendo ben consci del suo limitato significato in campo selenocromatico.

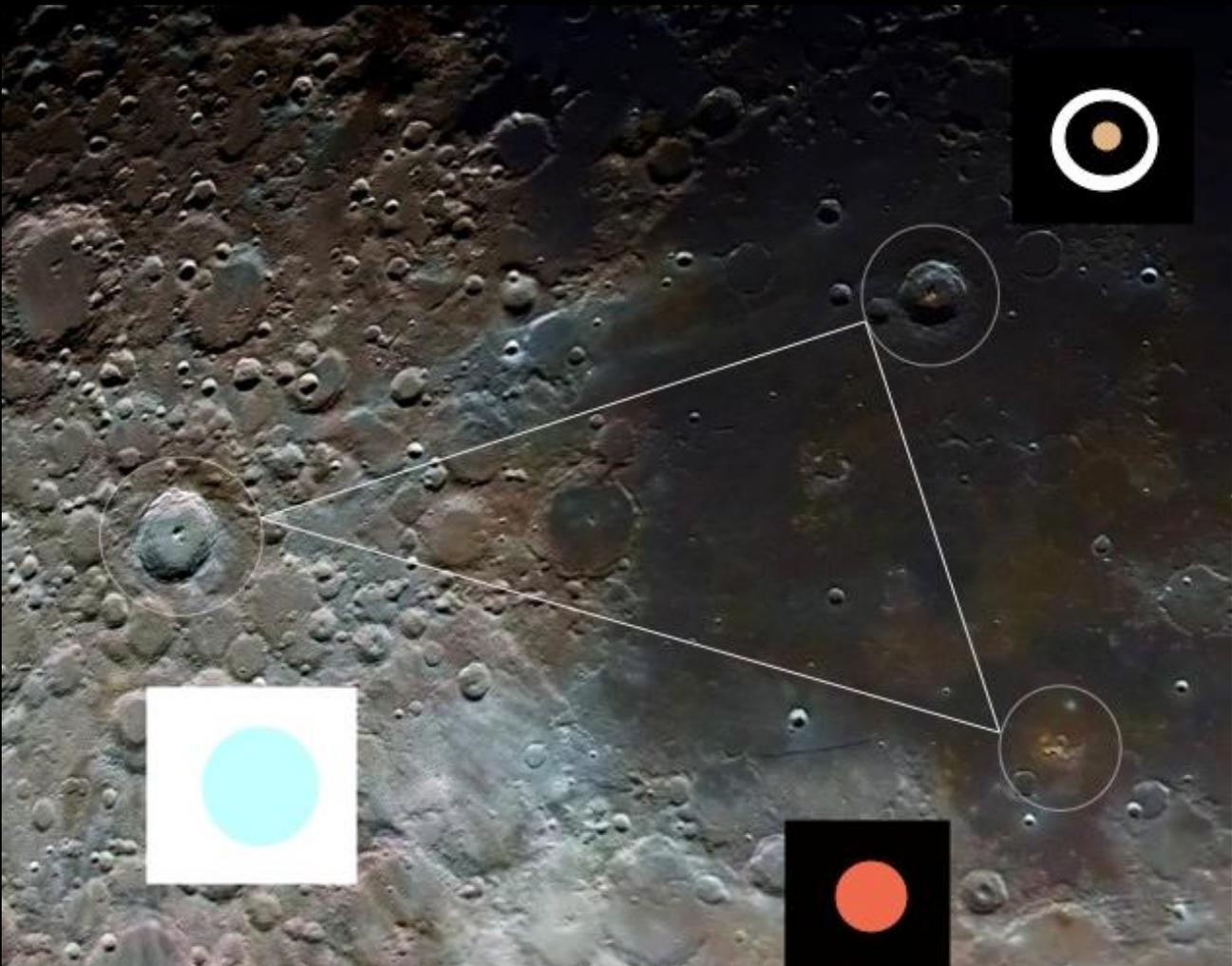


Fig. 6: Prima proposta di "triade" cromatica: a sinistra (Sud) Tycho in celeste, in basso (Est) Lassell, arancione in campo scuro aperto ed in alto Bullialdus giallo-arancio in campo scuro centrato. Immagine di A. Ferruggia con L(DVF)+C, vedi sotto). "The Nubium Pony" potrebbe implementare la "triade"

