

Aplicaciones agrícolas y forestales de las bandas 3 y 4 del sensor CCD en combinación con la banda 2 del sensor IR-MSS del satélite CBERS

Pablo Fernando Carrasco Pereira ¹
Erwin Camargo Arce ²
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff ³
José Carlos Moreira ³

¹ José B. y Ordóñez 984-Rivera, Uruguay
Telf of. (+598)-6224953
pcarrasco@adinet.com.uy

² Prefectura del Departamento de Santa Cruz, Bolivia
Telf of. (+591)3328276 Dom. (+591)33524275
ecamargoarce@yahoo.es

³ INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{bernardo, cmoreira}@tid.inpe.br

Abstract. It is well known that the most widely used multispectral image composition for agricultural and forestry application is the classic R4 G5 B3 color composition from Landsat. The payload of CBERS-2 consists of three sensors with different and complementary characteristics. Although, most applications with CBERS images use CCD images and take no advantage of band 2 (SWIR) from IRMSS sensor; which may be attributed to differences in spatial resolution between these sensors. Therefore, the objective of this work is to demonstrate that CBERS data can generate the traditional and classic Landsat R4 G5 B3 composition by resampling the IRMSS band 2 from 80 to 20m and combining this band with band 3 (red) and 4 (NIR) from the CCD sensor. Several examples are provided to illustrate the relevance of the SWIR band for agricultural and forestry applications. Results indicated that the band combination from different sensors with different spatial resolution but complementary spectral bands from the CBERS satellite is feasible, providing significant advantages for agricultural and forestry applications.

Palabras Claves: spectral bands, shortwave infrared, color composition, bandas espectrais, infravermelho médio, composição colorida.

1. Introducción

Durante mucho tiempo, la utilización de imágenes del sensor TM del satélite Landsat han tenido gran importancia en aplicaciones agrícolas, forestales y recursos naturales en general, debido a la distribución estratégica de sus bandas en el visible, infrarrojo próximo y infrarrojo medio del espectro electromagnético. La vegetación contenida en estos alvos tiene su mayor respuesta espectral en la banda TM4 (infrarrojo próximo). Así mismo, la segunda mayor respuesta espectral es dada en la región del infrarrojo medio que corresponde a la banda TM5 del Landsat. Y finalmente la menor respuesta espectral de la vegetación esta dada en la región del visible correspondiente al espectro rojo, banda TM3 del Landsat (Moreira, 2003).

Esta clásica combinación de RGB 453, es la más utilizada en el mundo entero para estudios aplicados a los recursos naturales por tener una mayor contrastación de las respuestas espectrales, permitiendo la mayor variabilidad des respuestas de estos alvos, que se manifiestan visualmente

en una mayor diversidad de colores visualizados en la imagen; situación que permite la interpretación visual de las más variadas características de los alvos observados.

Considerando esta situación, el satélite CBERS-2 (China-Brazil Earth Resources Satellite) a incorporado a su estructura 3 tipos de sistemas de sensores de colecta de datos de sensoramiento remoto para recursos naturales: el CCD (Charge-Coupled Device) con resolución espacial de 20m x 20m, y ubicados en el espectro visible (azul, verde y rojo) y en la región del infrarrojo próximo. El sensor IR-MSS (InfraRed Multispectral Scanner Subsystem) con una resolución espacial de 80m x 80m con una cámara de barradura que opera e 4 fajas espectrales desde el visible hasta el termal. Finalmente cuenta con el sensor WFI (Wide Field Imager) con una resolución espacial de 256m x 256m que opera en las fajas espectrales desde el rojo hasta infrarrojo próximo.

Como podemos apreciar en las características de sensor CCD, a pesar de tener una alta resolución espacial (20 m), se nota una carencia de información en el espectro del infrarrojo medio (1,55 – 1,75 μ m), que determinarían una mayor aplicación para los recursos naturales, como en el caso del Landsat.

Para superar esta carencia de información, se plantea como objetivo de este proyecto, la utilización de la banda 2 del sensor IR-MSS en combinación con las bandas 3 y 4 del sensor CCD, en aplicaciones agrícolas y forestales, aplicando así mismo un remuestreo de su píxel desde 80 x 80m para 20 x 20m.

