

## Tricromía Marciana Óptica-IRF con Webcam RGB

Oliver Christopher López<sup>1,2,3,4,5</sup>, Janeth Rivas Silva<sup>1,6,7</sup>

<sup>1</sup> Complejo Astronómico Andrés Bello, [www.olichris.jimdo.com](http://www.olichris.jimdo.com)

<sup>2</sup> Sociedad Venezolana de Aficionados a la Astronomía, [www.sovafa.com](http://www.sovafa.com)

<sup>3</sup> Planetario Humboldt, [www.planetariohumboldt.com](http://www.planetariohumboldt.com)

<sup>4</sup> Sociedad Astronómica de Venezuela

<sup>5</sup> Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables <http://aavso.org>

<sup>6</sup> Universe Awareness

<sup>7</sup> U.E.N Aguedo Felipe Alvarado

[olichris26@gmail.com](mailto:olichris26@gmail.com), [janethrivas8@gmail.com](mailto:janethrivas8@gmail.com)

### RESUMEN

Cada 26 meses la Tierra y Marte alcanzan su punto de máximo acercamiento, lo que hace favorable su observación. Este trabajo se propone a partir de imágenes ópticas y en el IR fotográfico (IRF) analizadas en conjunto y combinadas, evaluar las mejores combinaciones para identificar mejor las nubes, tormentas de arena y detalles del suelo. Las observaciones se realizaron desde el Complejo Astronómico Andrés Bello (CAAB), y fueron enviadas adicionalmente a la base de datos de la ALPO y la PVOL.

### ABSTRACT

Every 26 months the Earth and Mars reach their point of maximum approach, which makes their observation favorable. This work is proposed from optical images and in the photographic IR (PIR) analyzed together and combined, evaluate the best combinations to better identify clouds, dust storms and soil details. The observations were made from the Andrés Bello Astronomical Complex (CAAB), and were additionally sent to the database of the ALPO and the PVOL.

Palabras clave: Astronomía Observacional – Meteorología – Climatología – Nubosidad – Suelo Marciano – Nubes en Marte.

## 1. INTRODUCCIÓN

A raíz de un artículo aparecido en la revista Universo 38<sup>1</sup>, e impulsados por unas imágenes de la oposición de Marte del 30 de Julio de 2018 que nos envió nuestro amigo el astrofotógrafo

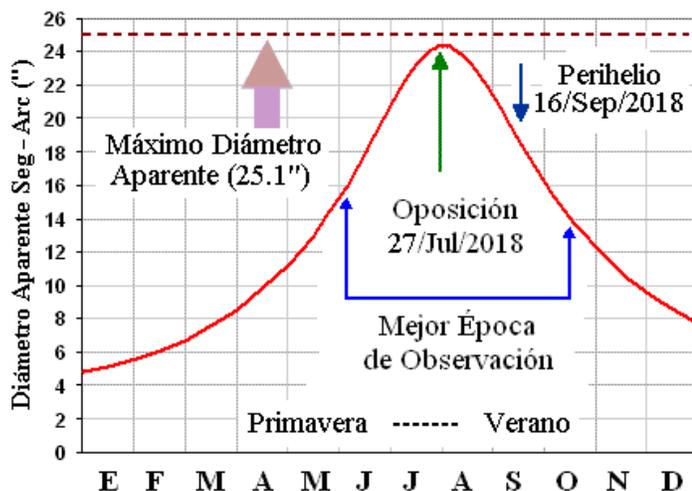
Antonio Ballesteros desde su observatorio en Caracas (Observatorio Colinas)<sup>2</sup>, se decidió obtener un conjunto de imágenes ópticas y en el IR Fotográfico (IRF) para evaluar los mejores colores para el estudio de los detalles marcianos, nubes, tormentas de arena, reflectividad de suelo y casquetes polares. Las observaciones se relazaron desde el Complejo Astronómico Andrés Bello (CAAB) ubicado en Bobare/Lara/Venezuela a Lat: 10°16'31,7"N, Lon: 69g27m45,8sO, Altura:655.3msnm<sup>5</sup>.

El segundo objetivo de las imágenes era enviarlas al archivo de la Asociación de Observadores Lunares y Planetarios (ALPO)<sup>6</sup> y Planetary Virtual Observatory and Laboratory (PVOL)<sup>7</sup> quienes coordinan programas de vigilancia, y alertan a los observatorios profesionales cuando ocurren eventos importantes.

### 1.2 Influencia de la Dinámica Atmosférica en las Variaciones del Albedo Marciano

Marte tiene una delgada atmósfera compuesta por alrededor de un 95% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), 2.7% de Nitrógeno, 1.6% de Argón, 0.15% de oxígeno, 0.1% de monóxido de carbono y una ínfima proporción de vapor de agua H<sub>2</sub>O (alrededor del 0.01%)<sup>3</sup>. Es relativamente común la presencia de nubes blancas de vapor de agua condensada o de dióxido de carbono, particularmente cerca del terminador (nubes del amanecer)<sup>8</sup> y en

Figura 1



El diámetro aparente de Marte oscila entre 3.5 y 25.1"<sup>3</sup> en oposición, dado lo pequeño de su diámetro aparente este es el mejor momento para obtener detalles de su observación<sup>4,3</sup>

las latitudes polares<sup>9</sup>, donde se encuentran no exactamente centrados en los polos<sup>8</sup> dos casquetes de hielo de agua que nunca se funden.

En invierno en las latitudes medias, el vapor de agua se condensa en la atmósfera y forma nubes ligeras de finísimos cristales de hielo. En las latitudes extremas, la condensación del anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) forma otras nubes que constan de cristales de nieve carbónica. Cuando llega la estación fría y la temperatura desciende por debajo de los - 80°C, el depósito de hielo de agua permanente en los polos comienza a cubrirse por una capa de escarcha debido a la condensación del vapor de agua atmosférico; luego al seguir bajando la temperatura a menos de - 120°C, esta capa es cubierta por otra de nieve de dióxido de carbono que extiende el casquete polar hasta rebasar a veces los 50° de latitud, lo que hace cubrir su borde norte a la mitad de la región de Hellas, llegando a la temperatura mínima a - 128°C. En el hemisferio opuesto ocurre el proceso inverso, con el aumento de temperatura se sublima primero la nieve carbónica, y luego la escarcha de agua, quedando de nuevo el hielo de agua permanente al descubierto retrocediendo el casquete hasta 87° de latitud<sup>10</sup>. Este depósito de agua permanente no sufre ablación importante porque inmediatamente bajan de nuevo las temperaturas<sup>3</sup>. El crecimiento y retroceso del casquete polar sur no siempre ocurre igual por motivos meteorológicos<sup>8</sup>. El diámetro del casquete es el ángulo subtendido por este desde el centro del planeta, un casquete que llegue al ecuador tendría 180°<sup>8</sup>.

La superficie de Marte es de Basalto Volcánico, es decir Lava o Magma Solidificada<sup>11</sup>, esta se caracteriza por su color oscuro, pero su alto contenido en Hierro y Silicatos de Hierro (Ferrosilicatos)<sup>3</sup>, producen por su oxidación los característicos colores rojo<sup>9</sup> amarillo y café<sup>12</sup>. Estas tonalidades son observables en sus accidentes oscuros y brillantes, que no siempre corresponden a accidentes topográficos del terreno. Las estructuras oscuras o (accidentes de albedo), como Syrtis Major Planum, son las áreas con polvo superficial oscuro transportados por los vientos estacionales<sup>9</sup>.

En el verano justo después del perihelio, cuando Marte se encuentra en la mínima distancia al Sol, la temperatura asciende hasta 1°C, calentándose la superficie del suelo y perdiendo humedad. En ciertas regiones especialmente en Noachis y Hellas, la sublimación continua de la capa de hielo de CO<sub>2</sub> produce fuertes vientos<sup>13</sup> que desencadenan violentas tempestades que arrancan importantes cantidades de polvo al suelo seco, que por lo fino de este se eleva a grandes alturas<sup>3</sup>, pudiendo extenderse en una sola semana hasta cubrir la totalidad del planeta como una neblina amarilla, de allí el oscureciendo de los accidentes superficiales mas familiares<sup>4,9,3</sup>. Como su atmósfera posee una presión de solo 7 mb, (144.7 veces menos densa que la de la tierra), es necesario vientos de al menos 200 Km/h para poder levantar el polvo del suelo, aunque con el hielo de CO<sub>2</sub> expuesto a la luz solar, la sublimación de este puede producir vientos incluso de hasta 400 km/h<sup>13</sup> “Téngase en cuenta

que en la Tierra la categoría de Huracán son vientos a partir de 117 Km/h”<sup>14</sup>. Esos velos de polvo que se trasladan de un sitio a otro estacionalmente, son los que explican los cambios de color del disco marciano en el transcurso de los años visto desde la tierra, lo que produce lentamente cambios ligeros en su mapa.

## 2. MÉTODO

Las imágenes se obtuvieron a partir de videos en formato AVI (sin compresión) capturados con una webcam **Celestron NexImage Solar Sistem Image** con sensor CCD SONY ICX 098AK formato VGA 640 x 480 con píxeles cuadrados de **5.6 µm** (Modificada a modo RAW)<sup>15</sup>, montada en un telescopio **Reflector 8” f 5 (1000 mm)**, con una rueda de filtros autoconstruida<sup>16</sup> y Barlow de 2X de 1”1/4 pulgada, lo que llevo la focal a 2000 mm (F10), obteniéndose una resolución de **0.58”/Pixel**. La captura se realizo con una **Minilaptop Lenovo Intel 1.6, 1Gb RAM, 160 DD**, cronometrada usando el programa **AtomTime Pro 3.1d** con reloj atómico **Boulder - Colorado (USA)**, usando el software gratuito **wxAstroCapture V1.7-2** (ver datos en la tabla 1).

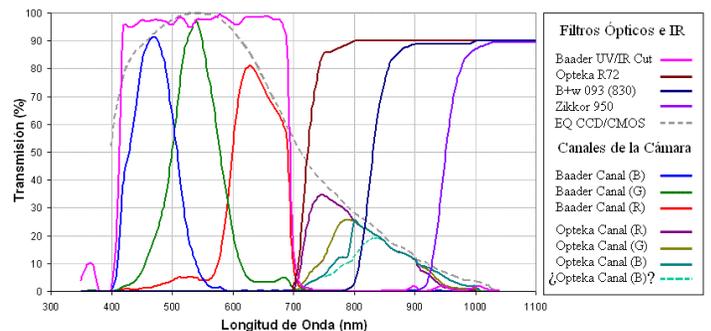
Tabla 1

Fecha	Videos	D Ap”	Filtros*				Tamaño Gb
			B	O	B	Z	
18/09/18	12	17.7	2	2	3	5	
26/09/18	4	16.4	1	2	1	-	

\* B = Baader UV/IR Cut, O = Opteka R72, B = B+W 093, Z = Zikkor 950. D Ap” indica el diámetro angular aparente del planeta para esa fecha.

De los filtros disponibles se escogieron 4 para este trabajo, uno óptico y 3 infrarrojos, la figura 2 muestra sus transmisiones junto a la de los canales RGB de la cámara bajo la influencia de 2 de ellos, el filtro óptico Baaader y el filtro IR Opteka R72.

Figura 2



Vemos que los canales RGB con el filtro Opteka R72 tienen un corte a mitad de altura alrededor de 720, 750, y 790 nm respectivamente, conservando todos la misma transmisión hacia el IR. Al usar los filtros IR B+W 098, y Zikkor 950, sus transmisiones vienen a ser las mismas, por lo que la cámara vendría a comportarse como una cámara monocroma. Aunque es posible que el canal B con el Opteka R72 tenga un paso un poco mas desplazado hacia el IR (ver sección 2.3 y 3.0).

Dado que el filtro Baader posee una mayor transmisión se disminuyó la ganancia en la captura para evitar en la medida de lo posible el ruido. Para aminorar el efecto de las ráfagas de aire se apantalló el telescopio con la tapa de un tanque de agua, sin embargo hubo que usar una velocidad de obturador de 1/25 y 1/50 para evitar el emborronamiento al realizar las exposiciones más cortas. Con los filtros IR por su menor transmisión generaban imágenes más oscuras, cuanto más alejado hacia el infrarrojo, por lo que hubo que aumentar el brillo subiendo la ganancia tratando de mantener la misma velocidad de obturación, para el Zikkor 950 la ganancia se usó cerca de 90%. Adicionalmente, como la turbulencia atmosférica afecta menos a longitudes de onda IR y aumenta a mayor espesor atmosférico, se capturaron los videos con el filtro Baader al inicio de la sesión de observación, cuando el planeta se encontraba alto cerca del cenit y la masa de aire era más delgada, y se obtuvieron los videos con los filtros IR cada vez más profundos, Opteka, B+W, Zikkor, a medida que el planeta bajaba en altura sobre el horizonte y el espesor atmosférico se hacía mayor, para minimizar la turbulencia acorde con la longitud de onda. Esto se comenzó lo más temprano posible por la posición del planeta, y para evitar la llegada de las nubes que en el sitio del complejo es habitual que comience a las 22:30 de la noche hora local de Venezuela<sup>17</sup>.

