

# CARTOGRAFIA SATELITAL GEORREFERENCIADA PARA AGRIMENSORES

Jorge M. Sisti, Arturo M. Cabral, Walter G. Murisengo (\*); Elvio D. Pérez, Juan P. Urrutia (\*\*)  
Susana Sosa (\*\*\*)

\* Unidad de Investigación y Desarrollo Sistemas de Información Georreferenciada (UID SIG) – Agrimensura. Fac. Ing. UNLP; Av. 1 esq. 47 (1900) La Plata; [jsisti@ing.unlp.edu.ar](mailto:jsisti@ing.unlp.edu.ar)

\*\*\* Colegio Profesional de Agrimensura de Misiones; Avda. Rademacher 3399, Posadas, Prov.Misiones. [sosa.susana@yahoo.com.ar](mailto:sosa.susana@yahoo.com.ar), [agrimensura@arnet.com.ar](mailto:agrimensura@arnet.com.ar)

**Palabras Clave:** Cartografía, satelital, georreferenciada, agrimensura, misiones.

## INTRODUCCION

Este Proyecto tiene origen en 2004 a partir del dictado de un curso sobre aprovechamiento de imágenes satelitales en Posadas.

El Colegio Profesional de Agrimensura Provincial se interesó en obtener a través de una propuesta de desarrollo desde ésta Facultad (UID SIG - Agrimensura) cartografía satelital actualizada en soporte digital de su provincia (casi 30.000 km<sup>2</sup>), y participar en la ejecución y utilización, lo que se materializó a través de un Convenio con la Facultad.

La Unidad de Investigación y Desarrollo Sistemas de Información Georreferenciados y la cátedra Percepción Remota, al tener acceso a imágenes de los satélites Landsat a través de CONAE, elaboró cartografía de imagen satelital con precisión compatible con la escala 1:100.000, entregada en dos composiciones de color (color natural y falso color infrarrojo). En esta actividad participaron docentes de la Facultad de Ingeniería, alumnos de la carrera Agrimensura, y profesionales de la Provincia de Misiones. Se señala que la provincia de Misiones disponía hasta ese momento cartografía del IGM (hoy IGN) “de líneas” con varias décadas de antigüedad; mientras que las “carta-imagen” del plan cartográfico sólo estaban previstas para la provincia en impresiones (soporte papel), NO digital.

Se señala que la cartografía contribuye al conocimiento del territorio, y es requisito fundamental y necesario para su administración, ya que se utiliza en etapas de planificación, anteproyectos y ejecución de obras y otras instancias en las que frecuentemente participa los profesionales de la Agrimensura, interactuando además con otras profesiones que desarrollan sus actividades sobre el terreno como Geólogos, Agrónomos, Ingenieros, Arquitectos, Biólogos, etc.

Complementariamente en el marco del mismo proyecto fueron dictados cursos de actualización en interpretación y procesamiento de imágenes al finalizar el proyecto en setiembre 2006.

Debe tenerse en cuenta, que en esos años no estaba disponible aún la página Google-Earth, que tiene algunos puntos de contacto con este proyecto.

## PARTE EXPERIMENTAL

El primer punto del proyecto fue el de fijar los **Objetivos** Principales y Secundarios que se describen:

*Principales:* Proveer a los agrimensores de Misiones de información satelital actualizada en soporte digital y georreferenciada; Capacitar a profesionales para el manejo de esta técnica, con disponibilidad rápida (por ejemplo a través de correo electrónico y/o *online*) en sus PC´s y un valioso auxiliar en su producción profesional.

*Complementarios:* Realizar interpretaciones sobre áreas de interés, imprimirlas a diferentes escalas, realizar determinaciones aproximadas de coordenadas geográficas, planificación de trabajos de campaña, previsión de obstáculos, medición indirecta de

distancias; Incorporar tecnologías novedosas al uso cotidiano del Agrimensor así como otras profesiones de las Ciencias de la Tierra; Participar en equipos de planificación pluridisciplinarios con actividades que involucren información sobre el terreno y producción de cartografía básica o temática

A partir de dichos objetivos fueron fijados los pasos metodológicos para obtener los productos finales: principalmente cartografía de imagen satelital, georreferenciada, en soporte digital y formato accesible.