2. Área de estudio

Fueron utilizadas 2 áreas de estudio, la primera se encuentra ubicado en el municipio de Pirassununga del Estado de São Paulo en Brasil. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas de Latitud Sur 21° 59' 55,99" y 21° 56' 37,18", Longitud Oeste entre 47° 22' 34,61" y 47° 18' 01,74" **Figura 1(a)**.

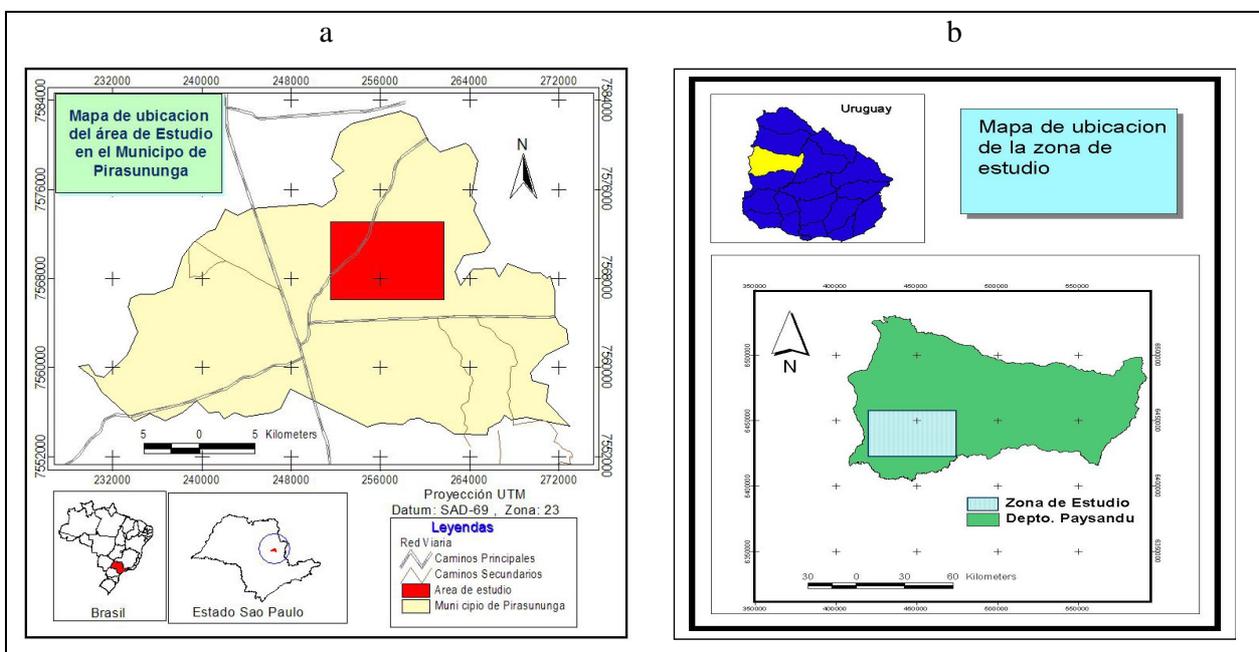


Figura 1.- Mapa de ubicación de las áreas de estudio.

Las principales actividades de la región, son la agricultura, donde principalmente se cultiva la caña de azúcar, los cítricos, el maíz, la soya y algodón. La segunda región se encuentra en el

departamento de Paysandú – Uruguay, y esta geográficamente ubicada entre las coordenadas de Latitud Sur $31^{\circ} 59' 22,70''$ y $32^{\circ} 35' 20,29''$, Longitud Oeste entre $57^{\circ} 12' 42,03''$ y $58^{\circ} 10' 51,65''$. Su fisiográfica es llana, con algunas ondulaciones suaves **Figura 1(b)**.

Los principales cultivos de la región son el maíz, trigo, cebada, arroz y cítricos. Pero existen otras actividades importantes en la región, como la ganadería bovina, que ocupa una importante área de pasturas, y la forestal con plantaciones importantes de pino y eucalipto, para industrialización de la celulosa.