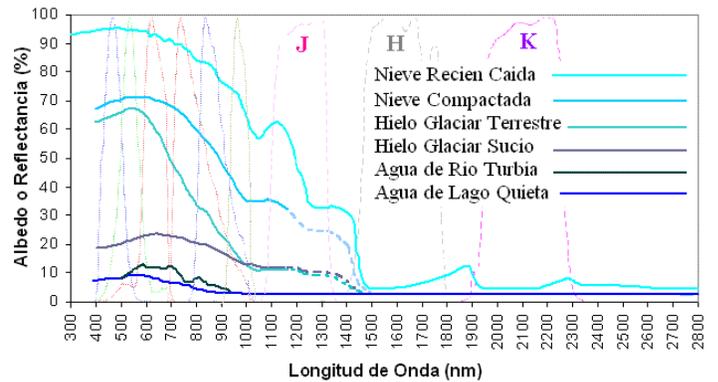
## 2.1 Criterio para la Selección de los Filtros

La selección de los filtros mostrados en la figura 2, obedece a la intención de sustituir uno de los canales RGB ópticos por un canal IR, o incorporarlo como luminancia, para mejorar el contraste entre las regiones claras y oscuras de su superficie captadas en el canal IR, y el de las nubes de agua y CO<sub>2</sub> y tormentas de polvo captadas en B y G-R<sup>4</sup>.

Basados en esto se ha revisado el albedo o reflectancia de los diferentes rasgos exhibidos por el planeta: la nieve recién caída posee una reflectancia en el óptico del 90% de la luz incidente<sup>18</sup>, pero su contenido microscópico de agua líquida lo disminuye dramáticamente hacia infrarrojo medio debido a su intensa absorción (ver figura 3)<sup>19</sup>. A medida que la nieve se compacta, también disminuye su reflectancia, y más en el Hielo Glaciar, que cuando está sucio se torna de color grisáceo, mostrando menor reflectancia<sup>19</sup>. Las curvas de hielo y de agua llegan a su mínimo a 1450 nm<sup>20</sup>, mientras que sus bandas de absorción a 750 y 1000 nm, aumentan a medida que el agua se hace más líquida, y también aumenta la absorción en el UV<sup>20</sup>.

Con respecto a la reflectancia del suelo, de acuerdo con diversos análisis<sup>21,22,23,20</sup> los Óxidos Férricos dominantes en su superficie son, la "Hematita" ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) de color rojo y la "Maghemita" ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ambos representan el 22%, el Silicato de Magnesio y Hierro "Olivino" (Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> de color verde vítreo y de origen basáltico, el Sulfato de Hierro Hidratado "Jarosita" KFe<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>6</sub> de color amarillo ocre, el Óxido de Hierro Hidratado "Goethita" [ $\alpha$ -Fe<sup>3+</sup>O(OH)] de color café, y el Óxido de Hierro "Magnetita" (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) de color oscuro como el basalto. Las

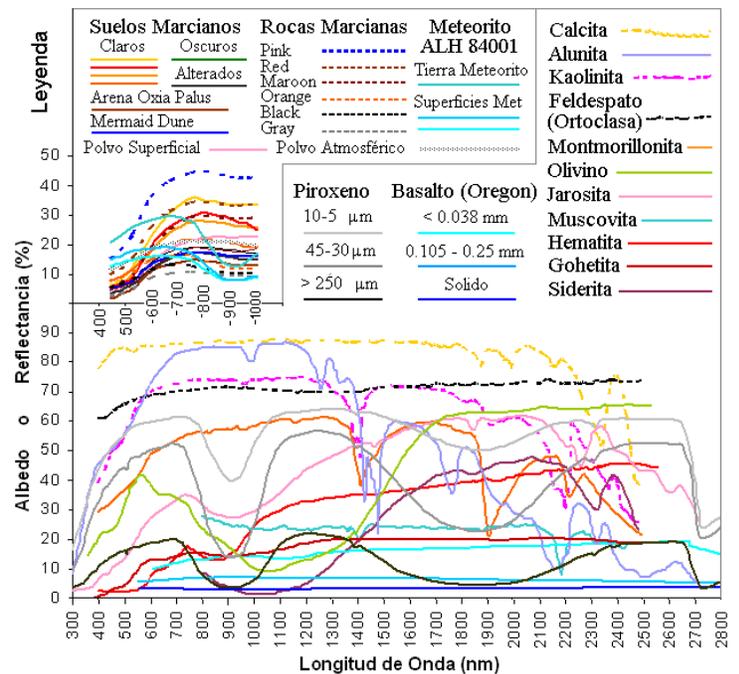
Figura 3



En la figura 3 los canales de color RGB, se ha ajustado a la influencia del filtro de corte Baader IR<sup>24</sup> y también se han ajustado al igual que las banda IR Opteka, B+W, y Zikkor a su 100% de transmisión<sup>25</sup>, ya que se toma en cuenta que los colores han sido balanceados para corregir la desigual transmisión de estos.

curvas de reflectancia de estos elementos, que a su vez son los mayores componentes de las rocas y de los suelos<sup>12,19</sup> son mostradas en la figura 4 junto a las curvas de varias de las regiones brillantes, oscuras y alteradas, y de algunas rocas del suelo marciano<sup>26,27</sup> obtenidos por el (IMP) de la misión Pathfinder (1997), y del meteorito marciano ALH 84001<sup>27</sup>.

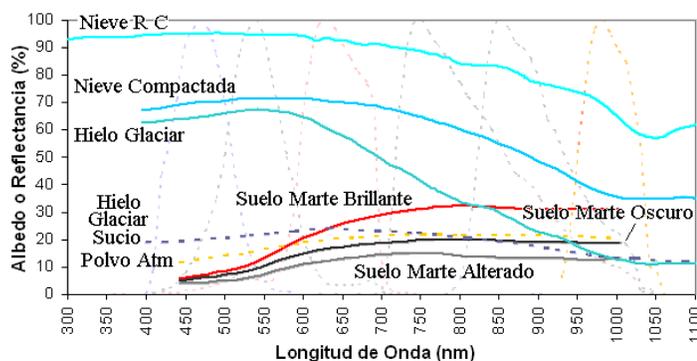
Figura 4



Podemos apreciar las características bandas de absorción comunes de los diferentes Óxidos de Hierro, a 480, 550, y 920 nm<sup>21,28</sup> para la Goethita, y Jarosita, presentes también en el Óxido Ferroso (FeO) de color naranja-violáceo oscuro. La Hematita y la Maghemita<sup>29,12,21</sup> tienen baja reflectancia en el óptico pero aumenta a los 600 nm<sup>30</sup>. Pero vemos que ninguna de

las curvas de reflectancia del suelo marciano coincide exactamente con la curva de alguno de sus elementos individuales, esto es debido a su mezcla por las tormentas combinando sus curvas de reflectancia individuales de manera no siempre lineal<sup>20,31</sup>, pues el granulado de los minerales y su grado de compactación modifican su porcentaje de reflectancia (ver curvas del piroxeno y del basalto en figura 4), entonces ocurren mezclas de revestimientos delgados de polvo brillante sobre rocas oscuras, etc, a esto se suma los distintos procesos de

Figura 5



oxidación que afectaron a cada mineral de modo distinto, todo esto ha dificultado determinar exactamente la contribución de la reflectancia de cada elemento en la curva final para cada uno de los tres tipos de suelo, sin embargo, la homogeneidad composicional las hace muy similares, a saber: mínimo de reflectancia en el azul por la absorción de los óxidos de hierro, aumentando hacia el rojo con un máximo a los 750 nm<sup>26</sup>, permaneciendo plana para las regiones oscuras hasta los 1000 nm, y aumentando ligeramente para las regiones brillantes más allá de los 820 nm. La absorción a 930 nm del piroxeno es vista ligeramente en los suelos alterados, lo que ha llevado a muchos autores<sup>26</sup> a trabajar con una curva media para cada uno de estos tres suelos, estas se muestran en la figura 5 junto a las curvas de la nieve y el hielo, y la del polvo en suspensión, cuya composición es similar al que cubre las rocas y la superficie. También se muestra la cobertura de los canales RGB ópticos, y RGB IR.

Tabla 2

Elemento	%	Elemento	%
Oxido de Silicio SiO <sub>2</sub>	40.6	CaO	5.8
Hematita $\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - Magnetita $\gamma$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22.3	Na <sub>2</sub> O	3.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.6	Oxido de Titanio TiO <sub>2</sub>	0.9
MgO	8.3	K <sub>2</sub> O	0.9
SO <sub>3</sub>	6.1	LOI	no determina

La consecuencia de lo anterior, es que como en toda imagen a color, cada canal registre una información distinta, el contraste de brillo entre los suelos claros y oscuros muestran su máxima diferencia hacia el IR después de los 700 nm, haciéndose menor en los canales rojo, y verde, siendo mínimo en el azul, sin embargo esta reducción en el contraste, es cada vez menos captada por los canales G y B puesto que la luz IR, roja y

amarilla penetra sin problema el polvo en suspensión en los diversos estratos atmosféricos del planeta<sup>32</sup>, pero la luz azul y violeta es dispersada por estos, impidiendo que penetre hasta el suelo para ser reflejada y captada por el canal B. Esto se acentúa hacia el violeta, ventana espectral correspondiente al filtro Wratten 47, donde el planeta se muestra carente de detalles superficiales, y donde solo podemos observar los prominentes casquetes polares así como las brumas y nubes situadas por encima de la capa dispersora de aerosol (ver imagen 1a, d, e, f).

Imagen 1

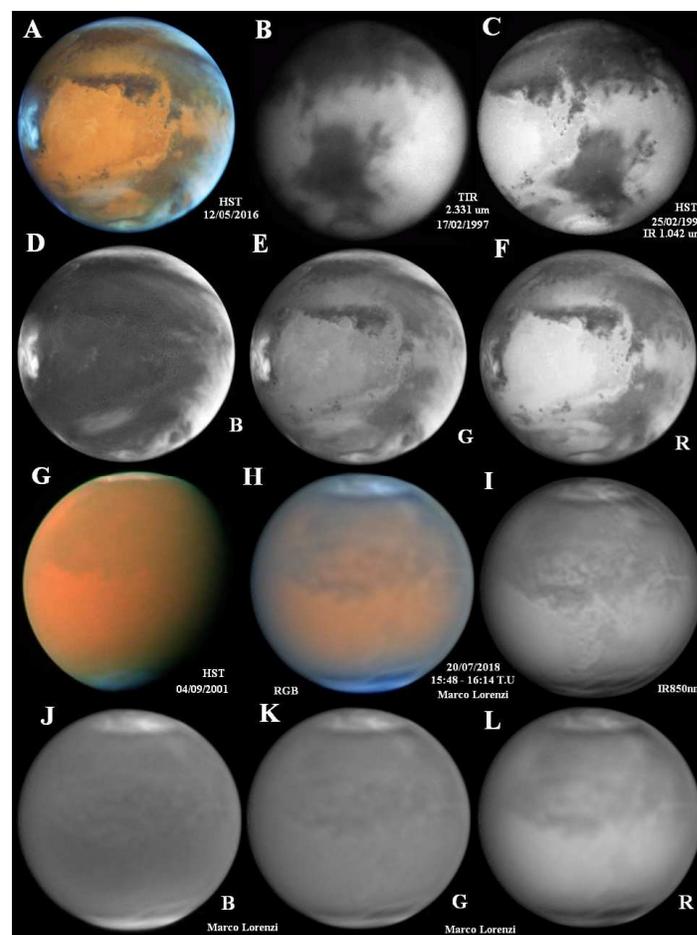


Imagen 1: A) HST 12/05/2016 en el óptico, B) Telescopio Infrarrojo de la NASA en Hawaii 17/02/1997 IRM 2.331  $\mu$ m<sup>33</sup>, C) HST 25/02/1995 Imagen infrarroja a 1.042  $\mu$ m, D, E, y F) Imagen D canales B, G, R, G) HST 04/09/2001 en el óptico, H) Marco Lorenzi 20/07/2018 RGB, I) Marco Lorenzi 20/07/2018 IR 850 nm 20/07/2018, J, K, y L son los componentes BGR ópticos separados de la imagen de Marco Lorenzi. En todas las imágenes el detalle oscuro abajo a la derecha es Acidalia Planitia o (Acidalia Mare). Observese como a 1.042  $\mu$ m la capa de hielo aunque muy parecida en brillo y la superficie brillante del planeta es distinguible de este, pero a 2.331  $\mu$ m no hay ningún signo en el brillo que la distinga del brillo de las superficies brillantes del planeta, por haber caído completamente la reflectancia del hielo a esa longitud de onda. Note que como en la imagen IR de Marco Lorenzi a pesar de encontrarse el planeta cubierto por una tormenta de arena, es posible ver los detalles del interior a través del polvo en suspensión en los componentes R e IR (imágenes L e I), por ejemplo Acidalia Planitia que es menos visible en la imagen RGB.

Los casquetes polares disminuyen su reflectancia con respecto a las regiones brillantes del suelo hacia los canales más rojos, alcanzando un mínimo hacia el IR donde su brillo se diferencia poco del brillo de los suelos brillantes. Las nubes de polvo se ven como brillantes manchas amarillentas pálidas, algo más pálidas que las regiones brillantes rojas de la superficie, y el canal que mejor las capta es G seguido por R y aun menos el IR, lo que coincide con sus espectros en la figura 4. Observe las imágenes K, L, e I de la imagen 1 de Marco Lorenzi donde el planeta esta envuelto por una tormenta de polvo global.