## Tecnica LC(DVF) + C (Hybrid Cromiance)

Oltre alle codificate tecniche esposte nel precedente articolo, esiste la possibilità di ibridarle. Si mescolano le conosciute LC (Luminance-Cromiance) e LC(DVF) (Luminance-Cromiance from Double Visual Filter) per ottenere un file a colori che verrà usato come cromianza superficiale e uno a colori potenzialmente da elaborare in CCE dalla cui elaborazione però ci si astiene. Si utilizza solitamente come luminanza l'immagine più nitida (tanto più spesso derivante da DVF quanto peggiore è il seeing) e le si somma in modalità "colore" l'immagine a colori grezza da DVF o la "matrice di cromianza". Si somma infine anche il risultato nel visibile, sempre con modalità "colore". Le immagini ottenute sono particolarmente ricche e contrastate perchè ottenute con una cromianza ibrida. Alternativamente si potranno sommare immagini ad alta risoluzione in BN (luminanza) e immagini a più grande campo a colori, anche ottenute in giorni diversi (allineamento necessario), ma il risultato potrebbe non essere altrettanto soddisfacente in quanto la mancanza di una "corposa" cromianza da DVF in *background* può rendere meno ricca la sola cromianza non filtrata. Quest'ultima infatti deriva spesso da immagini di più grande campo e ha quindi una trama cromatica meno compatta quando si ingrandisce per il necessario allineamento.