3. Materiales y métodos

Básicamente los materiales utilizados en este estudio fueron imágenes CBERS-2 sensores CCD y IR-MSS, resumidas en la **Tabla 1**.

Con fines de hacer comparaciones se han tomado como referencia las imágenes Landsat TM, órbita 220 y puntos 75 y 76, de las siguientes fechas: 1) imagen de la época de alta pluviosidad del 19/01/2004 y 2) imagen del mes de abril 4/04/2004 (Rudorff, 2004; Del Arco, 2004).

Para la cartografía básica fue tomada, la información de la delimitación de municipios del IBGE cuyo datum de origen es SAD-69 y la proyección UTM; en el caso de la zona de Uruguay se ha tomado el datum de origen WGS 84 y la proyección UTM. En el proceso de registro de las imágenes han sido utilizadas las imágenes ortorectificadas que disponibiliza la NASA del sensor ETM+ del satélite LANDSAT-7 del año 2000.

Tabla 1. Descripción de las fechas de adquisición de imágenes CBERS-2 CCD e IR-MSS.

Meses	Órbitas – Punto			
	155 - 124	155 - 125	163 - 136	163 - 137
Enero			26/01/2004	26/01/2004
Marzo	16/03/2004	16/03/2004		
Abril		11/04/2004		
Julio	24/07/2004	24/07/2004	26/07/2004	26/07/2004
Agosto	19/08/2004	19/08/2004		
Septiembre			16/09/2004	16/09/2004

El proceso para remuestreo de la imagen del sensor IR-MSS se realizó en la plataforma computacional ENVI, en las operaciones de registro y corrección geométrica que contiene este software. Como primer paso, se registró las imágenes del sensor CCD, usando como base cartográfica las imágenes ortorectificadas de la NASA, descritas anteriormente. Luego se registró la banda 2 del sensor IR-MSS usando como base cartográfica las imágenes del sensor CCD, registradas anteriormente, proceso en el cual han sido consideradas solamente puntos de referencia del tercio central de la imagen CCD, para evitar las distorsiones de las imágenes IR-MSS que contiene en los bordes debido al proceso de barradura para obtención de dicha imagen. Como parte final de este proceso en ENVI, se genera una nueva imagen, cambiando los parámetros de salida de esta, de tal forma que podemos redefinir los píxeles de 80 m de la imagen IR-MSS a 20 m, aumentando su resolución espacial, y así poder combinar con las bandas del sensor CCD.

Después de haber registrados, las imágenes se procede a la clasificación de las mismas realizando este proceso en el aplicativo SPRING. La clasificación de las imágenes envuelven dos etapas distintas: clasificación digital y interpretación visual. La primera fase de clasificación

digital fue desarrollada a través de la segmentación de las imágenes, en la que fue utilizado un algoritmo denominado crecimiento de regiones. El objetivo de esa segmentación es el de agrupar regiones continuas y similares radiométricamente que representen a un mismo cultivo, a partir de píxeles individuales (Nascimento & Almeida Filho, 1996). El proceso de segmentación exige la definición de los limiars de similaridad del área. Los limiars utilizados en la segmentación de las imágenes fueron de 20 niveles de grises para la similaridad y de 50 píxeles (aproximadamente 4,5 ha) para el área. Este proceso se realizo solamente utilizando las bandas 4, 3 y 2 de sensor CCD.

En la fase siguiente las imágenes fueron clasificadas usando algoritmo denominado ISOSEG al 95% de probabilidad de la clasificación no supervisada, que agrupa las regiones en clases espectralmente homogéneas. En la interpretación visual, las clases espectrales que fueron generadas por este clasificador, fueron individualmente sobrepuestas con las imágenes de diferentes fechas, donde se utilizó la combinación RGB de imágenes del sensores CCD bandas 4 asociada al R y la banda 3 al B y banda 2 remuestrada (B2r) del sensor IR-MSS al G, que permitieron diferenciar mejor individualmente los cultivos en el análisis multitemporales, que en la combinación 4(R), 3(G) 2(B) de las bandas del sensor CCD que posteriormente fueron asociadas a las clases temáticas de cultivos en el proceso de interpretación visual.