La imagen 2 muestra una nube de polvo sobre Hidriacum, Hellas y Yaonis Regio, a la izquierda la imagen de Jim Melka la muestra naranja pálido o amarillo crema y a la derecha se muestra una imagen de color falso de la misma fecha obtenidas por el Mars Color Imager (MARCI) a bordo del Mars

Imagen 2

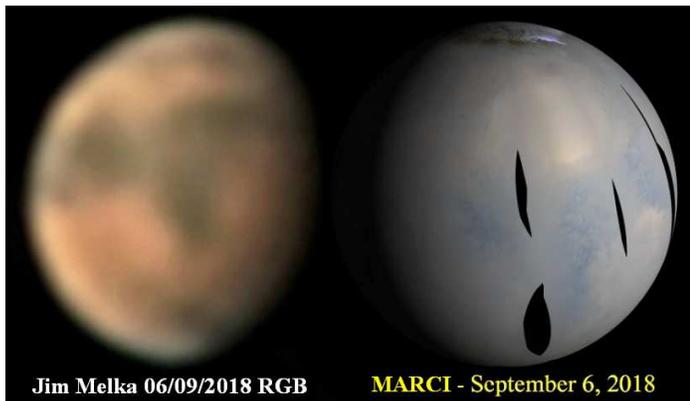
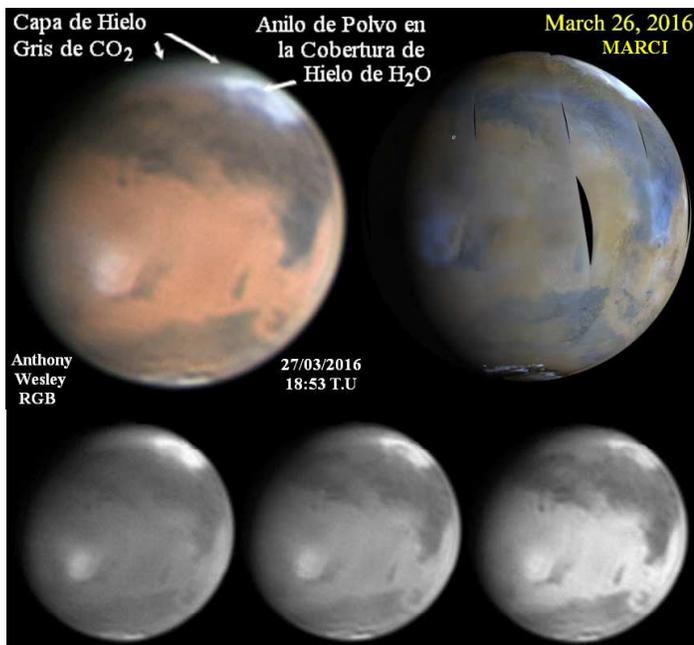


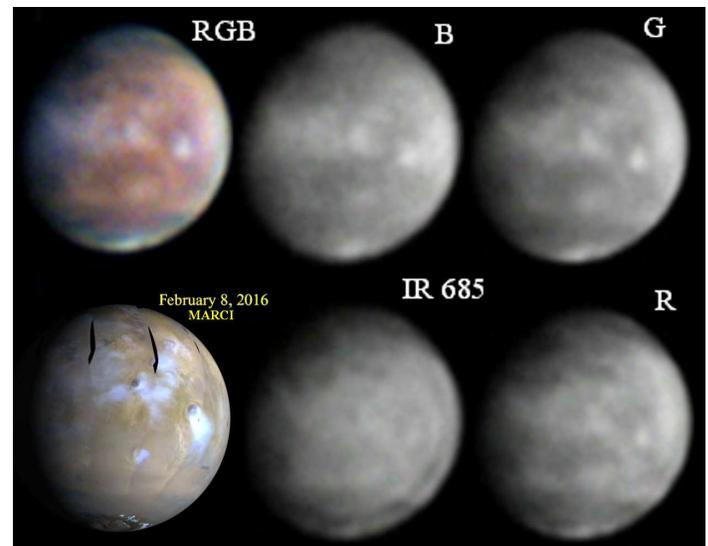
Imagen 3



Reconnaissance Orbiter (MRO), usando tres filtros en longitudes de onda de 420, 550 y 600 nanómetros<sup>34</sup>.

La imagen 3a obtenida por Anthony Wesley el 27/03/2016 muestra la cubierta estacional de CO<sub>2</sub> de color gris<sup>13</sup>, siendo esta menos reflectante que las nubes y que el hielo de H<sub>2</sub>O, su poca reflectancia disminuye hacia el R e IR, donde su brillo se iguala al de las regiones brillantes. Cuando este se sublima en los polos forma un sistema de tenues nubes blancas de cristales de CO<sub>2</sub> en suspensión tan blancas como los casquetes polares anclándose a las laderas de los grandes volcanes<sup>32</sup> (ver imagen 4). En los canales G y R lucen menos brillantes, llegando a desaparecer en el IR (ver imágenes 4 y 1 D, E, F, C)<sup>13</sup>. Un color azul en las nubes puede significar la presencia de vapor de agua H<sub>2</sub>O<sup>13</sup>.

Imagen 4



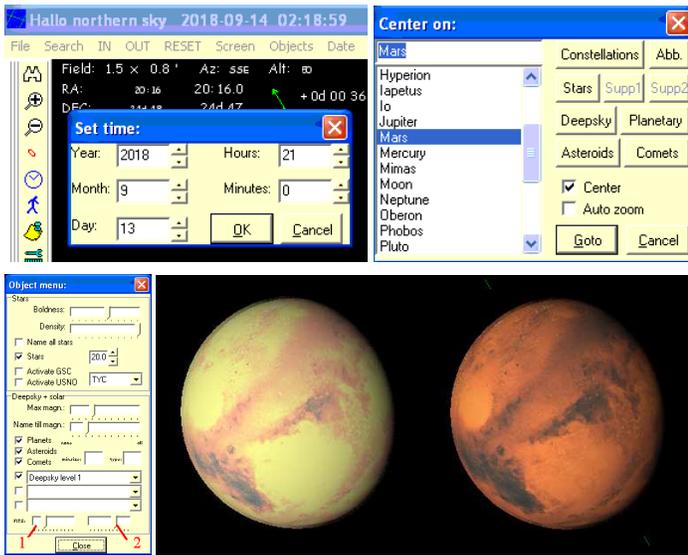
De todo esto concluimos que el análisis científico requiere del uso de imágenes de referencia en "colores verdaderos" que se mantengan coherentes con los colores observados por el ocular, debido a que los cambios físicos en los planetas se traducen en cambios de color, por ejemplo, si la atmósfera marciana se encuentra muy polvorienta, la mejora en el aspecto de la superficie obtenida por el uso de un canal o luminancia IR, nos haría concluir erróneamente que una tormenta de polvo se ha disipado cuando no es así<sup>35</sup>.

## 2.2 Identificación de los Detalles del Relieve

Para identificar los detalles marcianos se utilizó el programa gratuito HNSKY V2.3 de Han Kleijn<sup>36</sup> donde desde el icono del reloj se indicó la hora y fecha en que se tomó cada video, se buscó el planeta desde el menú Search / Center on: Planetary / Marte / Goto (ver figuras 6, 7).

Desde en menú Object (imágenes c y d) se activó las imágenes FITS con las que cuenta el programa, en los dos deslizadores se

Figuras 6, 7, 8 y 9



ajustan la transparencia y el brillo de la imagen respectivamente, se realizo captura de pantalla de cada imagen correspondiente a cada video con la tecla “Impr Pant PetSis” y se pego en el programa Paint de window con las teclas ctrl. + v y se rotaron en Iris 5.59 para hacerlas coincidir con las imágenes obtenidas.

Los detalles marcianos se identificaron usando el cartografiado aparecido en la revista Universo 38<sup>1</sup> y otros dos realizados por S. Ebisawa (imagen 5)<sup>37</sup> y Damian Peach (imagen 6)<sup>38</sup>.

Imagen 5

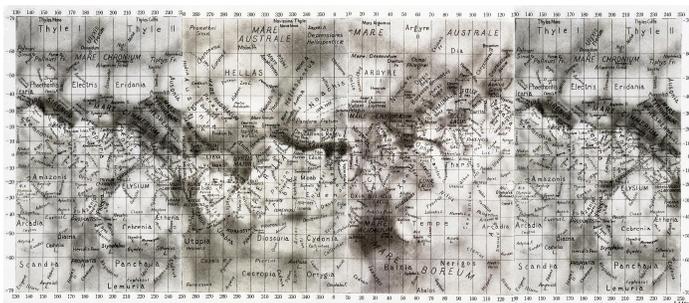
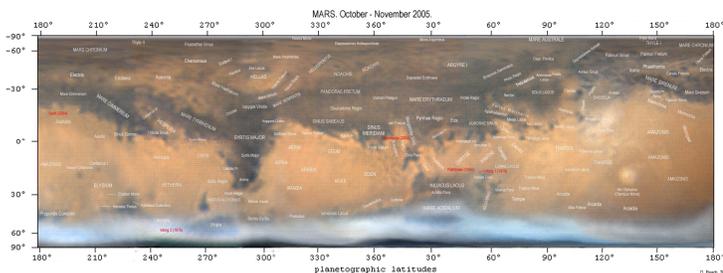


Imagen 6



Como el periodo de rotación de Marte es 24.6 horas, si se realizan 5 sesiones de observaciones separadas por 9 días con 4 horas de duración cada una con imágenes separadas por 1 hora se puede cubrir toda su superficie<sup>4</sup>

### 2.3 Tratamiento de los Videos

Los videos fueron alineados en Registax 5.0 y en la primera pestaña **Align** sub-pestaña **Alignment Options/Quality Settings/Lowest Quality** se coloco 35 para excluir el 35% de los cuadros según la peor calidad tomando como referencia el mejor cuadro en el cual se ha pinchando el planeta, y se alinea solamente con el debayerizado activado en la sub-pestaña **Options/Debayer/Use debayer/** (en nuestro caso **GR**), luego en la Pestaña **Stack** sub-pestaña **Create AVI** se guardo un video AVI solo con el área de alineamiento y los mejores cuadros, se uso el codec **IYUV** y **Compres Qual** como esta por defecto **7500**, luego se repitió el proceso escogiendo visualmente los mejores cuadros<sup>39</sup>. La selección de los cuadros útiles así como el proceso, se realizo con la imagen lo mas ampliada posible usando el **Zoom**<sup>40</sup>, la imagen producto del apilado fue guardada sin ningún tipo de tratamiento para luego guardar el resultado en diferentes fases y escoger el mejor resultado<sup>41</sup> como el video IR es el que posee mayor nivel de detalles (Filtro B+W 093), fue el que se proceso primero en PixInsight LE 1.0 debido a que los filtros de ruido de la herramienta A Trous Wavelets son mas eficientes que los de

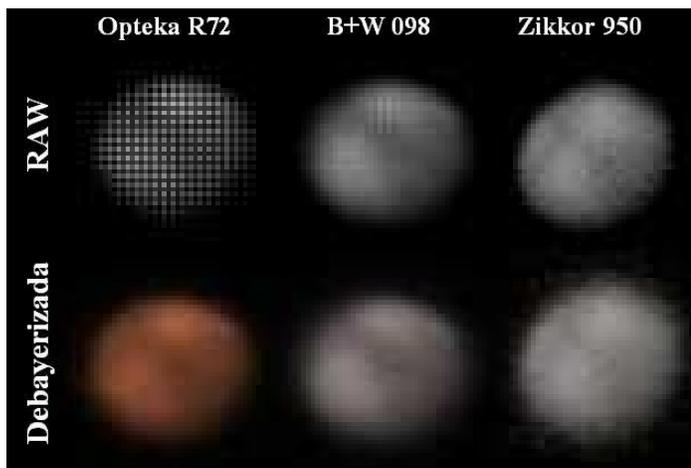
Figura 10



Registax, y el aplanado de la imagen con los deslizadores Low Range y High range tiene mejores resultados en el resultado HDR. Se uso el canal G, esto se hizo para el video óptico también, pero la imagen final apilada se proceso por separado cada componente también en PixInsight LE 1.0 usando como modelos la imagen IR ya procesada, para mantener el mismo criterio de procesado.

Los videos obtenidos con el filtro Opteka R72 fueron debayerizados, al igual que los obtenidos con el filtro B+W 098 por presentar sus cuadros RAW la estructura tipo tablero de ajedrez debido a la matriz RGB (imágenes 7a y 7b), lo cual indica que los microfiltros del sensor para cada canal todavía separan distintas ventanas espectrales, al debayerizar la imagen con el filtro B+W se obtenía un color rosa muy pálido (imagen 7e), de modo que procesarlo en RAW hubiera producido artefactos. Sin embargo, los obtenidos con el filtro Zikkor 950 no fueron debayerizadas porque los microfiltros son transparentes por igual a longitudes de onda mayores a 900 nm, como se puede apreciar en la figura 2 de la sesión 2, entonces producen imágenes literalmente monocromas, por este motivo debayerizarlo degradaría las imágenes producto de la interpolación de la matriz (compare las imágenes 7c y 7f).

