

# DETECCIÓN DE ANOMALÍAS MEDIANTE ESPECTROMETRÍA DE IMAGEN EN LA COORDILLERA VOLCÁNICA CENTRAL DE COSTA RICA. IMPLICACIONES EN LA EXPLORACIÓN PLANETARIA

Dr. rer. nat. Javier Bonatti

**CICANUM**

*Universidad de Costa Rica - UCR*

Rejas, J. G.<sup>1</sup>, Martínez, R.<sup>2</sup>, Bonatti, J.<sup>3</sup>, Martínez-Frías, J. <sup>4,2</sup>, Marchamalo, M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), España

<sup>2</sup> Centro de Astrobiología- Centro superior de Investigaciones Científicas, (INTA/CAB-CSIC), España

<sup>3</sup> Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España



**XIV CONFERENCIA IBEROAMERICANA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**  
XIV CONFIBSIG, Tegucigalpa (Honduras) 3 de julio de 2013



# PREPROCESO Y ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

## Data:

- Imagen de reflectancia de **HyMAP** (7 de Marzo de 2005), 125 chs 0.4589  $\mu\text{m}$  - 2,491  $\mu\text{m}$ , resolución espacial de 15 m.
- Imagen de reflectancia de **MASTER** (7 de Marzo de 2005), 25 chs. VNIR-SWIR (0463  $\mu\text{m}$  - 2,427  $\mu\text{m}$ ), y 25 canales entre 3,075  $\mu\text{m}$  and 13  $\mu\text{m}$  en el MIR y TIR, resolución espacial de 9 m.
- Serie de escenas de ASTER (de 2002 a 2010), 15 m de resolución espacial (canales MIR y TIR fusionados con canal pancromático).

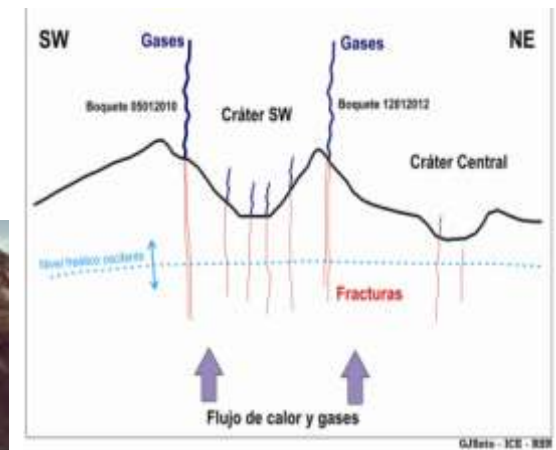
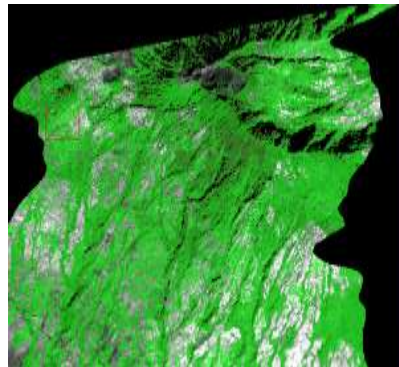
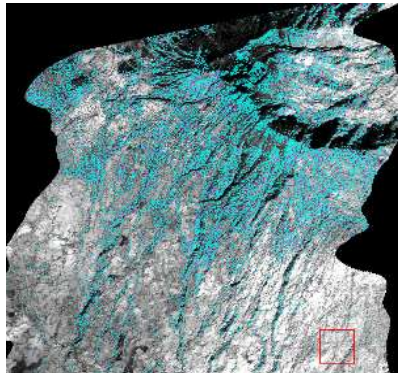


## Análisis Exploratorios: Índices de suelo y vegetación

$$NDVI = \frac{\rho_{\text{MIR}} - \rho_{\text{VIS}}}{\rho_{\text{MIR}} + \rho_{\text{VIS}}}$$

$$TCARI / OSAVI$$

$$= 3 \cdot \left[ (\rho_{\text{M}700} - \rho_{\text{M}670}) - 0.2 \cdot (\rho_{\text{M}700} - \rho_{\text{M}550}) \right] \cdot (\rho_{\text{M}700} - \rho_{\text{M}670}) \\ (1 + 0.16) \cdot (\rho_{\text{M}800} - \rho_{\text{M}670}) / (\rho_{\text{M}800} - \rho_{\text{M}670} + 0.16)$$



Complejo del volcán Turrialba, Cordillera Volcánica Central (Costa Rica).