4. Resultados y Discusión

El presente estudio permitió resaltar la gran utilidad que tienen las imágenes de sensoramiento remoto para el mapeo de cultivos agrícolas y forestales, a través del análisis multitemporal. La utilización de las imágenes CBERS CCD & IRMSS, ampliaron la cobertura temporal, que son de vital importancia para permitir la correcta identificación de la diversidad de cultivos anuales, semiperennes y perennes.

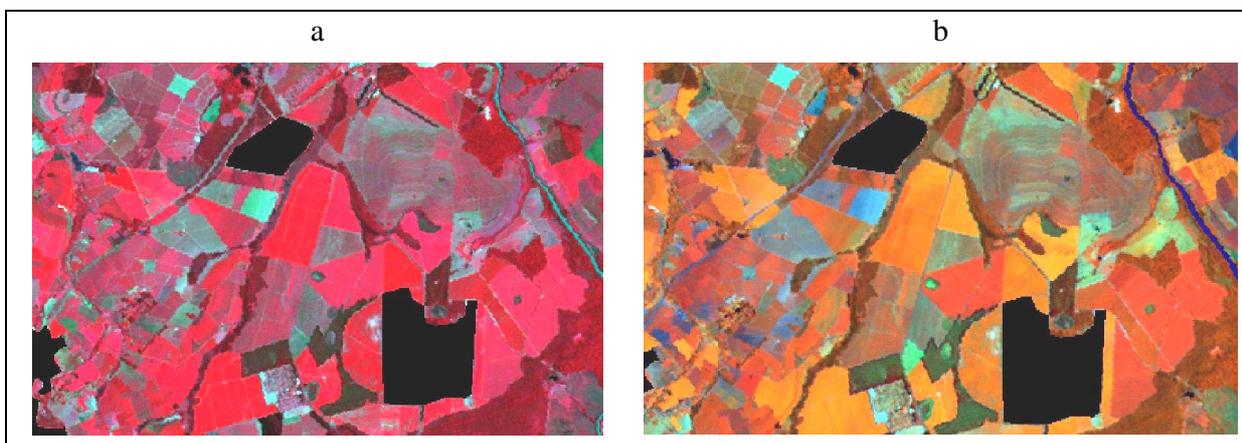


Figura 2.- Composición RGB a) 432 b) 453 de Landsat TM ambos de fecha 19/01/04.

En el mes de enero, **Figura 2b** del Landsat que corresponde a la temporada de mayor pluviosidad, en la misma que se encuentran establecidos todos los cultivos anuales y semiperennes, se puede diferenciar caña y maíz (color rojo) de algodón y soja (color naranja), que en la **Figura 2a** no se tiene el mismo efecto de interpretación visual, dado que todos ellos presentan la coloración roja en diferentes tonalidades.