Etapas:

- ⊕ Al tener definida la escala de la cartografía y precisiones de referencia (escala 1:100.000, con precisiones absolutas del orden de  $\pm 40 - 50$  m.) se seleccionó un tipo de imágenes satelitales (plataforma Landsat, sensor TM), y las bandas espectrales mas apropiadas para representar la imágenes (en dos combinaciones: "color natural" e "falso color infrarrojo").
- ⊕ El proveedor natural de éste tipo de imágenes satelitales es la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), organismo del estado Nacional con el que nuestra Facultad dispone un Convenio para tal fin. Del catálogo online de Conae fueron seleccionadas imágenes recientes libres de nubes que fueran homogéneas en cuanto a las fechas de toma (se seleccionaron imágenes de invierno; junio-julio) y que cubrieran toda la superficie de la provincia (total, cuatro escenas Landsat TM),
- ⊕ Para validar la geometría de las cartas-imagen fue necesario obtener "puntos de control terrestre" (GCP): puntos con coordenadas conocidas claramente identificables en las imágenes. Por tanto se planificaron en gabinete los GCP con la distribución necesaria sobre toda la provincia (ver ejemplo de distribución) y la toma de puntos "in situ" fue realizada por agrimensores de Misiones. También fue utilizado como material auxiliar importante, algunas cartas topográficas existentes del IGM a escala 1:10.000.-
- ⊕ El paso siguiente consistió en la corrección geométrica de cada imagen Landsat TM a un sistema de coordenadas cartográficas definido. En éste caso el IGM utilizaba para la provincia (de acuerdo a un programa de particiones cartográficas de orden nacional) utilizaba anteriormente dos fajas centrales de la proyección (meridianos: 57 W para faja 6, y 54 W para faja 7, ver gráfico). Para éste caso se resolvió extender la faja 7 a toda la provincia, para proveer continuidad en el sistema de referencia. El datum de referencia es el WGS 84 (a diferencia de la cartografía IGM anterior que utilizaba datum locales [las mas antiguas] ó datum Campo Inchauspe [las mas recientes])
- ⊕ Adquisición y procesamiento de modelo digital de elevaciones SRTM e imágenes ortorectificadas ETM obtenidas a través de la WEB de la Universidad de Maryland: El modelo altimétrico de elevaciones SRTM y las imágenes ETM ortorectificadas fueron utilizadas para un exhaustivo análisis de los puntos de control obtenidos en campo. Se determino que algunos de estos no serían utilizados en la corrección de las imágenes (por errores diversos). Se utilizaron todos los puntos confiables y como complemento para lograr una corrección geométrica acorde con la precisión requerida, las imágenes ETM referidas.
- ⊕ Una vez corregidas cada imagen utilizando los puntos de control referidos, con software apropiado y el criterio de aceptación en el ajuste (precisión a lograr en la imagen corregida), el paso siguiente consistió en el "mosaicado" de las cuatro escenas, es decir, obtener un único archivo digital con el contenido completo del territorio bajo estudio, y con georreferencia controlada. Debe observarse que éste proceso conlleva a un "empalme" no sólo geométrico sino también radiométrico de las distintas escenas, para homogeneizar y armonizar la imagen resultado. Este Mosaicado fue realizado en dos combinaciones radiométricas de color: Color Natural (en resolución espacial de 30 m); Falso Color Infrarrojo (en resolución espacial mejorada de 15 m realizando un proceso de "merge" ó "sharpen", con la banda pancromática de las imágenes ETM).