Imagen 7a, f



Las imágenes 7a,f muestran un cuadro individual de un video para cada filtro IR usado, abajo se muestra el resultado de la debayerización para cada uno.

El hecho de no debayerizar los videos obtenidos con el filtro Zikkor 950, dio como resultado que las imágenes obtenidas de los apilados fueran algo mas pequeñas que las imágenes obtenidas de videos debayerizados, lo que no permitía la perfecta yuxtaposición de los componentes a la hora de realizar la tricromía, por esto se tuvieron que ampliar **1.044x** las imágenes resultantes con este filtro, el algoritmo usado fue Bicubic para conservar la resolución.

En ningún video se uso el método Drizzle debido a que la resolución teórica del instrumento usado (20 cm), es de 0.6", y la cámara usada a la distancia focal aumentada de 2000 mm con

Barlow 2X produce una resolución de 0.58"/Píxel, coincidiendo entonces con la resolución teórica del instrumento, para que este método sea efectivo los píxeles deben ser más grandes que la resolución teórica del instrumento<sup>42</sup>.

## 2.4 Tratamiento de las Imágenes

Las imágenes el Marte en cada canal luego del tratamiento en Registax 5.0 se muestran en las imágenes 8-1, 18. Como la señal del canal B usando los filtros Baader y Opteka es muy débil y ruidosa con respecto a los otros dos canales, se separaron los componentes RGB de la imagen que se guardó sin tratamiento luego del apilado desde el Menú **Digital photo / RGB Separation ...** del programa Iris 5.59, y a este componente B se le aplico un tratamiento independiente. Los componentes separados son guardados por el programa en formato FIT, el cual no es cargado en Registax correctamente, por esto se convirtieron luego el componente B a BMP antes de realizarse el tratamiento en Registax 5.0. Como se convirtió este componente B a formato BMP 24 bits para tratarse en Registax, cuando se volvió a convertir a FIT para realizar la composición en el Menú **View / (L)RGB...**<sup>42</sup>, hubo que volver a descomponer ese componente B tratado en sus componentes RGB porque estaban en tres planos de color siendo un componente separado, lo que no permitiría cargarlo como un componente individual de color para la composición tricolor (L)RGB...

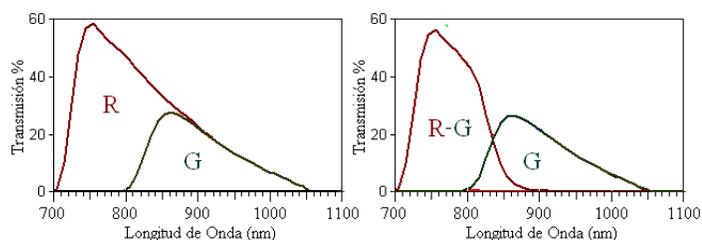
Para procesar la imagen usando el filtro Opteka R72 y B+W se escogió en canal G debido a que es el que posee mejor muestreo, este se debayerizo en el programa gratuito AviRaw 3.1 de Carsten A. Arnholm<sup>43</sup> aprovechando que este puede guardar en AVI los componentes de color por separado, y fue el componente G que se trato en Registax 5.0 como si se tratase una imagen monocroma. Sin embargo, la atmósfera influye en el balance de color dependiendo la posición del objeto en el cielo y la elevación sobre el nivel del mar (msnm) del lugar de observación. Este factor es independientemente de las condiciones de polución luminosa del lugar y depende solo del espesor atmosférico. Por esto el balance de color se ajusto teniendo en cuenta el aspecto de Marte al ocular.

Como los canales RGB en el IRF no separan eficientemente las regiones espectrales, se ha realizado la resta de la imagen en el canal G de la imagen en el canal R para separar la contribución entre 700 y 800 nm, esto aprovechando que los tres canales cuentan con el mismo tiempo de exposición e iguales parámetros de captura, pero se realizo con la secuencia de imágenes apilada antes del tratamiento, para evitar hacerlo luego de tratamientos no lineales como la curva gamma y los wavelets que produjeran una resta inadecuada por valores alterados del mapa de luz.

Sin embargo debido a la caída en sensibilidad del silicio del CCD hacia el IRF, hubo que balancear el peso de las imágenes, ya que como muestran las figuras 11a y 11b, el canal R recibe más luz que el G. Se evito realizar la resta G-B por lo ruidoso

del canal B y la poca señal que quedaría en G por captar G y B prácticamente la misma contribución<sup>24,15</sup>.

Figuras 11a y 11b



Para la resta se guardo la imagen RGB en la pestaña Wavelets de Registax 5.0 inmediatamente luego del apilado usando el formato **FIT (16-bit) RGB separate**, que guarda una imagen individual para cada componente de color, estas se cargaron en Iris 5.59 con el comando **LOADSX**, que carga las imágenes de 16 bits reescaladas a su rango de despliegue de 15 bits (32767 niveles de brillo), y se guardaron cada uno reescalado para realizar la substracción cargando la imagen R y desde el menú **Processing / Subtract...** realizando la substracción usando un imagen **File from disk**, abriendo la imagen G, el resultado R-G fue guardado.

Debido a que para la composición en color en Iris es necesario que los tres componentes tengan el mismo tamaño, hubo que cortar la imagen desde el menú **Geometry/Crop** conservando el mismo tamaño de cuadro para los tres componentes.

En un intento de separar la contribución de dos regiones espectrales, algunas composiciones se realizaron en 2 colores, uno en rojo, y el otro componente importado simultáneamente en los colores azul y verde = Turquesa.

El tratamiento de Wavelets en las imágenes fue realizado en Registax 5.0 pero tambien en Á Troux Wavelets de PixInsightLE 1.0.2 143<sup>42</sup> cuyos parámetros de reducción de ruido han sido encontrados mas eficientes. Se aplanaron los niveles altos y en algunos casos los bajos para evitar saturación en Dinamyc Range Extensión. Además dadas las marcadas diferencias entre los rasgos que exhibe cada componente de color, hemos considerado necesario tratar de manera individual cada componente de color en una misma ventana de operaciones con el fin de poder realzar cada rasgo meteorológico, PixInsightLE permite desplegar los 3 componentes desde el menú **Process/Color Spaces/Extract Channels** e integrarlos luego de procesados en **Import Channels**. Las composiciones con el componente IR se realizaros desde Iris 5.57 desde el menú **View/(L)RGB...**

Cuando guardamos una imagen monocroma en BMP 24 bits este canal se guarda triplicado en los 3 planos de color, pero si lo guardamos en TIFF 8 bits, se guarda un solo plano B/N que podemos guardar luego como FIT a 8 bit, para la importación desde Iris 5.57 desde el menú **View/(L)RGB...**

## 2.4 Envío de las Imágenes a la ALPO y PVOL

Para el aprovechamiento de las imágenes por astrónomos de todo el mundo se enviaron a la base de datos de la ALPO, a través del correo [mars@alpo-astronomy.org](mailto:mars@alpo-astronomy.org) con el formato exigido por la ALPO, es decir en JPEG o PNG y que no excedan 200 - 300kB, para esto se guardo en JPEG en PixInsightLE v 1.0.2. 143<sup>44</sup> a 100% de calidad para mantener la máxima definición posible. Los nombres de los archivos también cumplían con las exigencias de la convención WinJUPOS<sup>45</sup>. El siguiente es el nombre de la primera imagen:

2018-09-19-0145\_35-OL-IRCUT.jpg

2018 = Año

09 = Mes

19 = Día

0145 = Hora (UT)

35 = Segundo, este dato es opcional y se escribe "\_" para denotar el punto "."

OL = Iniciales de Observador, Oliver López

IRCUT = filtro usado

El nombre completo del observador, lugar, instrumento usado y cámara etc, se escribieron en la propia imagen.

Si el nombre del archivo no se ajusta al estándar, el miembro del personal que cargue la imagen en la base de datos realizará la corrección antes de cargar la(s) imagen(es). Sin embargo, si vienen en el formato recomendado, se reduciría el esfuerzo de publicar las imágenes<sup>45</sup>.

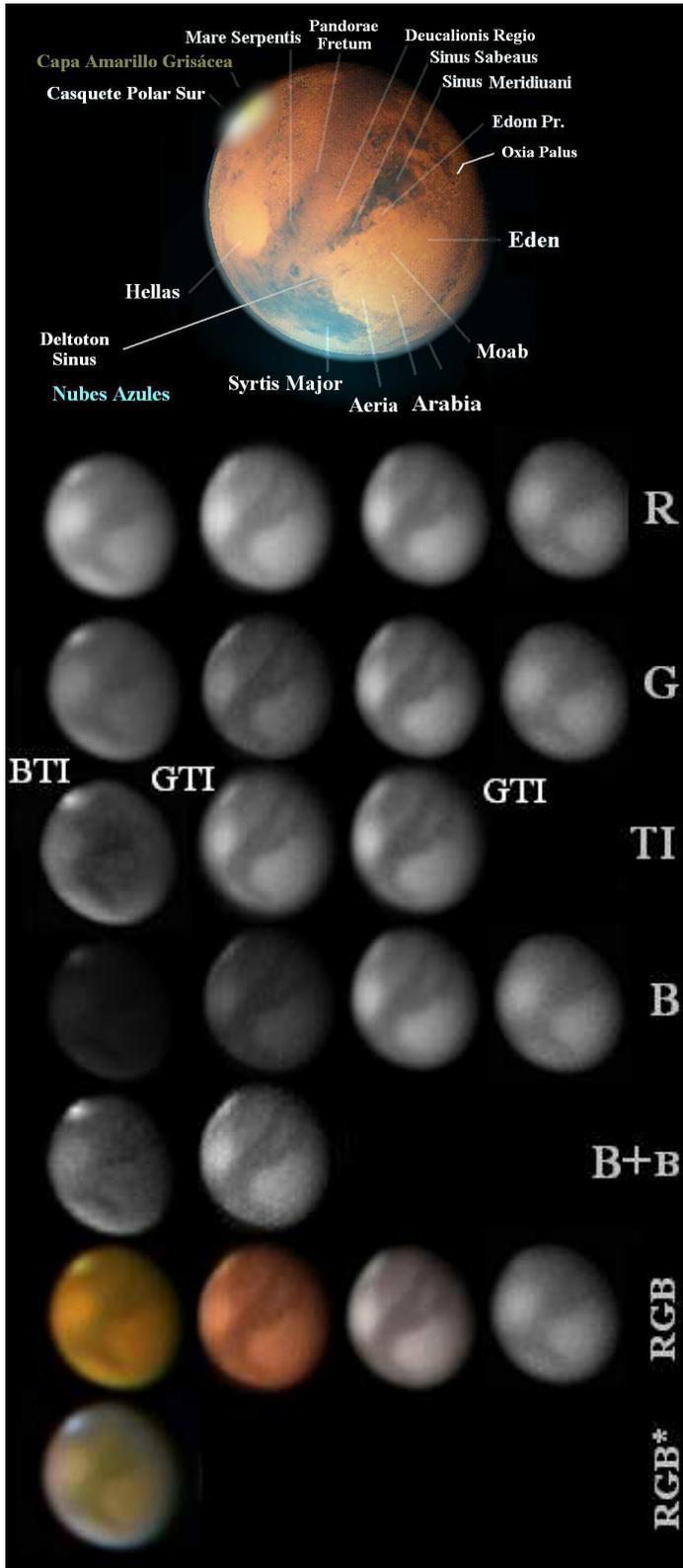
Para el envío a la base de datos del Planetary Virtual Observatory and Laboratory (PVOL)<sup>7</sup> se usaron las mismas imágenes pero al correo electrónico [pvol@ehu.es](mailto:pvol@ehu.es)

## 3. RESULTADOS

La imagen 8-0, se muestra como referencia para describir los detalles de las imágenes 8-1 a 8-18 correspondientes a la primera sesión de observación de la noche del 18 /09/2018. Estas se han ordenado en 4 columnas de izquierda a derecha según los filtros Baader IR Cut, Opteka R72, B+W 098, y Zikkor 950. La 1ra, 2da y 4ta fila corresponden a los componentes individuales RGB. La 5ta fila [B+B] es el componente B o G aumentado de brillo luego del tratamiento general, mientras que la 3ra fila TI, es la imagen obtenida de extraer el componente de color individual apilado antes del tratamiento, y tratado de manera individual según lo explicado en la sesión 2.4. La penúltima fila son las imágenes RGB con tratamiento general, y la ultima fila las composiciones RGB luego de incorporar el canal con tratamiento individual TI y re-balanceados los canales.