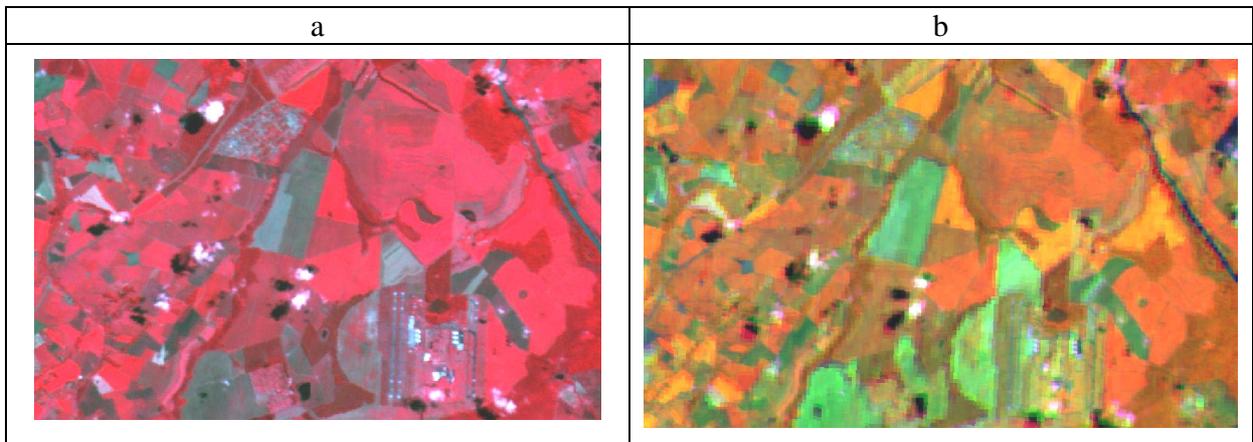


Figura 3.- Composición RGB a) 432 sensor CCD b) 423 siendo 4y3 de CCD y 2 de IR-MSS ambos de fecha 16/03/04 del satélite CBERS.

En el mes de marzo, **Figura 3b** que es el fin del ciclo de los cultivos soja y maíz, se puede diferenciar entre caña del maíz debido a que este último ya está en fase de senescencia, cambiando de coloración hacia el verde oscuro, por una parte; así mismo se puede establecer diferencias entre soja de algodón, observándose que la soja ya esta en la finalización de su ciclo del cultivo, por lo que se encuentra cosechada o seca observándose una coloración de verde claro a cian donde puede observar la reflectancia del suelo, y el algodón todavía se encuentra en su fase de desarrollo, quedando el mismo de coloración naranja. De esta forma podemos decir que la combinación del inciso (b) permite una mejor interpretación visual que la combinación del inciso (a).

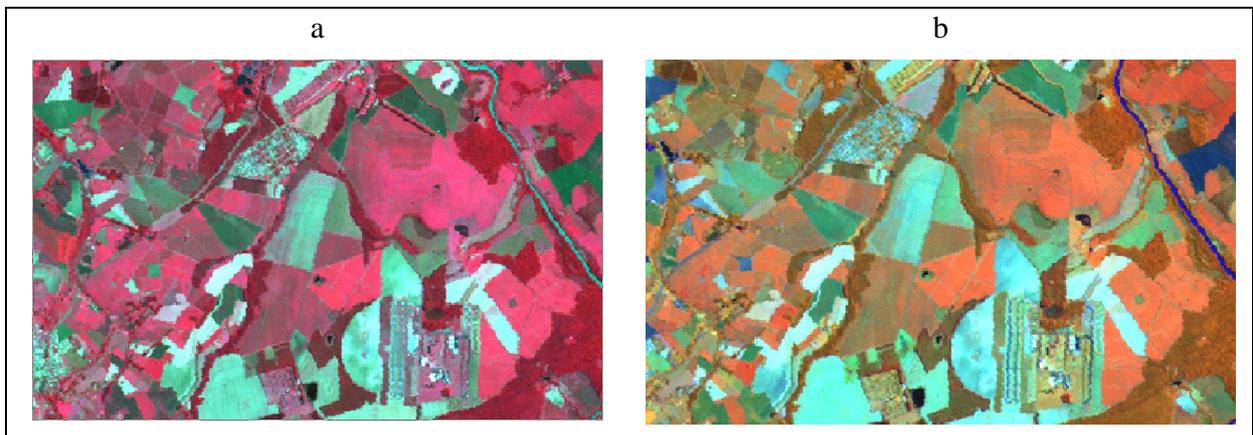


Figura 4.- Composición RGB a) 432 b) 453 ambos de fecha 08/04/04 de Landsat TM.