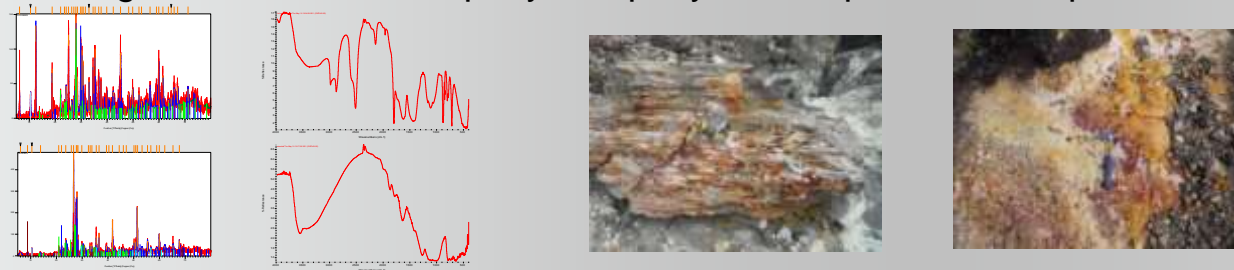
Imagen de abundancia de NDVI (izquierda) e índice de suelo TCARI/OSAVI (derecha) en el volcán Turrialba a partir de imágenes HyMAP de marzo de 2005.

# DETECCIÓN DE ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

## Firmas Espectrales

Minerales arcillosos, tales como caolinita, illita y alunita, presentan una alta reflectancia entre las longitudes de onda de 1,55 $\mu\text{m}$  y 1,75 $\mu\text{m}$ , y una alta absorción entre de 2,08 $\mu\text{m}$  y 2,35 $\mu\text{m}$ .

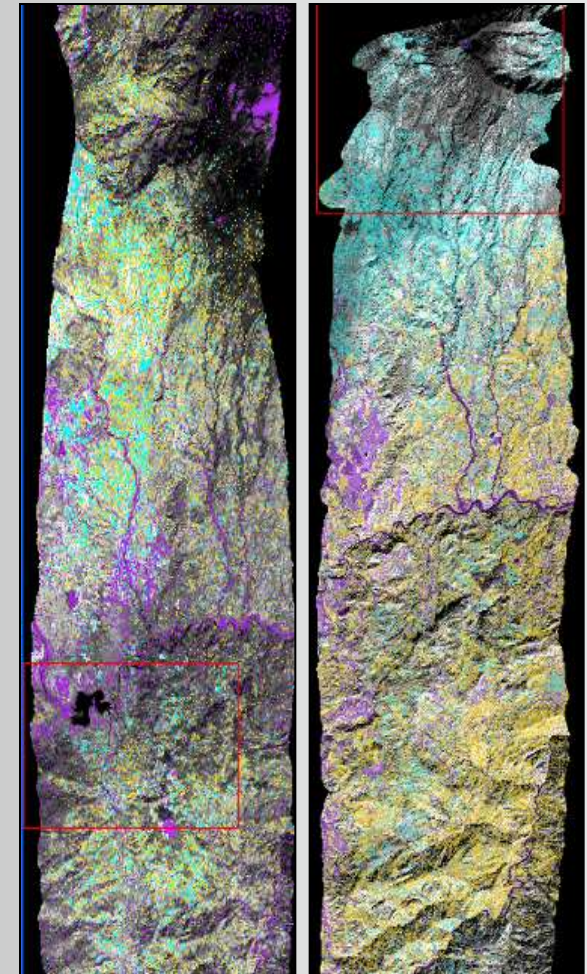
Minerales con alto contenido en Fe presentan un contraste muy elevado entre las longitudes de onda 0,63 $\mu\text{m}$  y 0,69 $\mu\text{m}$  y de 0,45 $\mu\text{m}$  a las 0,52 $\mu\text{m}$ .