Para el video con el filtro B+W 098, el tratamiento individual se le dio al canal G por ser el componente con mejor muestreo dado

Imagen 8

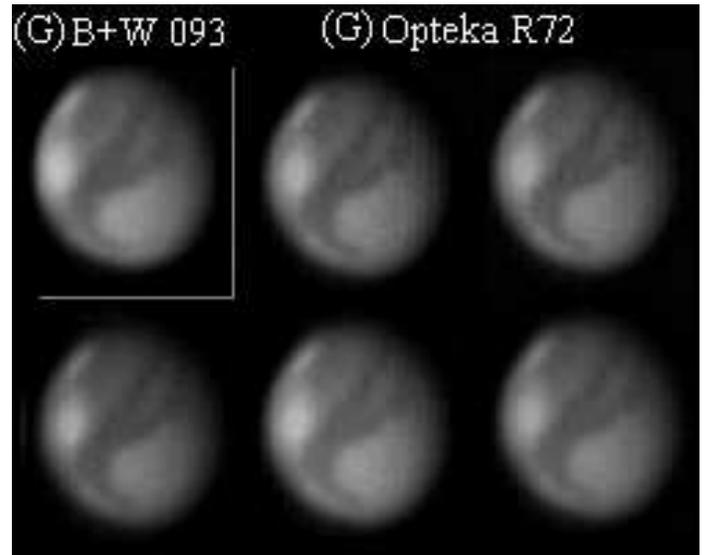


la estructura de la matriz RGB. El video se debayerizo en AviRaw 3.1 y se guardo el componente G como un video AVI monocromo, se alinee y depuro el video de cuadros con turbulencia en Registax 5.0, y se guardo como nuevo AVI, luego se realinea, depuro y trato con wavelets y curva gama, la mejora es leve en relación al canal G extraído de la imagen obtenida del tratamiento del video original con los componentes integrados (estas son las imágenes GTI de la 3ra fila y tercera imagen de izquierda a derecha de la segunda fila respectivamente).

El borde inferior izquierdo en la imagen óptica, permite apreciar la atmósfera del planeta. Los canales G y R de esta imagen permiten ver Deucalionis Regio (guíese con la imagen 8-0), pero no el canal B por el reflejo causado por la atmósfera. Nótese que Hellas brilla mas que el resto de las regiones brillantes en el canal R Baader y en todas las imágenes IR, en especial en los canales B Opteka, y B+W 098, muestra de la alta reflectancia en estos canales, donde brilla mas que el casquete polar. La imagen RGB B+W 098 muestra la región de Aeria – Deltoton Sinus mas brillante que las demás regiones claras (con excepción de Hellas)

La imagen “9-1” del 18/09/2018 22:53 HLV, muestra el componente G de la imagen obtenida con el filtro B+W 093, el resto de las imágenes fueron obtenidas de distintos tratamientos individuales del componente G usando el filtro Opteka R72 en Registax 5.0, la toma es de la misma noche pero a las 22:28 HLV. Se evidencia como los detalles registrados por ambos son los mismos, prueba de que cubren regiones espectrales similares aunque hay una mejora en el canal G del B+W 093.

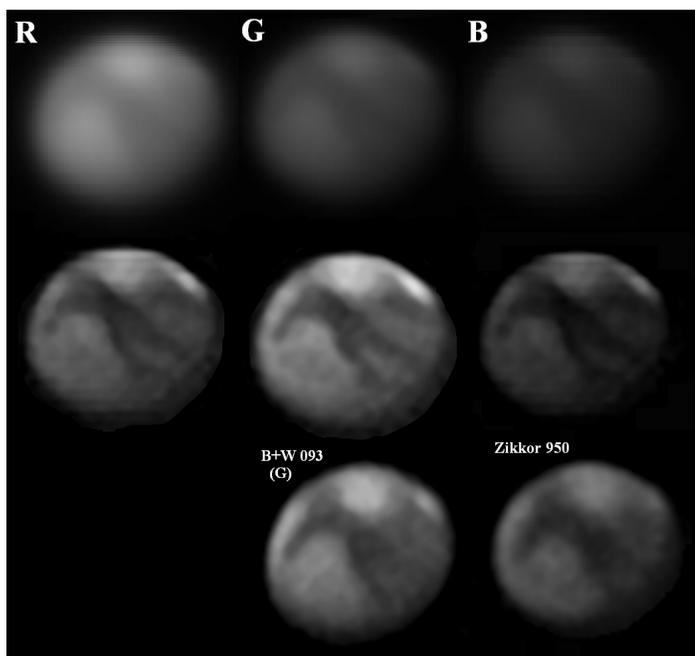
Imágenes 9-1 – 9-6



Las imágenes 10-1, 3 son los componentes RGB usando el filtro Opteka R72 separados en PixInsightLE luego de haber sido apilados en Registax 5.0. Puede verse como el componente R y aun mas el B muestra un patrón cuadrículado que podría ser imposible de eliminar con el tratamiento sin filtros de reducción

de ruido como los de PixInsightLE 1.0. En este sentido el tratamiento de las imágenes en los componentes individuales es crucial como lo muestra la segunda fila de los mismos 3 componentes tratados en PixInsightLE 1.0. La tercera fila muestra las imágenes obtenidas usando el componente G usando el filtro B+W y Zikkor 950 sin debayerizar, que vendrían a ser cercanos a los canales G y B usando el filtro Opteka R72, algunas diferencias se explican por la diferencia de la hora de captura mientras se obtenían los videos con cada filtro y se cambiaba de filtro y reenfoaba la imagen. La diferencia de calidad entre el canal B tratado usando el Opteka R72 y la imagen usando el filtro Zikkor 950 es sobresaliente. una solución a esto sería capturar con el Opteka R72 para obtener los canales R y G, y capturar con el Zikkor (y tratar sin debayerizar como se ha actuado) para obtener el canal B, que para las tricromías RGB se invertirla a RGB = BGR por la región espectral que cubre cada canal (ver grafica fc de la sección 1.1). Sin embargo esto consumiría tiempo valioso si consideramos que queremos contar con imágenes ópticas e IR prácticamente coetemporaneas. En este sentido se aprecia la rotación del planeta de la segunda a tercera fila. La mejora del componente G B+W se mantiene.

Imágenes 10-1, 8

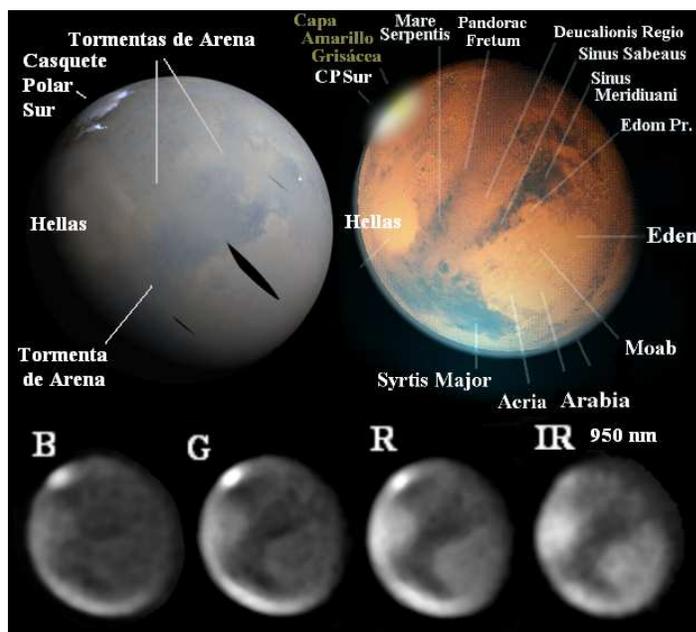


En virtud de estos resultados seguramente por el corte del filtro B+W a 830 nm, nos hemos inclinado por usar este componente en las composiciones Óptico-IR.

Las imágenes 11 muestran los componentes de color separados en el programa PixInsightLE y tratados individualmente empleando el mismo criterio de agresividad tomando como referencia la imagen IR (B+W 093) que posee mayor nivel de detalle y contraste. La imagen izquierda es el mismo día con MARCI y a la derecha el modelo de referencia usando HNSKY.

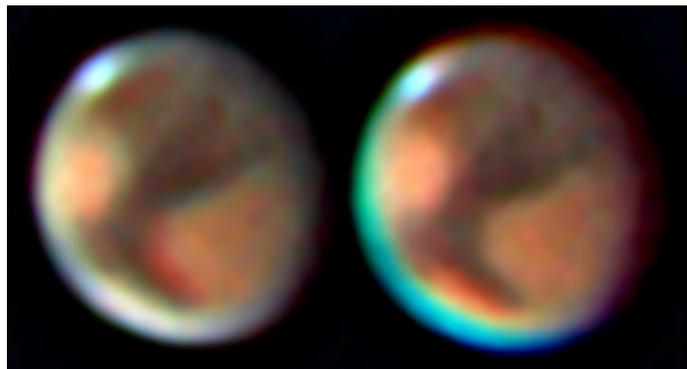
Los componentes B, G, R e IR(Zikkor 950) se han tratado con brillo creciente manteniendo la coherencia con lo que muestran las curvas de reflectancia del planeta, donde la superficie brillante es mas reflectiva en el R e IR (figura 5 de la sección 2.1). Podemos ver que las tormentas de arena son mejor captadas por el canal IR, y R, seguido del canal G, de manera que una combinación IR, R, G muestra perfectamente su distribución sobre el planeta.

Imágenes 11



Las imágenes 12- 1, 2 son exactamente eso, tricromía IR, R, G, a la izquierda esta alineada con el planeta pero a la derecha lo esta con la región de Aeria.

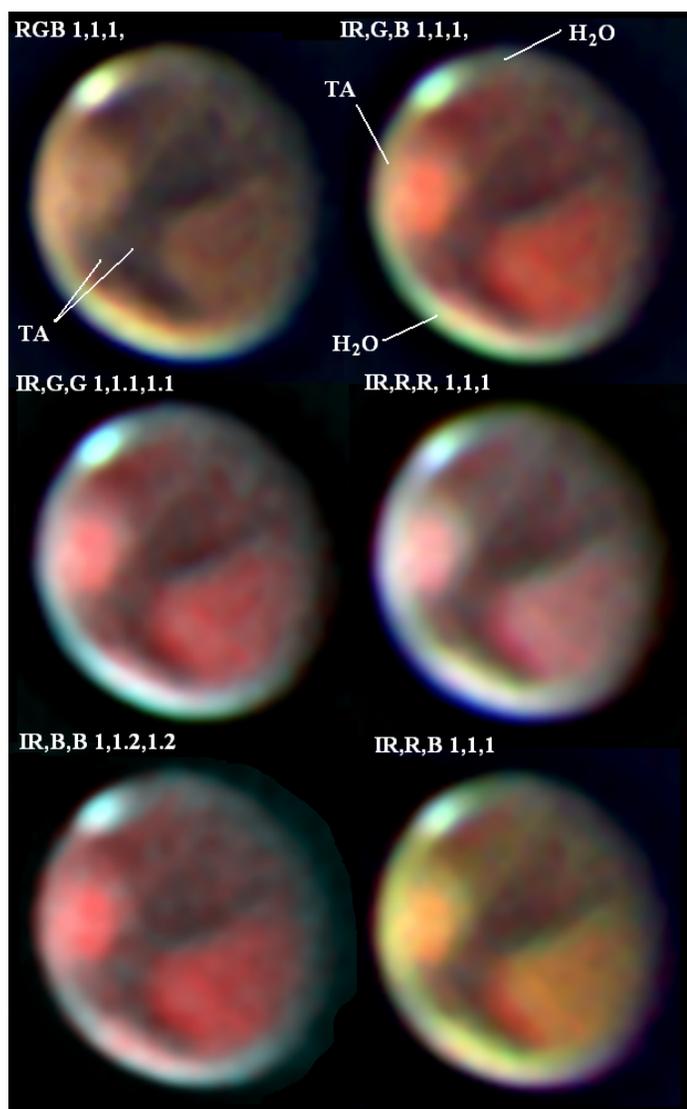
Imágenes 12- 1, 2



Con estos componentes se realizaron dos series de imágenes, s1 a s6: los números corresponden a los valores de balance. El tratamiento como el balance de color, puede cambiar la percepción de los detalles. Téngase en cuenta que la imagen IR esta desplazada por la rotación del planeta de los componentes RGB Ópticos.

La combinación IR,G,B, muestra muy bien la tonalidad roja de la región de Edom, por ser mejor registrada por el componente G, esta es menos visible en la imagen RGB y marginalmente visible en IR,R,B, por ser menos registrada en el canal R, siendo invisible en el componente IR (ver imágenes 11 e imágenes MARCI). La imagen 13 IR,BTI,BTI, muestra muy bien las nubes de vapor de agua en turquesa y blanco, como la emanación del casquete polar por la derecha hacia el ecuador, pero exhibe muy poca diferencia entre estas y las tormentas de arena que por ser amarillas, son mejor registradas en el canal G y R ausentes en esta composición, por esto se muestran más amarillosas y verdosas que las nubes de H<sub>2</sub>O en las imágenes IR,G,B, e IR,R,B respectivamente, un ejemplo de esto lo vemos sobre Mare Hydriacum, y las 2 nubes de polvo alargadas (TA) en sentido Lipigia Viridis-Aeria (ver también imágenes MARCI 14-1, y 14-2). En la figura 5 de la sección 2.1 se había mostrado

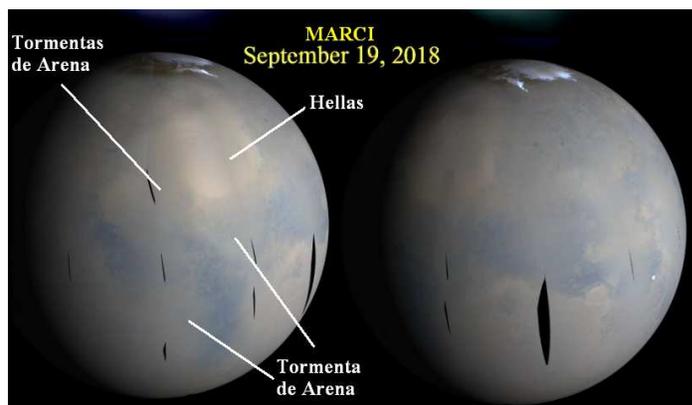
Imagen 13



como el polvo en suspensión refleja más en G que el polvo esparcido en la superficie, y que el suelo, pero estos últimos reflejan más en el IR que el polvo en suspensión. Isidis Regio presenta también una nube de polvo que oculta parte de Syris Major y es registrada en amarillo-verdoso en las imágenes IR,G,BTI, e IR,R,BTI (ver también imágenes MARCI). También muestra en verde el Cráter Shiaparelli o Edom Pr (C. Sh), las nubes de vapor de agua se ven azulado y más blanco en RGB. En todos los casos, el casquete polar refleja mucho menos en IR.