Como podemos analizar en las **Figuras 4b** podemos observar, que la caña de azúcar continua en su estado de desarrollo en algunos casos y en otros está lista para la etapa de cosecha, la cual presenta una coloración roja tendiendo a anaranjado por efecto de atmosférico, siendo está la única que queda con alta reflectancia, tomando en cuenta que el algodón ya inicia su senescencia observándose de coloración naranja en algunos casos y en otros un verde claro tendiendo a Cyan; en caso del maíz se vuelve a observar la coloración verde oscura fecha en la cual también permite diferencia de la caña y de la soja cosechada

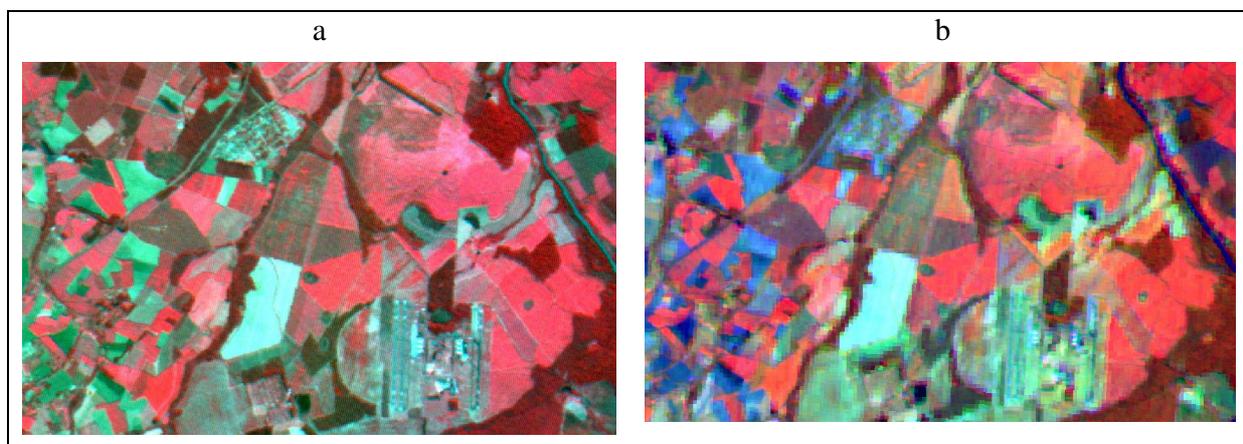


Figura 5.- Composición RGB a) 432 sensor CCD b) 423 siendo 4y3 de CCD y 2 de IR-MSS ambos de fecha 24/07/04 del satélite CBERS-2.

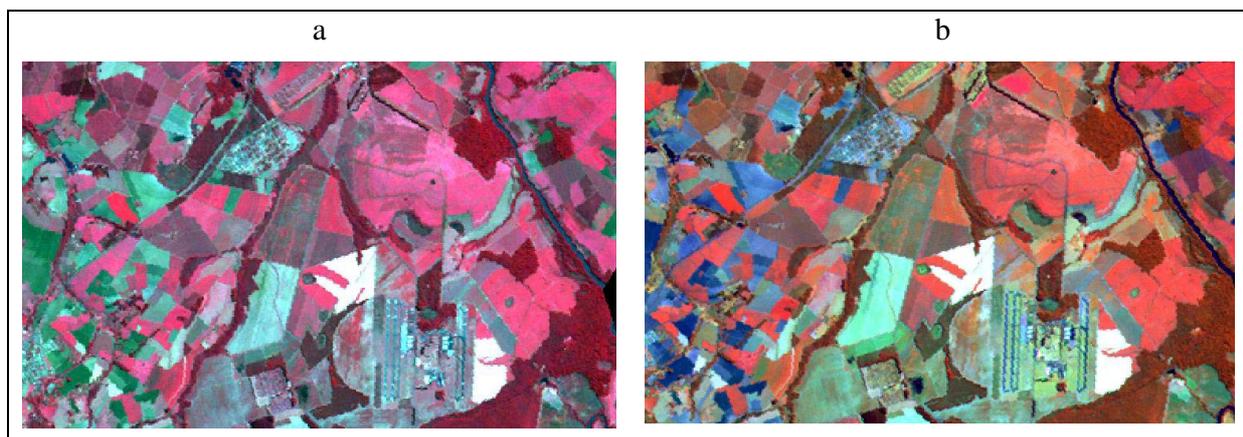


Figura 6.- Composición RGB a) 432 b) 453 ambos de fecha 04/08/04 de Landsat TM .