## Análisis de Componentes Principales

- En el caso de las imágenes HyMAP se han seleccionado las siguientes bandas en los sucesivos PCA: para illita, canales 6, 25, 105 y 108; para alunita canales 6, 25, 105 y 116; para caolinita canales 6, 81, 108 y 116; para caolinita + esmecita canales 6, 81, 108, 119. Para el grupo de minerales de Fe, como la goethita, hematita y jarosita, se han utilizado los canales HyMAP 4, 32, 62 y 103 y para la montmorillonita los canales 4, 25, 81 y 94.

- En el caso de de las imágenes MASTER se han realizado análisis de componentes principales diferenciados para cada mineral a partir de las siguientes longitudes de onda: canales 4, 8, 21 y 24 para alunita; canales 4, 8, 21 y 22 para illita; canales 4, 13, 22 y 24 para caolinita



Abundancia de minerales de alteración hidrotermal (Alu-cyan, Illi-amarillo, Caol-morado, Caol+Esme-morado 2, Mont-marrón) a partir de HyMAP, detalle en el volcán Turrialba de la CVC (derecha) y MASTER (izquierda).

# DETECCIÓN DE ANOMALÍAS ESPECTRALES

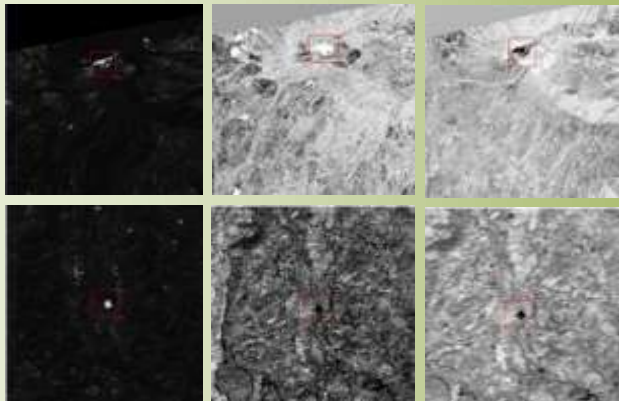
## Anomalías Espectrales

- Algoritmo RX (Reed and Xaoli, 1996)
- *Projection pursuit* (Malpica *et al.*, 2008)
- Índice Térmico (Rejas *et al.*, 2007), caso de MASTER

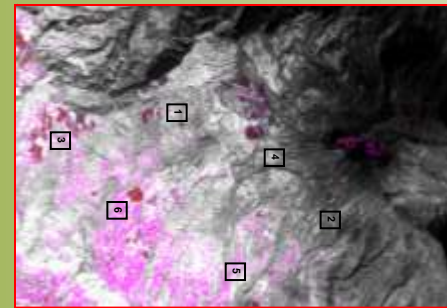
$$THI = \frac{[conv(L_{\mu 10.16}) - conv(L_{\mu 12.21})]}{0.24 \cdot [conv(L_{\mu 10.16}) - conv(L_{\mu 12.21})]}$$