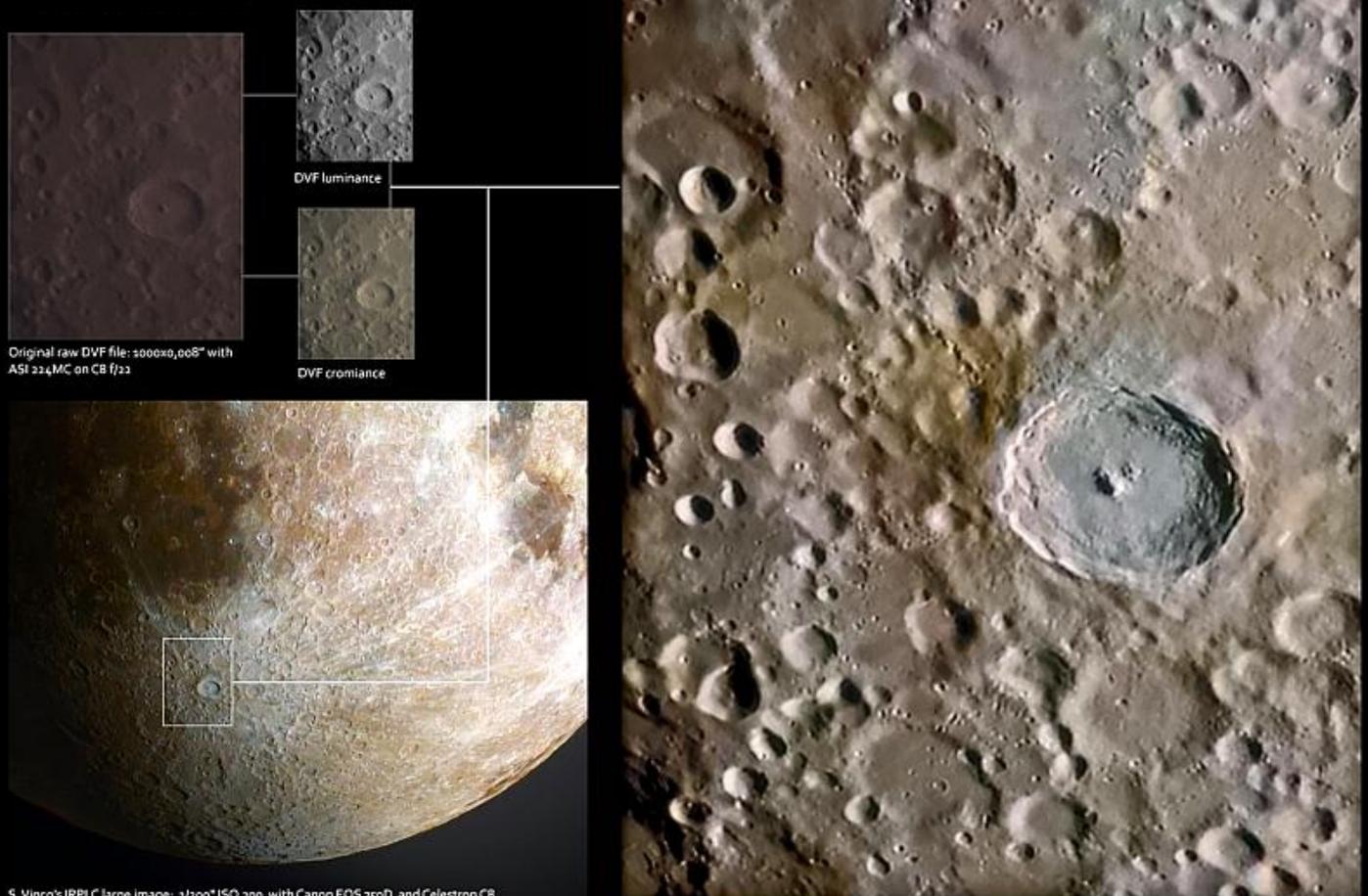


Fig. 7: Schema di LC(DVF) + C ( a cromianza ibrida)

## Risoluzione e colore

Le immagini utilizzate per l'analisi selenocromatica dovrebbero preferibilmente, ma non necessariamente, essere caratterizzate da alta risoluzione in modo da evidenziare anche piccole aree in cui i colori siano differenti dalle regioni circostanti e possibilmente determinare a quali dettagli superficiali siano attribuibili tali colori.

Vari sono i fattori che concorrono al conseguimento di tale alta risoluzione, alcuni gestibili quali strumentazione, tecnica di ripresa, elaborazione dell'immagine, e altri al di fuori del controllo dell'astrofilo, principalmente il *seeing*.

In questo contesto può essere interessante determinare per via diretta la risoluzione raggiunta nelle immagini ottenute, sia per un utile confronto con riprese delle medesime zone effettuate in tempi/con telescopi differenti oppure da altri astrofili, sia per valutare in termini assoluti la qualità di ripresa.

Il metodo consiste nell'individuare il più piccolo cratere visibile e stimarne la sua dimensione lineare. Poiché le attuali tecnologie a disposizione dell'astrofilo permettono di risolvere minuti particolari dei quali non sono normalmente disponibili stime del loro diametro occorre effettuarne una misurazione ed applicare una semplice proporzione rispetto a crateri dei quali siano note le dimensioni. E' possibile infatti reperire immagini di alcune zone del nostro satellite che hanno già quotati numerosi piccoli crateri. In tal modo, come detto, sarà possibile determinare per confronto diretto la grandezza del più piccolo particolare presente su una nostra ripresa inferendo tale valore tramite il rapporto tra dimensioni dei crateri.

Nel caso in cui vi sia il dubbio che una piccola macchia sia effettivamente un cratere o piuttosto un difetto di immagine (pixel caldo, eccesso di elaborazione ecc.) può essere utile affidarsi alle riprese ad altissima risoluzione delle sonde Lunar Orbiter degli anni pre-Apollo o, più recentemente, dell'LRO: in tal modo ogni dubbio può essere oggettivamente fugato.