Observando la **Figura 5 y 6**, que son de fechas más o menos aproximadas, podemos observar los mismos comportamientos, pero diferenciados los incisos a y b dado que en caso de (b) podemos observar mas nítidamente la diferencia que existente entre cítricos, bosques de los demás alvos.



Figura 7.- Mapa de clasificación de cultivos agrícolas y otros usos en la RA de Limeira en la campaña agrícola 2003/2004, a través de imágenes Landsat y CBERS.

En la **Figura 7** podemos observar el resultado de la clasificación obtenidas a través del análisis multitemporal de imágenes CBERS complementada con Landsat, pudiendo confirmar la utilidad de estos dos satélites en la clasificación de los cultivos agrícolas.

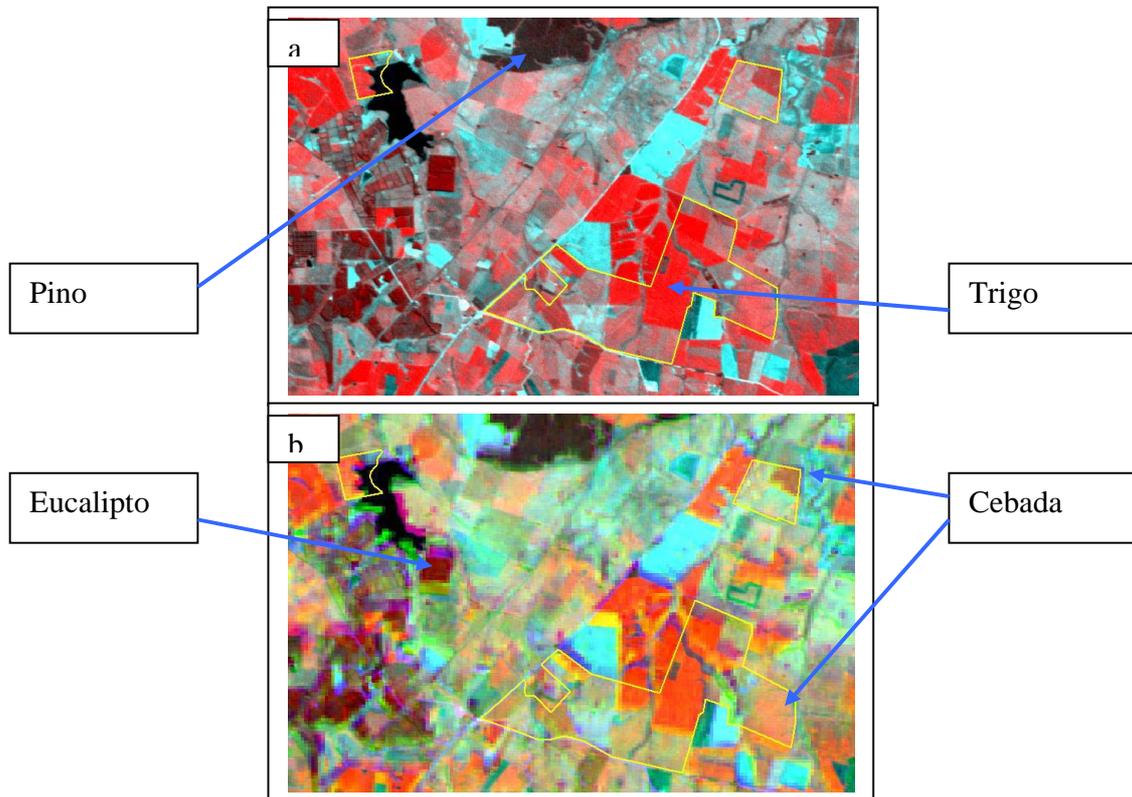


Figura 8.- Composición RGB a) 432 sensor CCD b) 423 siendo 4y3 de CCD y 2 de IR-MSS ambos de fecha 16/09/04 del satélite CBERS-2 (Zona 1).