- ⊕ El paso siguiente a obtener el mosaico, fue el recorte de hojas cartográficas digitales individuales. El criterio utilizado para el recorte de las hojas de cartas imagen fue primeramente respetar en lo posible la ubicación y tamaño de las hojas de cartas topográficas IGM 1:100.000 existente, optimizando los sectores de hojas desaprovechados en la distribución de uso nacional (que era de un total de 31 hojas en dos fajas diferentes Gauss-Krüger), además la totalidad de las hojas fueron extendidas en sus cuatro lados una distancia de aproximadamente 1250 metros para tener superposición entre las mismas y de esta forma asegurar la total cobertura del territorio provincial. Por lo tanto con este criterio se obtuvieron un total de veintiséis (26) cartas imagen satelitales georreferenciadas en proyección Gauss Krüger faja 7 con datum WGS84 para cada una de las composiciones de bandas preseleccionadas: a) "color real simulado 3-2-1" de 30 metros de resolución espacial y b) "falso color infrarrojo 4-3-2" de 15 metros de resolución espacial, que cubren en su totalidad la superficie de la provincia de Misiones. Total: 52 archivos digitales de carta imagen satelital georreferenciada. Ver esquema de distribución de hojas anterior y actual en gráficos de página 5.
- ⊕ Respecto a la radiometría, las hojas fueron realizadas individualmente obteniendo una relación muy buena entre contraste, brillo y calidad de los colores, particularmente apta para el análisis visual.
- ⊕ Edición y producción de archivos cartográficos digitales individuales: Una vez que tuvimos todos los archivos de las hojas de imagen satelitales se procedió a colocarles sus respectivos pies de imagen y guardarlas con su nombre de hoja en formato raster comprimido *ecw*.
- ⊕ Preparación de mapa índice digital georreferenciado, y mapa índice gráfico con límites de departamentos: con objeto de tener una guía para determinar ágilmente cual carta consultar para la realización de cualquier trabajo profesional.
- ⊕ Actividades de Capacitación: curso básicos de teledetección, curso de posicionamiento, talleres de aplicación directa de imágenes satelitales, curso avanzado de procesamiento de imágenes: realizados en tres encuentros, entre 2004 y 2006.

## RESULTADOS

Como resultado de ésta actividad, se obtuvieron los siguientes productos:

- ⊕ Banco de Datos Digital: cartografía satelital georreferenciada. Cobertura toda la provincia.
- ⊕ Mapa índice digital de distribución de hojas digitales, con indicación de límites de Departamentos.
- ⊕ Mapa provincial georreferenciado de escala pequeña, con toponimia a nivel macro.
- ⊕ Actualización de la matrícula con Curso/Taller de Introducción al manejo digital de esta información.
- ⊕ Software libre de manipulación de archivos digitales.

A los que se sumaron otros materiales complementarios, de importantes alcances para contribuir al éxito del proyecto.

→ *Productos Digitales*: Mosaico Satelital Provincial Georreferenciado Digital; Imagen Provincial del satélite argentino SAC-C de febrero de 2002, georreferenciada; Cuatro cartas IGM georreferenciadas de diferentes escalas (1:250.000, 1:100.000, 1: 50.000); Modelo Altimétrico obtenido del SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

→ *Impresiones*: Mapa Provincial en alta resolución fotográfica, escala 1:350.000, georreferenciado, en Falso color infrarrojo; Una carta satelital en alta resolución fotográfica, escala 1:100.000 (como ejemplo).

## DISCUSION

Existen varios enfoques particularmente interesantes en el proyecto que se reseñan:

- 1.- Desarrollo de una metodología con la se obtuvieron resultados con la calidad esperada.
- 2.- Interacción con organismos estatales (Conae) y paraestatales (Colegio Profesional de Agrimensura de Misiones) cuyo nexa fue la Facultad de Ingeniería, cumpliendo con su rol de crear y transmitir conocimientos
- 3.- Incorporación a las actividades tecnológicamente avanzadas, de alumnos de grado de la carrera, y profesionales en actividad.
- 4.- Entre los productos descriptos, puede observarse que se utilizó material histórico (cartas IGM topográficas impresas), imágenes satelitales recientes provistas por Conae, y material de aplicación disponible en la *web* (modelo altimétrico SRTM e imágenes ortorectificadas) que se conjugan en productos nuevos a disponibilidad de los usuarios finales.
- 5.- Otras provincias disponen material con alguna semejanza al aquí descrito, llevados a cabo en contextos muy diferentes en el que poco participaron los profesionales locales.
- 6.- Algunos años posteriores a éste trabajo se disponibilizó en la *web* una cartografía satelital a nivel mundial, que utiliza en forma extendida imágenes Landsat TM en una sola combinación de color, y que utilizando el mismo criterio aquí aplicado, mejora el producto cuando incorpora imágenes satelitales de mayor resolución (sistema hoy conocido como *Google Earth / Google Maps*).

## CONCLUSIONES

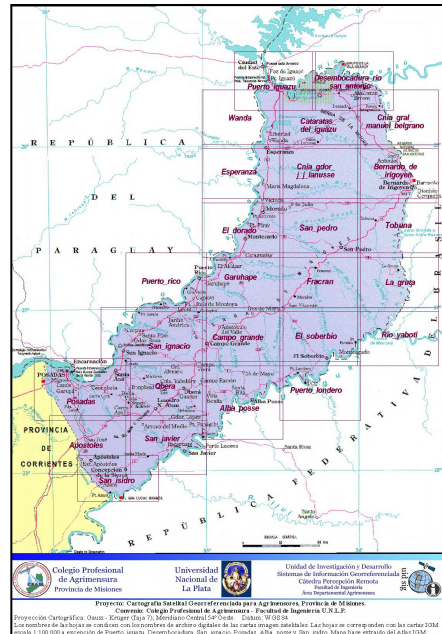
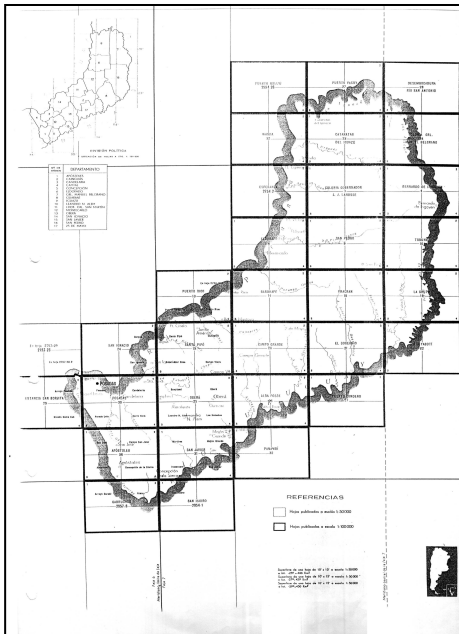
- ⊕ Resulta particularmente útil para los usuarios el disponer cartas imagen en soporte digital-georreferenciadas con el sistema de coordenadas Gauss-Krüger, en Faja 7 generando un continuo digital en formato raster toda la Provincia.
- ⊕ Los archivos generados son formato raster comprimido especial, y se manipulan con software apropiado libre.
- ⊕ El sistema de gestión vía Convenio vincula a entidades con necesidades con organismos en condición de dar respuesta y proveer soluciones, obteniéndose resultados óptimos en calidad y modo de producción.

# GRÁFICOS

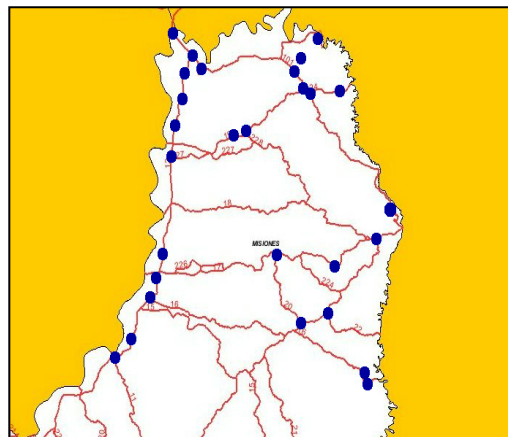


Esquema de distribución de las fajas cartográficas 7 y 6 que alcanzan la provincia de Misiones. Faja 7 (hojas características 2554 y 2754, mayoría de la provincia), y Faja 6 (hojas 2757).