donde conv = convolución de imagen mediante filtro de mediana

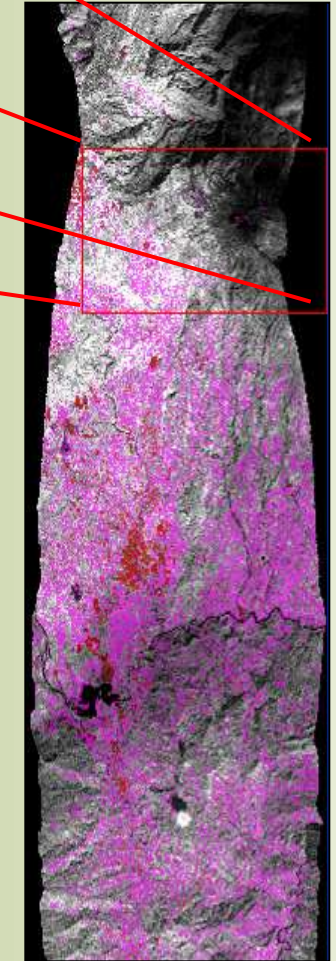
L = radiancia en el sensor para longitud de onda



Detalle anomalías espectrales SSRX (a), Alunita (b) e Illita (c) de HyMAP 2005 (Superior). Detalle de anomalías espectrales OSPRX (a), Alunita (b) e Illita (c) de MASTER.

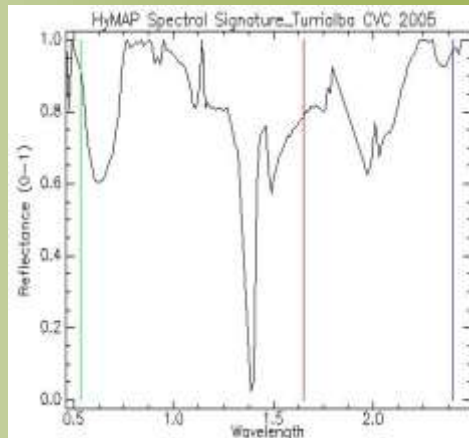
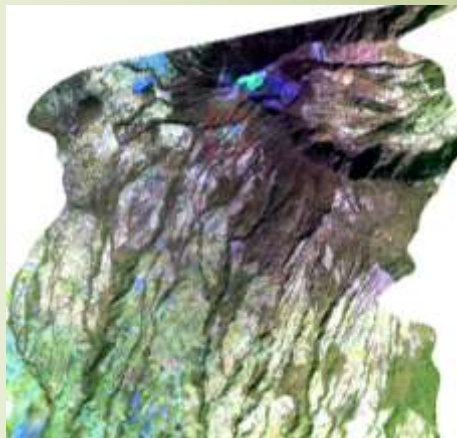


## Validación

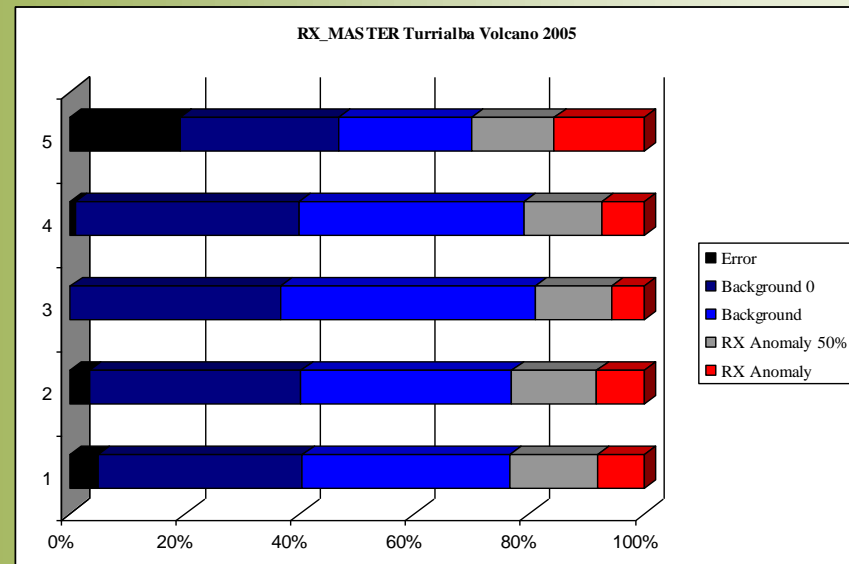


Índice térmico THI (rojo-violeta) entre 10.16  $\mu\text{m}$  y 12.21  $\mu\text{m}$  sobre canal 6 en nivel de gris de MASTER. Detalle Volcán Turrialba y laderas.