La combinación que presenta mejores contraste entre los componentes es IR,G,BTI e IR,R,BTI.

Imagen 14



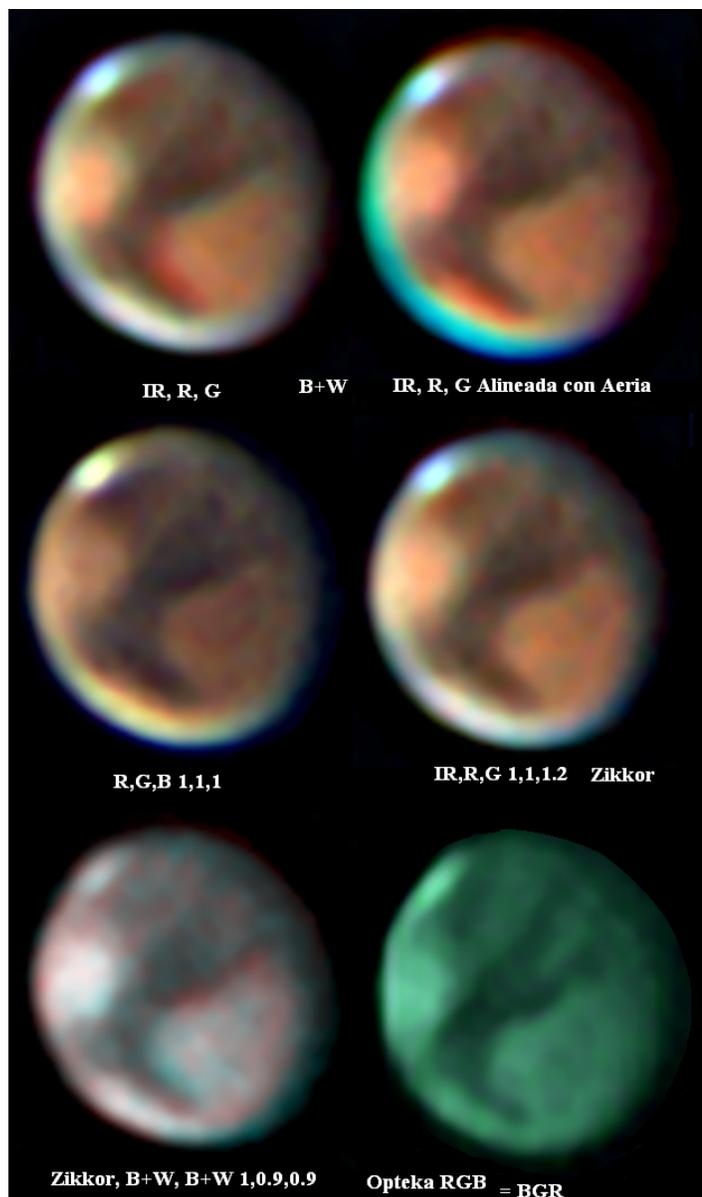
Las combinaciones IR,G,B e IR,R,B se probaron con distintos balances hasta encontrar el mejor compromiso, sobre todo en el caso de resaltar las tormentas de arena de las nubes de vapor de agua exhibidas en amarillo-verdoso y azul-blanco respectivamente.

Para las demás imágenes se comenzó con la imagen IR (B+W 093) usando como referencia la imagen IR de la selección anterior, para poder comparar las imágenes al final.

Una combinación IR-G-G muestra muy bien las tormentas de arena en turquesa, pero no muestra gran diferencia entre estas y las nubes de H<sub>2</sub>O blanco azulado, mientras que la combinación IR-B,B muestra las tormentas en turquesa translucido si se aumentan las ganancias lo suficientes de los canales G y B, la diferencia entre estas y las nubes de H<sub>2</sub>O es aun menor que con la combinación IR-G-G.

Las imágenes 15 son otro nuevo set de combinaciones IR – Ópticas. La imagen RGB=BGR muestra buena cantidad de detalles, aunque el mejor compromiso entre el contraste de los detalles ópticos e IR las tienen IR,R,G alineada con Aeria, e IR,R,G Zikkor. Es decir, la incorporación de un canal R obtenido con un filtro IR aumenta el nivel de detalles.

Imagen 15



Las imágenes 16 son las mismas combinaciones pero esta vez en las composiciones de las 02:35 T.U, las imagen 17 muestran los componentes por separado y del mismo modo que en la serie anterior, dos imágenes de referencia, una de MARCI y otra de HNSKY. Las imágenes de MARCI del 19 de Septiembre imagen 14 muestran como referencia muy bien las tormentas de arena.

Imágen 16

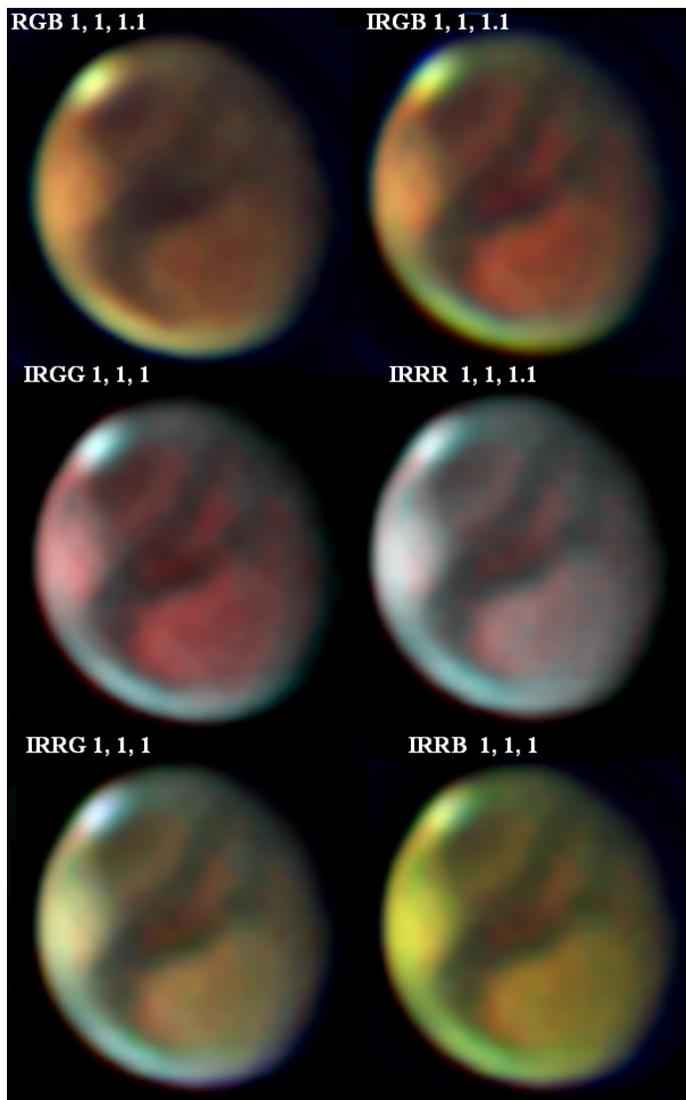


Imagen 17

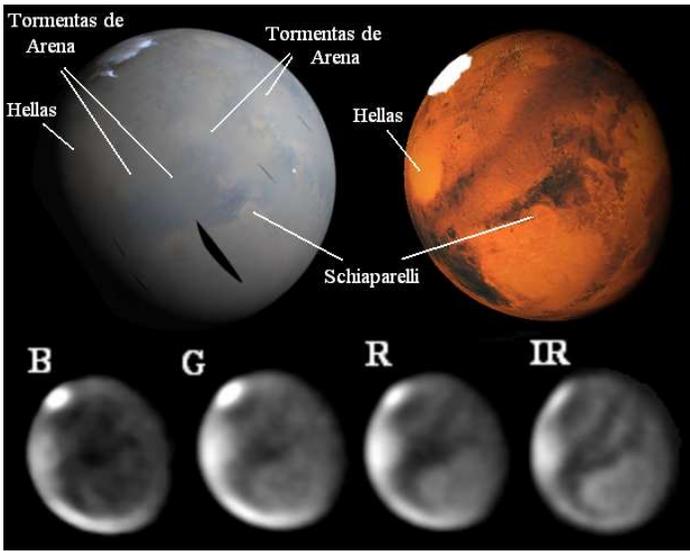


Imagen 18

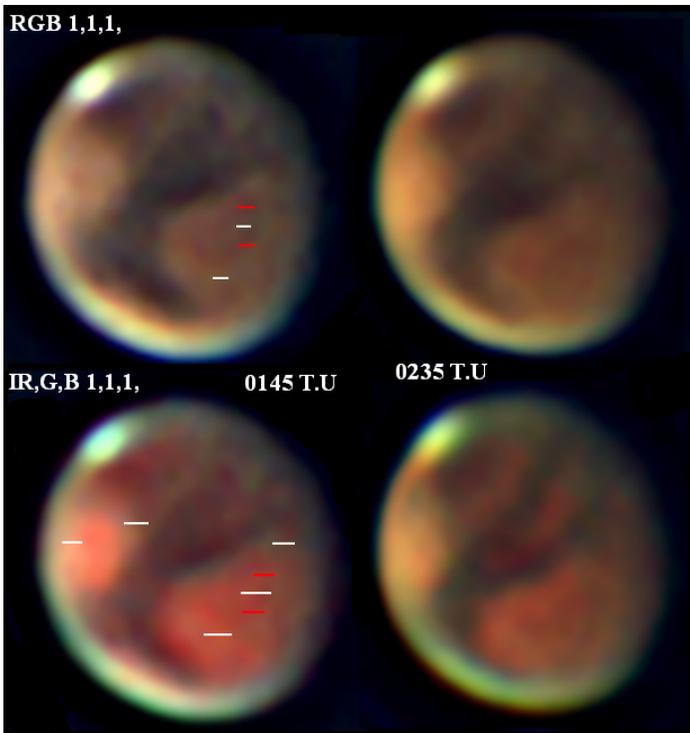
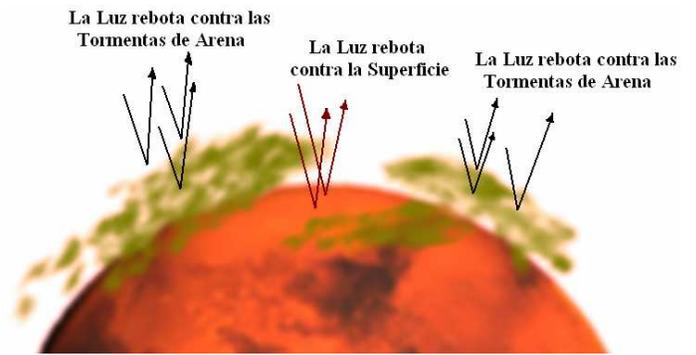
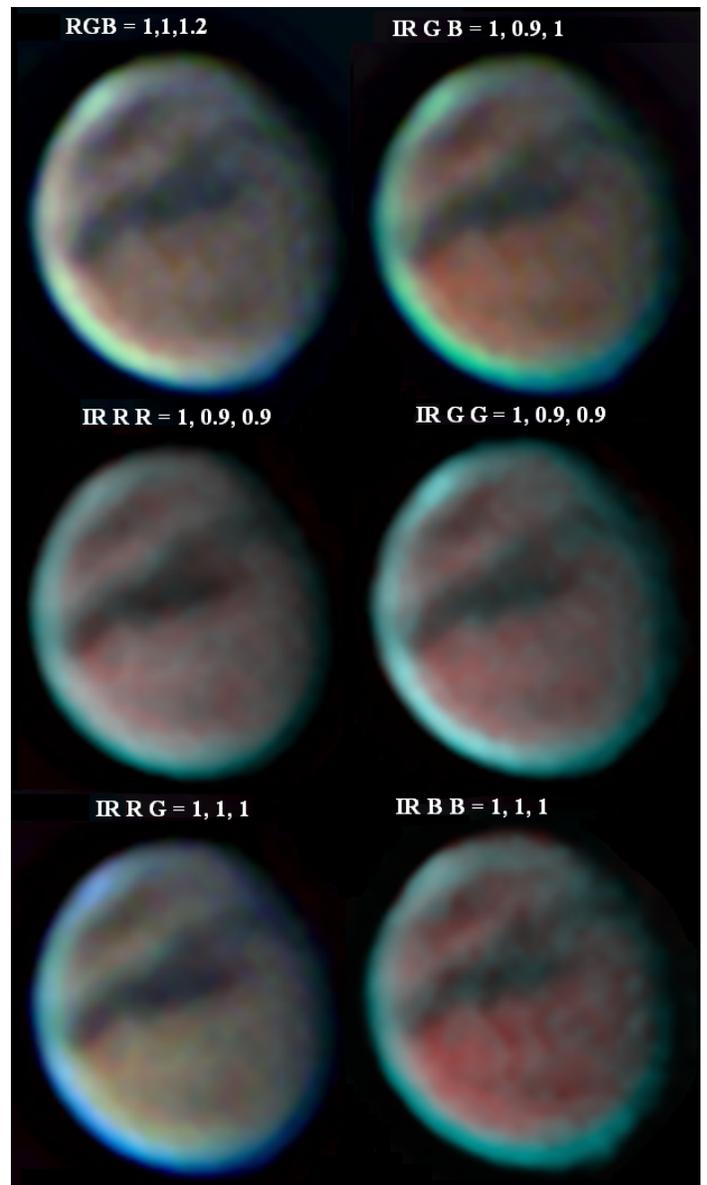


Figura 12



Imágenes 19a - f



El cambio en la distribución del polvo a medida que se desplazan las tormentas de arena, ocasiona que veamos curiosas configuraciones rojas en las regiones brillantes del planeta, estas son probablemente causadas por el rebote de la luz en el polvo en suspensión captado en color verde-amarillo en contraste de la luz que rebota contra la superficie, registrada con tonalidad rojiza, ver figura 12.