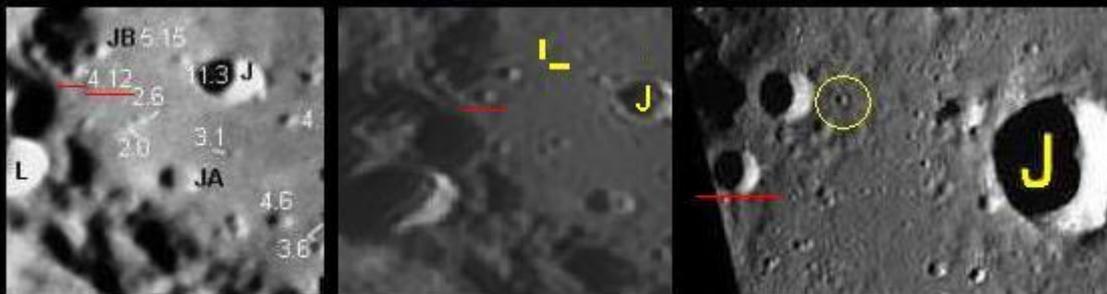


Fig. 8: Area Nord-Ovest di Clavius

Qui si propone un esempio di calcolo sulla zona nord ovest di Clavius (fig. 8): da sinistra l'immagine quotata nella quale non è visibile il cratere più piccolo rilevato nella ripresa centrale di Serafino Vinco e indicato con i due tratti gialli: a destra l'immagine da LRO in cui è visibile il particolare (cerchio giallo). Il cratere indicato con la riga rossa ha una dimensione di 4,12 km: misurando con una riga direttamente sullo schermo del PC tale dettaglio e quello di cui si ricerca la misura si ottiene un rapporto di 1/3,75: da ciò si ricava un diametro reale di 1,1 km per il craterino ( $4,12 / 3,75 = 1,099$ ).

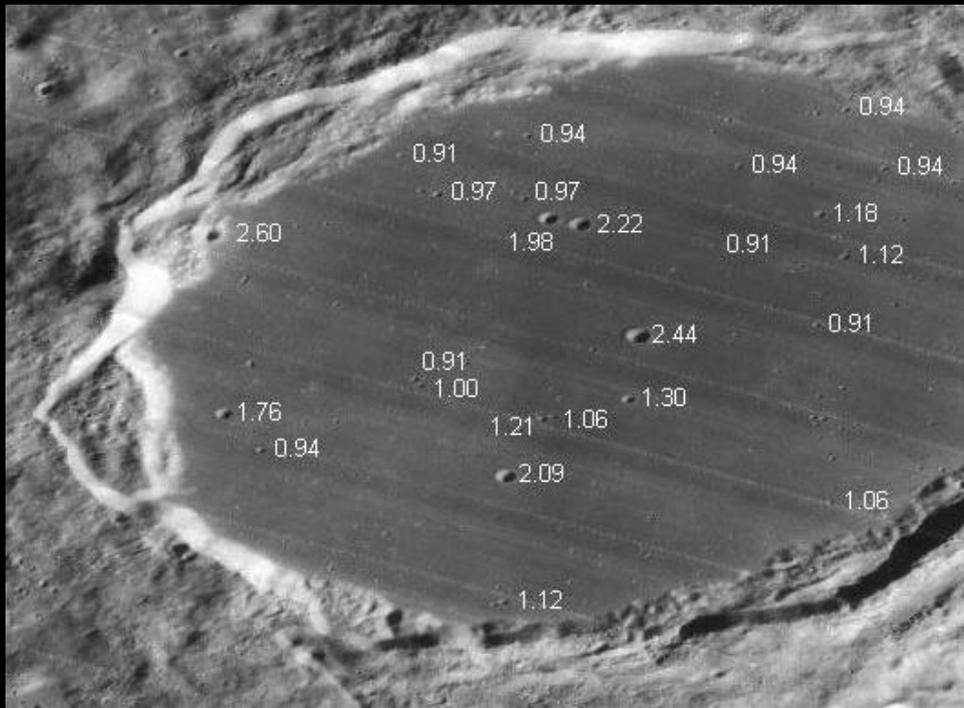
*Si forniscono sotto come riferimento immagini di cinque aree della Luna con misurazioni di crateri (in successione il Cratere Clavius, Mare Nectaris, Mare Humorum, il cratere Plato e Ptolemaeus).*



Image courtesy of NASA's Apollo Lunar Atlas  
 Whitepeak Observatory Graphic







*Si rinnova infine l'auspicio che il gruppo astrofili William Herschel di Torino possa fungere da riferimento stabile per la "selenocromatica amatoriale", e che a tale scopo ai "Folia" successivi possa partecipare un numero crescente di astrofili, anche di altre associazioni.*