Esquema comparativo de distribución de hojas cartográficas IGM escala 1:100.000 (a la izquierda), con distribución de carta-imagen del Proyecto (a la derecha).

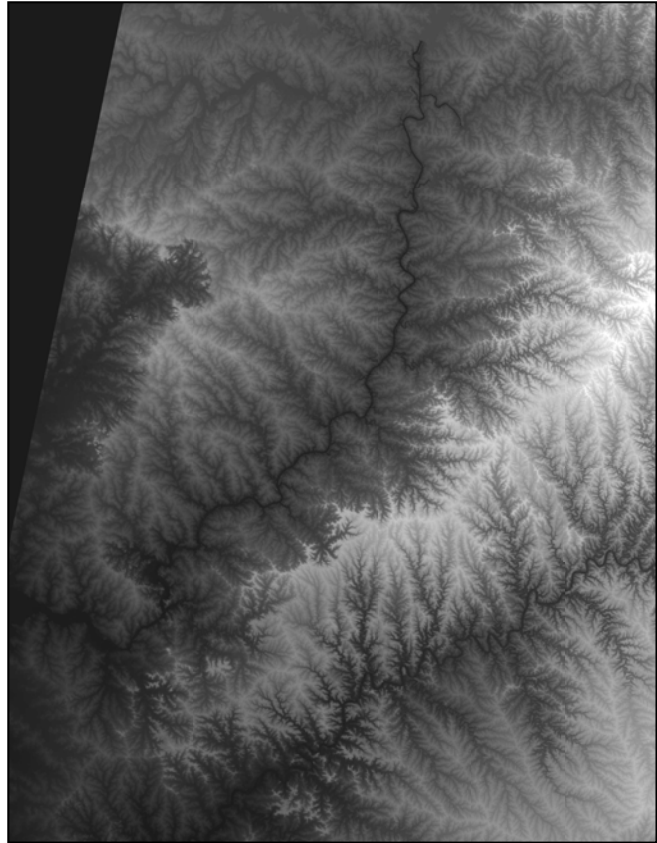


Esquema de la distribución de los puntos de control de imagen satelital sobre el sector norte de la provincia.