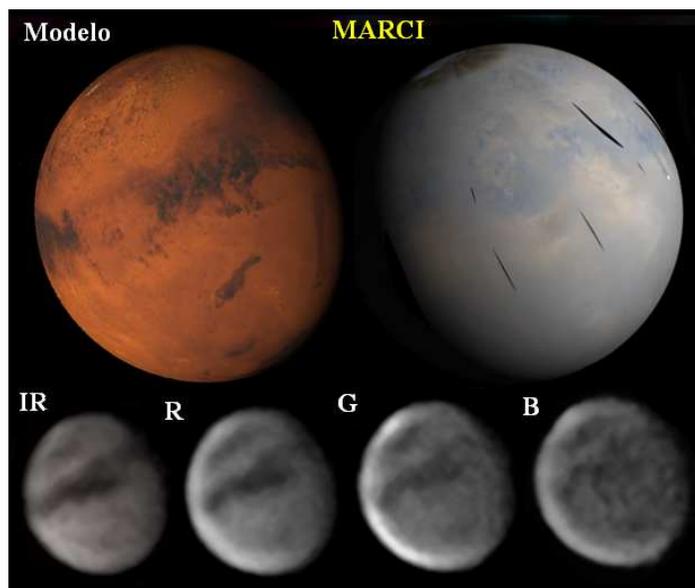
Las imágenes 19a-f son de nuevo las mismas combinaciones, esta vez correspondientes a la noche del 26 de septiembre, y las imágenes 20 los componentes separados, las combinaciones con mejor compromiso entre los componentes son IR,G,B e IR,R,G.

Tabla 3

Imágenes	Óptico	IR
imág 11	19/09/18 01:45 T.U	19/09/18 02:15* T.U
Imag 10 - 7	-----	19/09/18 01:55+ T.U
Imag 10 - 8	-----	19/09/18 02:15* T.U
Imag 10 - 1, 6	-----	19/09/18 02:28° T.U
Imag 16, 1- 4, Imag 17, 1 - 4	19/09/18 02:35 T.U	19/09/18 02:53* T.U
Imág 19, a-f	26/09/18 23:34 T.U	27/09/18 00:01* T.U

Las imágenes ópticas fueron obtenidas con el filtro Baader UV/IR Cut, las Infrarrojas con los filtros de la siguiente leyenda: ° Opteka R72, \* B+W 093, + Zikkor 950.

Imágenes 20



#### 4. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos no vienen más que a reafirmar aspectos ya conocidos de la tricromía marciana al incorporar un componente IR, es decir, imágenes con un componente IR para reforzar los detalles superficiales solo tienen sentido si se presenta junto a una imagen óptica. En este sentido una imagen óptica acompañada por los cuatro componentes por separado IR,R,G,B es la mejor opción, mas aun si vamos a reportarlas a una base de datos como la de la ALPO.

#### 4.2 Eliminación de Ruido

Las imágenes 21 fueron obtenidas y tratadas por Antonio Ballesteros desde Caracas Venezuela (Observatorio Colinas) usando una cámara Guppy Pro 503 C montada en un catadióptrico Celestron 11 pulgadas (27.5 cm). La columna de la derecha es el proceso en Registax, mientras que a la izquierda es usando los filtros de reducción de ruido de Fitswork. Como vemos la misma situación se presenta que en nuestras imágenes. Imprescindible algoritmos de reducción de ruido para el análisis de los detalles meteorológicos.

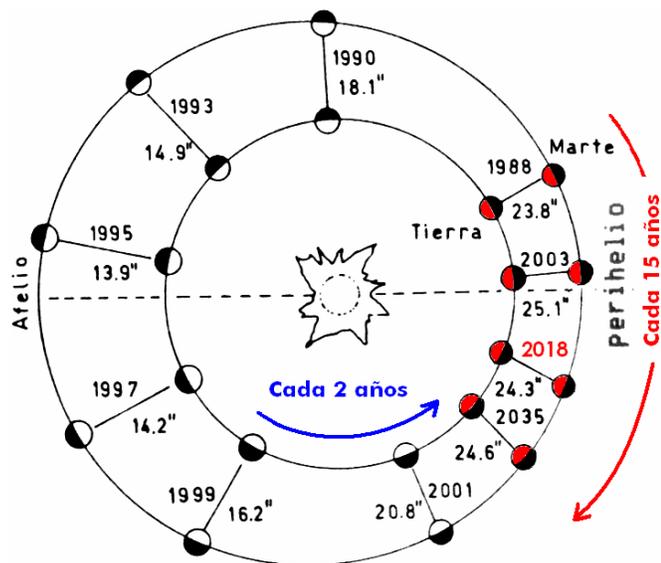
Imágenes 21



### 4.2 Análisis Meteorológico

Como la oposición coincide con el perihelio marciano solo cada 15 años (1988, 2003, 2018, 2033, etc), no todas las oposiciones son igualmente favorables Ver figura 13<sup>4</sup>, además, el hecho de

Figura 13



que puede ocurrir antes o después del perihelio marciano, no permite ver las estaciones del mismo modo, ni tampoco ver expuesto el mismo hemisferio. En esta oportunidad la

Tabla 4

Fecha Op	Diam''	Fecha Op	Diam''	Fecha Op	Diam''
07/11/1988	23.8	07/11/2005	20.1	08/12/2022	17.0
07/11/1990	18.1	24/12/2007	15.9	16/01/2025	14.5
07/11/1993	14.9	29/01/2010	14.1	19/02/2027	13.8
07/11/1995	13.9	03/03/2012	13.9	25/03/2029	14.4
07/11/1997	14.2	08/04/2014	15.1	04/05/2031	16.8
07/11/1999	16.2	22/05/2016	18.6	04/07/2033	22.1
07/11/2001	20.8	27/07/2018	24.2	11/09/2035	24.6
07/11/2003	25.1	13/10/2020	22.3	06/11/2037	18.9

oposición ocurrió el 27 de Julio, 50 días antes del perihelio que ocurrió el 16 de Septiembre, esto daba la oportunidad de ver el acercamiento del pleno verano en el hemisferio sur.

Tabla 5

Estación		Duración en Marte		Duración en Tierra
Hemisf N	Hemisf S	Días M	Días T	Días T (Terrestres)
Primavera	Otoño	194	199	92.9
Verano	Invierno	178	183	93.6
Otoño	Primavera	143	147	89.7
Invierno	Verano	154	158	89.1

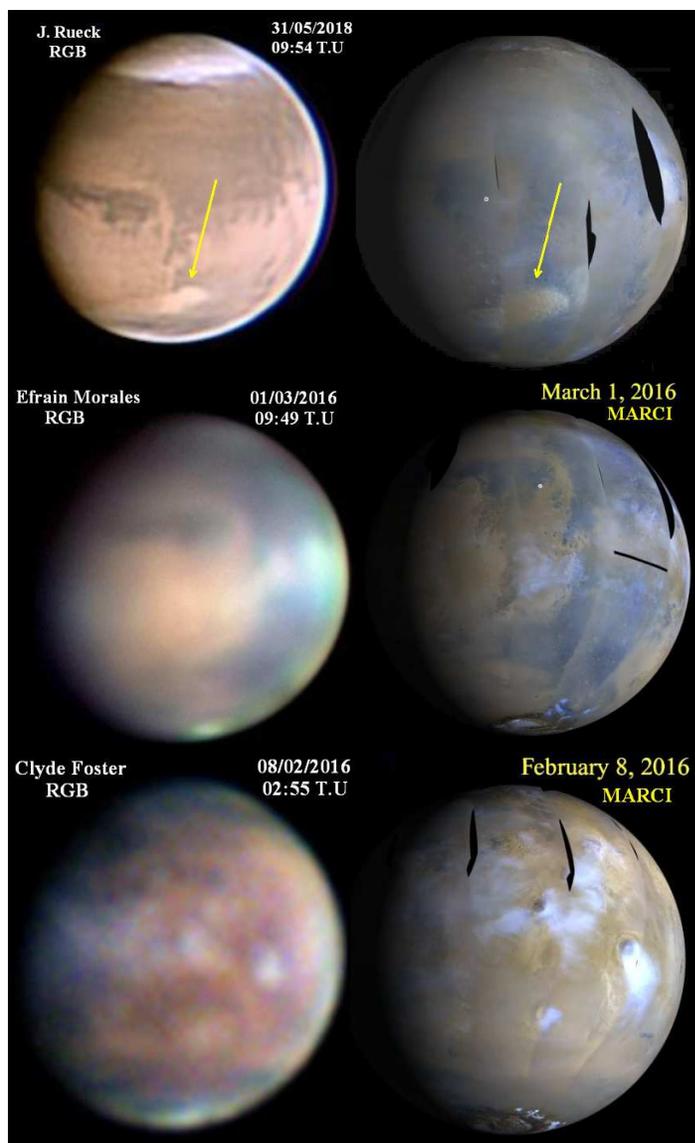
Como sus estaciones duran el doble que en la tierra (tabla w)<sup>3</sup> teníamos 121 días de verano después de la oposición para ver la

actividad atmosférica.

### 4.3 Utilidad Actual de las Observaciones

La importancia actual de continuar enviando imágenes de este planeta a las bases de datos de la ALPO y PVOL, incluso dibujos, cuando existen proyectos tan modernos como MARCI, es la de ayudar a encontrar paralelismos entre los detalles registrados actualmente por estos proyectos y el aspecto de cómo son registrados estos por pequeños telescopios, de modo que a partir de imágenes o dibujos de hace muchas décadas o incluso siglos, se podría representar el aspecto que tendrían con la moderna instrumentación a partir de algoritmos computacionales que reconstruirían los detalles.

Imágenes 22



En este sentido compare las imágenes 23, las dos de los extremos son las imágenes presentadas en este trabajo del día 19 de septiembre, mientras que la del centro es de Mike Hood (USA) con un refractor de 200 mm y filtros RGB, se puede ver que para distintos autores pude variar el aspecto dependiendo del tratamiento.

Imágenes 23



## 5. CONCLUSIÓN

En virtud de los resultados, no se encuentra ningún aporte adicional a lo conocido con respecto a la incorporación de imágenes infrarrojas en composiciones tricolor marcianas.

Del presente trabajo también se concluyen una serie de recomendaciones a la hora de trabajar con imágenes del planeta Marte:

Dada la selección de filtros, capturar sin pérdida de tiempo el video óptico e inmediatamente el video IR con el filtro B+W (considerando su respectivo enfoque) para evitar en la mayor medida el efecto de rotación del planeta.

Sin importar la resolución de nuestra imagen, las comparaciones que se realicen con otras imágenes deben ser realizadas en la misma escala. Como en el caso de comparar con las imágenes de MARCI y HST.

En la región del IRF entre 700 y 830 nm, un componente IR incorporado a la tricromía RGB no resalta grandes diferencias con respecto al canal R, debido a que las diferencias entre el hielo, el polvo y el suelo comienzan a producirse en este rango, siendo a partir de de 830 nm la región mas adecuada. Sin embargo el uso de un componente IR700 -1000 nm o 850 – 1000 nm resalta algunas diferencias en la composición RGB.

Independiente a cualquier composición, es menester presentar los componentes B,G,R,IR por separado simultáneamente en cualquier imagen.

Los detalles no son visibles sin una buena ampliación de la imagen luego del procesado, usando un algoritmo que genere valores intermedios entre los píxeles tomando en cuenta los bordes y el contraste, como Bicubic, Mitchel o Lanczos.