En la **Figura 8b**, de la zona de Paysandú se puede resaltar diferencias entre los cultivos de trigo y cebada, debido a que el trigo se observa de color naranja intenso tirando a rojo y la cebada de color naranja claro en su fase de inicio de desarrollo, tornándose de color café marrón al completar su desarrollo, diferencia en la que no se observa en el inciso (a). También se pudo observar en el inciso (b) Pino en color café oscuro tirando a negro y eucalipto en color café, mientras que en el inciso (a) el eucalipto es de color rojo fuerte.

Luego de este análisis, podemos afirmar que las composiciones RGB falso color, donde se combinan tres espectros muy importantes para el análisis del comportamiento de los cultivos agrícolas y forestales, observándose en todos los incisos (a) la combinación 432 tanto para Landsat como para CBERS y los incisos (b) observamos la composición 453 para Landsat y 423 para CBERS, siendo 4 y 3 del sensor CCD y 2 del sensor IR-MSS, donde podemos apreciar básicamente que tenemos un similar comportamiento entre las imágenes de los dos satélites, siempre y cuando se utilicen los mismos espectros. Por lo tanto podemos afirmar que la banda 2 del IR-MSS, que tiene el mismo espectro que en Landsat (1,55 –1,75 μm), produce similar efecto visual de la banda 5 del sensor TM del Landsat en la composición colorida.

5. Conclusiones y recomendaciones

La conclusión mas importante a la que llegamos en el presente estudio, es que la combinación del satélite CBERS utilizando las bandas 4y3 del sensor CCD combinadas con la banda 2 del sensor IR-MSS remuestreada de 80 m para 20 metros, en combinación RGB 423 falso color, produce el mismo efecto visual, comparativamente con el satélite Landsat sensor TM utilizando las bandas 453 RGB en falso color, para la interpretación visual en la identificación de diferentes cultivos agrícolas y forestales.

Como otra conclusión, podemos mencionar, que las combinaciones en falso color tomando a las bandas del infrarrojo medio, tanto del CBERS como del Landsat, en el verde del RGB se lograr mayor diferenciación e interpretación visual de los diferentes cultivos comparativamente con la utilización lo espectro rojo en el verde del RGB.

En el caso del trigo y cebada en el departamento de Paysandú – Uruguay, al utilizar las imágenes CBERS con las recomendaciones antes mencionadas fue posible establecer su diferencia respectiva.

Por otra parte, un factor importante para la interpretación de los cultivos agrícolas y forestales es el análisis temporal, donde se hace fundamental la obtención de una imagen del mes de enero o febrero, otra de marzo, de abril, agosto y septiembre, las cuales permitirán una mejor identificación de los cultivos en el análisis multitemporal.

Se recomienda que en futuros trabajos de identificación de cultivos agrícolas y forestales, se utilice la banda 2 del sensor IR-MSS remuestreada, conjuntamente con las bandas 3 y 4 del sensor CDD del satélite CBERS.

Se sugiere que se hagan mas investigaciones en aplicaciones agrícolas con la banda 2 del sensor IRMSS, y así mismo se considere fuertemente el aumento de su resolución espacial.

Se debe continuar investigando nuevos patrones para la interpretación visual de cultivos de menor extensión relativa, como el café, fréjol, arroz, hortalizas y maní (amenduin).

6. Referencias

Del'Arco, I.S.; **Sensoriaento remoto para a Estimativa de Área Agrícola e Levantamento do Perfil Espectro-Temporal de Culturas Agrícolas. 2004.** (INPE) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos campos, 2004. 170 p

Moreira, M.A. **Fundamentos do Sensoramento Remoto e Metodologías de Aplicação** 2 ed. UFV Viçosa, Brasil, 2003. 307 p.

Rudorff, B.F.T.; Sugawara, L.M.B.; Cândido, A.X.; Moreira, M.A.; Gomes, V.C.; Duarte, V.; Shimabukuro, Y.E.; **Estimativa de área Plantada com Cana-de-Açúcar em Municipio do Estado de São Paulo por Meio de Imagens de Satélites e Técnicas de Geoprocessamento: Ano Safra 2003/2004** . INPE -10791-RPQ/759 Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 48 p.