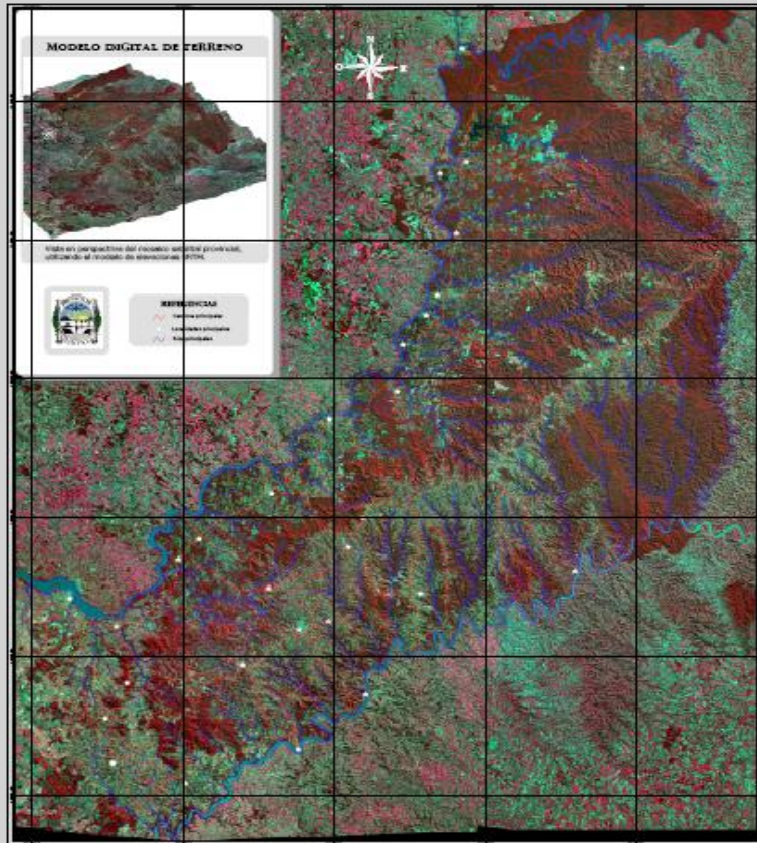


*Modelo altimétrico SRTM.*

Se observa nítidamente al centro en color negro el río Paraná (cauce principal) y sus afluentes (en gris oscuro); al centro de la provincia en colores claros sus principales elevaciones, dorsal o divisoria de aguas entre ríos Uruguay y Paraná.



**PROVINCIA DE MISIONES  
CARTA IMAGEN SATELITAL**



Mosaico digital provincial.

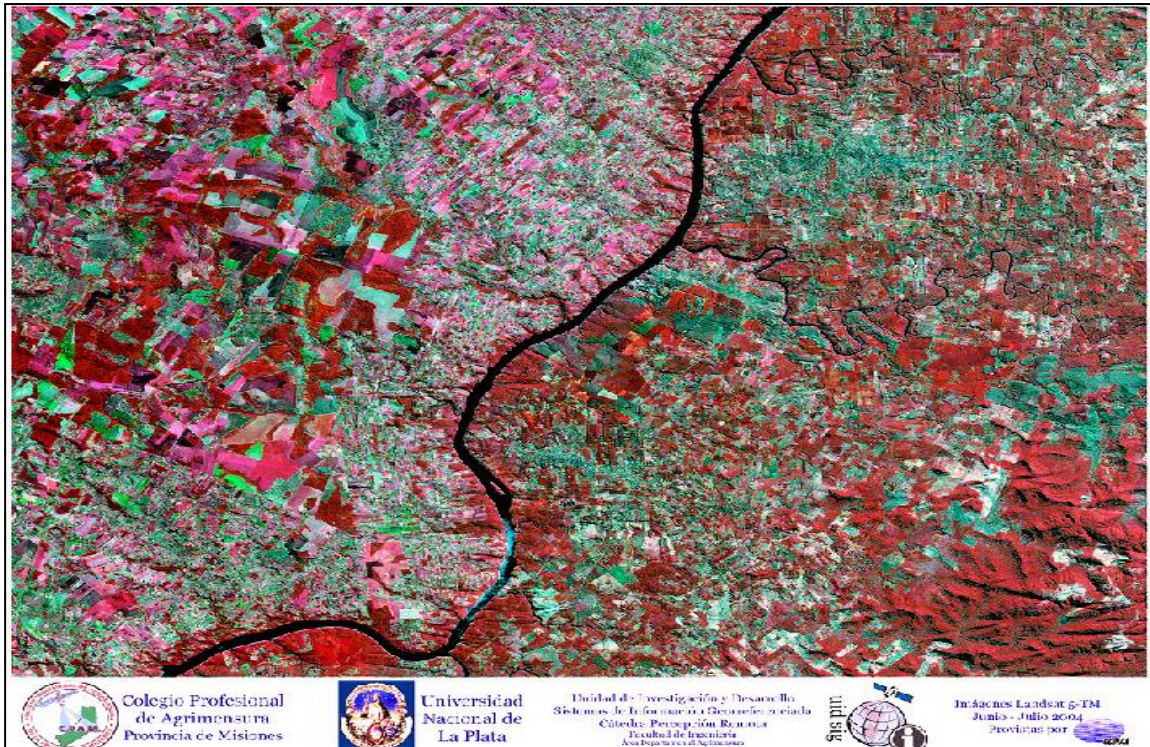
Carta imagen satelital de toda la provincia, en falso color infrarrojo, con vista 3D (incorporando el SRTM) y agregado de hidrografía principal.