En cuanto a los filtros, hemos visto que mejor que una combinación óptica-IR es producir pares ópticos - IR separando los canales RGB IR y tratándolos con buenos filtros de reducción de ruido como los de PixInsight LE. De este modo se ven muy bien las nubes en la imagen óptica mientras que se ven muy bien las tormentas de arena en la imagen IR. Tal metodología se debe a que con la imagen obtenida con el Opteka R72, se cubren tres canales simultáneamente lo que evita diferencias por rotación de un canal a otro en la tricromía RGB.

Otro punto crucial es que es obligatorio aplicar tratamientos distintos a cada canal debido a que los distintos aspectos que tiene el planeta en cada uno difiere en tamaño y naturaleza, nubes, tormentas de arena, regiones claras y oscuras, etc, tienen distintos tamaños, distribución y brillo en cada uno, por esto un tratamiento en la imagen tricolor simplemente producirá artefactos y dejara regiones con tratamientos y contrastes insuficientes, en esto, un programa como PixInsight LE es de gran ayuda, otros como Astroart también permiten tal descomposición pero son de pago, un programa como Fitswork usado por Antonio Ballesteros (ver sección 3) también seria de gran ayuda al ser gratuito.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Nelson Falcón Veloz por obsequiarme el libro Ab Initio: Orígenes del universo, la vida y la Inteligencia, usado para revisar la composición del suelo marciano, a Mercedes Giménez por obsequiarme el libro el Universo de Ian Ridpath consultado para este trabajo y por la conexión a Internet usada para diversas búsquedas de información. A Luís Eduardo Peraza por el trabajo de soldadura para equilibrar el contrapeso del telescopio usado en la captura de imágenes para este estudio. A Jesús Morillo por prestarme los fascículos faltantes en mi colección de la revista Universo y boletín R Muscae usados para este trabajo. A Enrique Torres por el escáner Benq 5000 usado en la digitalización de los fascículos de esta revista. A Jesús Piñeiro, Salomón Gómez y Rómulo Liporacci por sus recomendaciones en el ajuste de los tornillos del espejo primario del telescopio dados en 2015, un factor crucial para evitar la deformación por tensión del espejo, que no hubiera permitido obtener imágenes planetarias de calidad.

## 7. REFERENCIAS

- [1] Falsarella Nelson (1991). “A Observacao de Nuvens de Marte em 1998”. Revista UNIVERSO, Vol. 12. Nº 38. (Pág. 73-82).
- [2] Ballesteros Antonio Comunicación Privada via Correo electrónico (Agosto 2018).
- [3] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 4 (Pag 685-689). Barcelona – España.

- [4] Ferrín Ignacio (1988). “1988: El Año de Marte”. Revista UNIVERSO, Vol. 8. N° 26. (Pág. 15-18). <http://www.mapcoordinates.net/es/i%C3%B3n+y+Montaje+de+una+Rueda+de+Filtros.pdf?t=1476308633>
- [5] López, Oliver Christopher, Félix Colmenares, Sergio Radaelli y Rafael Hernández 10 de Octubre del año 2012. Medición de coordenadas usando un GPS, y verificadas luego desde Google Map. <http://www.mapcoordinates.net/es>
- [6] Asociación de Observadores Lunares y Planetarios (ALPO) <http://www.alpo-astronomy.org>, <http://www.alpo-astronomy.org/marsblog/>
- [7] Planetary Virtual Observatory and Laboratory <http://pvol2.ehu.eus/pvol2/>
- [8] Ferrín Ignacio (1988). “Marte en 1986”. Revista UNIVERSO, Vol. 7. N° 24. (Pág. 75-77).
- [9] Editorial Complutense (1999), “Diccionario Oxford Complutense de Astronomía” primera edición española, (Pag 455). Madrid: España. Ian Ridpath.
- [10] Editorial Complutense (1999), “Diccionario Oxford Complutense de Astronomía” primera edición española, (Pag 118). Madrid: España. Ian Ridpath.
- [11] Editorial Complutense (1999), “Diccionario Oxford Complutense de Astronomía” primera edición española, (Pag 81). Madrid: España. Ian Ridpath.
- [12] Jorge Arístides Watanabe Cabrera (sf). “Manejo del ENVI V4.5” Disponible en <https://www.monografias.com/trabajos82/manejo-envi/manejo-envi2.shtml> Recuperado el (04/09/2018).
- [13] Jim Melka - Alerts and Recent Observations of the 2017-2019 Mars Apparition ALPO (2018). Disponible en esta dirección: <http://www.alpo-astronomy.org/marsblog/observing-alerts-recent-observations/> Recuperado el 14/09/2018.
- [14] Lopez Oliver & Rivas Janeth (2017). “Estudio de Velocidad y Dirección del Viento en el Complejo Astronómico Andrés Bello”. (Pág. 6). Bobare – Venezuela.
- [15] López, Oliver Christopher (2012). “Modificación Para Larga Exposición (SC1.5) y Modo RAW de la Cámara Celestron NexImage”. Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/app/download/1967035218/Modificacion+de+Camara+NexImage+SC+1.5+y+RAW.pdf?t=1475859252>
- [16] López, Oliver Christopher (2012). “Construcción y Montaje de una Rueda de Filtros”. Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/app/download/5759690418/Construcc>
- [17] Oliver Christopher López & Janeth Rivas Silva (2018). “Estudio del Clima en el Complejo Astronómico Andrés Bello”
- [18] Lacoste Alain & Salanon Robert (1973). “Biogeografía”. (Pág. 109-123, 163-188, 216). Barcelona – España.
- [19] Kaab Andreas (2014). ESA - Eduspace ES - Cambio global. “Propiedades ópticas del hielo y la nieve” Universidad de Oslo. Disponible en [https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace\\_Global\\_ES/SEMZ4G\\_WWVUG\\_0.html](https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_ES/SEMZ4G_WWVUG_0.html) Recuperado el (04/09/2018).
- [20] Roger N. Clark, Gregg A. Swayze, K. Eric Livo, Raymond F. Kokaly, Steve J. Sutley, J. Brad Dalton, Robert R. McDougal, and Carol A. Gent. (2003) “Imaging spectroscopy: Earth and planetary remote sensing with the USGS Tetracorder and expert systems”. Journal of Geophysical Research, 108(E12), 5131, doi:10.1029/2002JE001847, pages 5-1 to 5-44, December, 2003. <http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS/tetracorder>
- [21] Vidal. BARRÓN y José TORRENT (2000). “Papel clave del Fósforo en la génesis de los óxidos de hierro de los suelos de Marte”. Edafología. Volumen 7-3. Septiembre 2000. pág 143-150. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba, Apdo. 3048, 14080 Córdoba. <http://edafologia.ugr.es/Revista/tomo7tr/a143v7tt.htm>
- [22] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 4 (Pag 790). Barcelona – España.
- [23] Rivas Ángel Mendoza (2001). “Evidencia de Agua en la superficie de Marte: resultados de espectroscopia Mossbauer”. Ab Initio: Orígenes del universo, la vida y la Inteligencia. (Pág. 111-119). Impreso en Valencia – Venezuela.
- [24] López, Oliver Christopher (2012). “Selección de Filtros para Sistemas de Banda Ancha en Astronomía CCD”. Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello.
- [25] López, Oliver Christopher (2012). “Introducción a los Sistemas Fotométricos de Banda Ancha en Astronomía”. Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello.
- [26] William H. Farrand, James F. Bell III, Jeffrey R. Johnson, Janice L. Bishop, Richard V. Morris (2006). “MULTISPECTRAL IMAGING FROM MARS PATHFINDER”. <https://pdfs.semanticscholar.org/882b/c27676c2c7fa7878606de2975bd3a54e301d.pdf>
- [27] Janice L. Bishop, Scott L. Murchie, Carle´ M. Pieters, and Aaron P. Zentn (2002). “A model for formation of dust, soil, and

- rock coatings on Mars: Physical and chemical processes on the Martian surface” <http://www.planetary.brown.edu/pdfs/2840.pdf>
- [28] Pérez Daniel (2007). “Introducción a los Sensores Remotos - Aplicaciones en Geología” Buenos Aires - Argentina Universidad de Buenos Aires - Laboratorio de Tectónica Andina. Disponible en [http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso\\_SR/Guia\\_Curso\\_sr\\_2007.pdf](http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf) Recuperado el (11/08/2018).
- [29] Ediciones Larousse (1987). “Gran diccionario de las ciencias en color”. Tomo 3 (Pag 540,541). Barcelona – España.
- [30] Pérez Calzadilla Argelia, Rodríguez Iokiñe y Quintana Gabriela (2007). “TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL PARA EL ANÁLISIS DEL ENTORNO SOCIOAMBIENTAL DE LOS PLANTELES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA DIVERSIFICADA, DEL MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA EDUCACIÓN”. CURSO DE ENTRENAMIENTO PARA PROFESORES. GUÍA TEÓRICO-PRÁCTICA DEL PROFESOR (Pág. 47-48). Caracas: Venezuela.
- [31] Morris (2000), “Mineralogía, composición y alteración de rocas y suelos de Mars Pathfinder: evidencia de datos multiespectrales, elementales y magnéticos en un análogo terrestre, meteorito SNC y muestras de Pathfinder”. [https://www.researchgate.net/publication/230766071\\_Mineralog\\_y\\_composition\\_and\\_alteration\\_of\\_Mars\\_Pathfinder\\_rocks\\_and\\_soils\\_Evidence\\_from\\_multispectral\\_elemental\\_and\\_magnetic\\_data\\_on\\_terrestrial\\_analogue\\_SNC\\_meteorite\\_and\\_Pathfinder\\_samples](https://www.researchgate.net/publication/230766071_Mineralog_y_composition_and_alteration_of_Mars_Pathfinder_rocks_and_soils_Evidence_from_multispectral_elemental_and_magnetic_data_on_terrestrial_analogue_SNC_meteorite_and_Pathfinder_samples)
- [32] Jordi Aloy (sf). “LA OBSERVACIÓN DE MARTE CON TELESCOPIO” disponible en <http://astrogea.org/foed/efemerides/2003/marte.htm> recuperado el 01/11/2018.
- [33] Arizona State University (2016). “New image of Red Planet a high point in ASU professor’s long involvement with global monitoring of our solar-system neighbor”. Disponible en esta dirección: <https://asunow.asu.edu/20160519-discoveries-mars-image-asu-professor-jim-bell> Recuperado el 14/09/2018.
- [34] NASA / JPL-Caltech / Malin Space Science Systems, Malin, MC, BA Cantor, AW Britton (2018).
- [35] Christophe Pellier (2014). “Prefer natural colors to mono-band luminances”. Disponible en esta dirección: <https://www.planetary-astronomy-and-imaging.com/en/prefer-true-color-imaging/> Recuperado el 14/09/2018.
- [36] Han Kleijn (2008). HNSKY V2.3 ON 2008-12-09 [www.hnsky.org](http://www.hnsky.org)
- [37] Mapa de Marte S. Ebisawa. Disponible en esta dirección <http://www.alpo-astronomy.org/marsblog/wp-content/uploads/2010/05/MarsMapEbisawamap123.jpg> Recuperado el 14/09/2018.
- [38] Damian Peach (2007). “Mapa de Marte obtenido el la temporada del año 2005”. Disponible en esta dirección [http://www.damianpeach.com/images/mars/mars\\_2005dp\\_label\\_e.d.jpg](http://www.damianpeach.com/images/mars/mars_2005dp_label_e.d.jpg) Recuperado el 14/09/2018.
- [39] Alineado Iterativo en Registax 5.0 <https://www.youtube.com/watch?v=2MdsXLGPRk>
- [40] López Oliver (2008). “Fotografía con Webcam III”. (Pág. 3). Guarenas – Venezuela. <https://olichris.jimdo.com/app/download/5733321618/Fotografia+con+Webcam+III.pdf?t=1489131642>
- [41] López Oliver (2010). “Fotografía Planetaria con Webcam IV”. (Pag. 12-13). Los Teques – Venezuela. <https://olichris.jimdo.com/app/download/5733323718/Fotografia+Planetaria+con+Webcam+IV.pdf?t=1489131642>
- [42] López, Oliver Christopher (2011). “Astrofotografía Óptica e IR con Webcam CCD a Color en Modo RAW”. (Pág. 42-45, 65-70, 15, 94-95). Los Teques: Complejo Astronómico Andrés Bello. <https://olichris.jimdo.com/app/download/5759692918/Astrofotograf%C3%ADa+%C3%93ptica+e+IR+con+Webcam+CCD+a+Color+en+Modo+RAW.rar?t=1457111927>
- [43] Carsten A. Arnholm (2004) AviRaw 3.1 <http://arnholm.org/>
- [44] Juan Conejero (2004) PixInsightLE v 1.0.2. 143 <http://pleiades-astrophoto.com/pixinsight/>
- [45] Envío de Imágenes a la ALPO (2018). Disponible en esta dirección: <http://www.alpo-astronomy.org/mars/marsfrm1.jpg> <http://www.alpo-astronomy.org/marsblog/wp-content/uploads/2017/05/Blank-Mars-Observing-Form.jpg> Recuperado el 14/09/2018.