# DETECCIÓN DE ANOMALÍAS ESPECTRALES



Anomalías RX de canales VNIR (izqda.) y TIR de MASTER (centro).  
Comparación de métodos de detección de anomalías RX para MASTER:  
(1) Todos los canales, (2) sólo VNIR, (3) sólo bandas VNIR diagnóstico,  
(4) sin bandas VNIR diagnóstico y (5) sólo TIR.



## Discusión de resultados.

- Se ha analizado la influencia de las bandas de absorción y reflexión en la detección de anomalías espectrales por los diferentes métodos mencionados. La diferencia entre las anomalías espectrales con y sin bandas de diagnóstico en el VNIR para el caso HyMAP es el 0,75%, y para el caso de MASTER es el 0,84%, mientras que la diferencia para la detección del fondo espectral es de -2,52% y -2,32%, respectivamente.

# CONCLUSIONES

- Se ha realizado un **estudio comparativo** de distintos **métodos de detección de anomalías espectrales** a partir de imágenes **HyMAP** y **MASTER** en áreas de test de la **Cordillera Volcánica Central (CVC)** de Costa Rica.
- Se ha comprobado que la **mayor resolución espectral** de las imágenes **mejora la precisión en la detección de bandas diagnóstico** de los minerales de alteración hidrotermal analizados.
- Mayores concentraciones de **minerales de alteración hidrotermal**, en escenarios en los que las fuentes de error se minimizan, están **correlacionadas con las anomalías** calculadas en el rango **espectral reflectivo**. No se ha establecido una relación clara entre anomalías térmicas y minerales analizados.
- La mezcla espectral **repercute significativamente en la caracterización del fondo**, y consiguientemente en las anomalías espectrales calculadas. Los resultados obtenidos por los distintos métodos de detección de **anomalías espectrales** desarrollados se ven **afectados** así mismo **por la selección de bandas de absorción y reflexión**, mejorando estos al considerar en el cálculo la respuesta en longitudes de onda diagnóstico de determinados materiales.
- Finalmente, los resultados obtenidos permiten **considerar adecuadas determinadas áreas de la CVC como análogos terrestres en exploración Planetaria** mediante teledetección hiperespectral.