Impreso a escala 1:350.000.

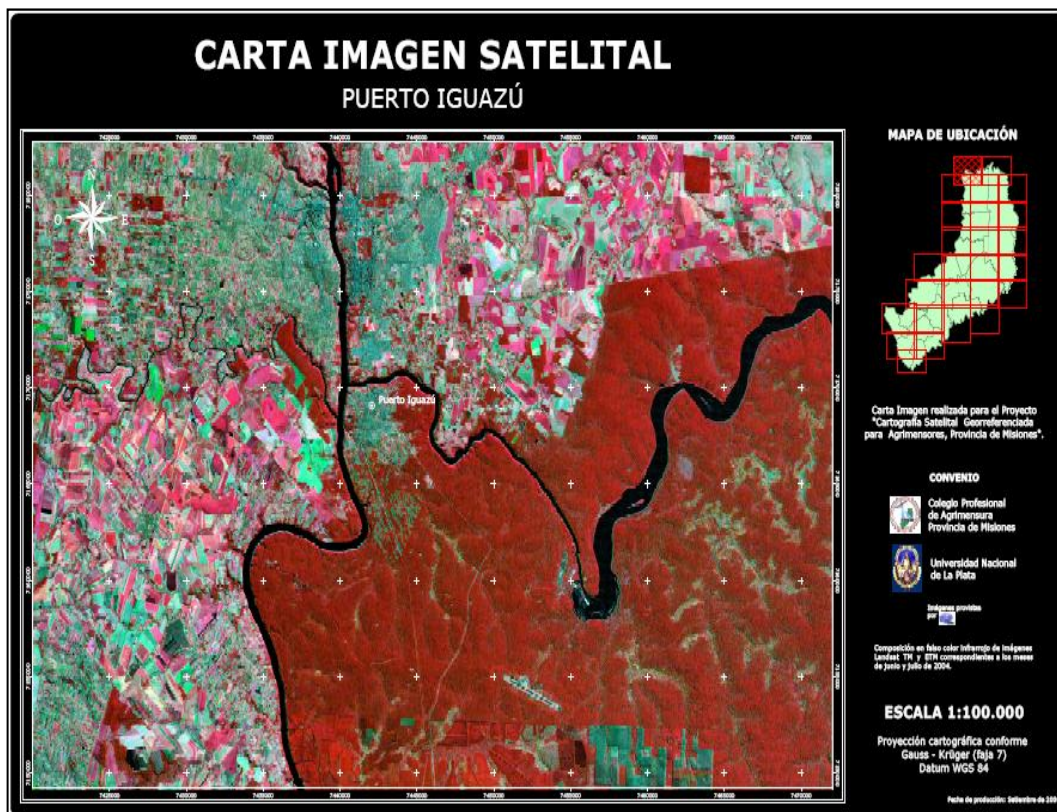
En los créditos figuran al pie:  
Consejo Profesional de Agrimensura, Facultad de Ingeniería UNLP, Conae, UID SIG.

Cartas imagen satelital individuales:

Ejemplo de archivo digital georreferenciado



Ejemplo de carta-imagen individual impresa a escala 1:100.000



## **BIBLIOGRAFIA**

- Introduction to remote sensing, Campbell, James B.
- Remote Sensing and Image Interpretation, Lillesand & Kieffer, Edit. Wiley.
- Fundamentos de teledetección espacial, E.Chuvieco, Edit. Rialp.
- The Landsat Tutorial Handbook, NASA.
- Modelos Digitales del Terreno, Angel María Felicísimo.
- Apuntes del CETEL , GDTA (Francia).
- Apuntes y guías de trabajos prácticos de la Percepción Remota, UNLP