# Gracias por su atención !

## Referencias

- Antón-Pacheco, C., Rowan, L.C., Mars, J.C. and Gumiel, J.C., 2001. Characterization of mine materials and hydrothermally altered rocks using HyMAP data. *Revista de Teledetección*, 2001, Number 16, 65-68 pp.
- Ber, D.O., Wloclawsky, K., Swirski, Y., Hgov, Z., Michaeli, A., Vavrizot, V., Abramovitz, Y., Ber-Dov, A., Yaron, O., Weizman, E., 2010. Anomaly detection in the airborne hyperspectral and high-resolution imagery processing and fusion. *IEEE Sensors Journal*, Vol. 10, No. 3, March 2010.
- Bataller, F.J., Rejas, J.G., Bonatti, J., Marchamalo, M. and Martínez, R., 2010. Detection of hydrothermal alteration using a principal component analysis applied to hyperspectral HyMAP data on the Turrialba volcano, Costa Rica. *Geomatica Week International Congress, Barcelona (Spain)*, 23-25 February 2011.
- Berni, J.A., Zarco-Tejada, P., Suárez, L and Fereres, E., 2010. Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an Unmanned Aerial Vehicle. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, Vol. 47, No. 3, March 2009.
- Borghys, D., Achard, V., Kasen, I. and Perneel, C., 2012. Comparative evaluation of hyperspectral anomaly detection methods in scenes with diverse complexity. In *Proc. OPTRO2012 Symposium on Optronics in Defence and Security*, Paris, France.
- Cipar, J., Anderson, G. and Cooley, T., 2011. Active volcano monitoring using a space-based short-wave infrared imager. *Proceedings WHISPERS 2011, Lisbon (Portugal) 6-9 June 2011*.
- Cocks T., R. Jenssen, A. Stewart, I. Wilson, and T. Shields, 1998. The HyMAP Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. *Proc. 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy* (M. Schaepman, D. Schlöpfer, and K.I. Itten, Eds.), 6-8 October 1998, Zurich, EARSeL, Paris, p. 37- 43.
- Crosta, A. P., Filho, C. R. de Souza, Azevedo, F. and Brodie, C., 2003. Targeting key alteration minerals in epithermal deposit in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 10, pp. 4233-4240.
- Duran, O. and Petrou, M., 2007. A time-efficient method for anomaly detection in hyperspectral images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No. 12, December 2007.
- Eismann, M.T., Stocker, A.D. and Nasrabadi, N.M., 2009. Automated Hyperspectral Cueing for Civilian Search and Rescue. *Proceedings of the IEEE*, No. 6, June 2009.
- Haboudane, D., Miller, J.R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P.J. and Dextraze, T., 2002. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, vol. 81, no. 2/3, pp. 416-426, Aug. 2002.
- Hook, S. J. Myers, J. J., Thome, K. J., Fitzgerald, M. and A. B. Kahle, 2001. The MODIS, ASTER airborne simulator (MASTER) - a new instrument for earth science studies. *Remote Sensing of Environment*, vol. 76, Issue 1, pp. 93-102.
- Manolakis, D. and Shaw, G., 2002. Detection Algorithms for Hyperspectral Imaging Applications. *IEEE Signal Processing Magazine*, January 2002.
- Malpica, J.A., Rejas, J.G. and Alonso, M.C., 2008. A projection pursuit algorithm for anomaly detection in hyperspectral imagery. *Pattern Recognition* 41 (11) pp: 3313-3327, 2008. ISSN 0031-3203.
- Nasrabadi, N.M., 2008. Multisensor Joint Fusion and Detection of Mines Using SAR and Hyperspectral. *Proceedings of IEEE Sensors 2008 Conference*.
- Reed, I.S. and Xiaoli, Y., 1990. Adaptive multiple-band CFAR detection of an optical pattern with unknown spectral distribution. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Vol. 38, No 10, October 1990.
- Rejas, J.G., Martínez R. and Malpica J.A., 2007. Hyperspectral remote sensing application for semi-urban areas monitoring. *URBAN 2007 4th IEEE GRSS/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas*, Paris (France) 11-13 April 2007. IEEE, ISBN-1-4244-0711-7.
- Rejas, J.G., Burillo, F., López, R., Cano, M.A., Sáiz, M.E., and Farjas, M., 2010. Integrating SAR data and hyperspectral analysis for the archaeological survey of the Segeda city, Spain. *3th International Conference on Remote Sensing in Archaeology, Tiruchirapalli (India)*. BAR International Series 2118.
- Rejas, J.G., Martínez-Frías, J., Bonatti, J., Martínez, R. and Marchamalo, M., 2012. Anomaly detection and comparative analysis of hydrothermal alteration materials through hyperspectral multisensor data in the Turrialba volcano. *XXII ISPRS International Conference, Melbourne, Australia*.
- Rondeaux, G., Steven, M. and Baret, F., 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, vol. 55, no. 2, pp. 95-107, Feb. 1996.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. and Harlan, J.C., 1974. Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation. *NASA/GSFC, Greenbelt, D*, p. 371, 1974. Final Report.
- Schaum, A., 2005. Hyperspectral detection algorithms: Operational, next generation, on the horizon. *Proceedings of the 34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR05)*.
- Stein, D.W.J., Beaven, S.G., Hoff, L.E., Winter, E.M., Schaum, A.P. and Stocker, A.D., 2002. Anomaly Detection from Hyperspectral Imagery. *IEEE Signal Processing Magazine*, January 2002.