

Actualización del Inventario de Plantaciones Forestales de la Provincia

Corrientes - Republica Argentina

Cartografía



Gobierno de la Provincia de Corrientes
Ministerio de Producción
Dirección de Recursos Forestales
Consejo Federal de Inversiones

Agosto 2015

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Introducción	2
Introducción a los sistemas de información geográfica	2
Modelo Ráster:	3
Modelo Vector:	3
Tratamiento de la información geográfica en los SIG.	3
ARCGIS como tecnología GIS	4
ArcMap	5
Imágenes de satélite	6
Procesamiento digital de imágenes	7
Sistema de Referencia y Coordenadas	8
Digitalización y Edición Vectorial	9
Procedimientos para la digitalización y edición de la información cartográfica	9
Edición y Corrección de Errores de digitalización	10
Errores Cartográficos:	10
Errores Atributivos:	10
Objetivos Principales y Secundarios	11
Metodología	12
1.- Identificación de polígonos de más de 5 ha para los dos géneros inventariables (<i>Pinus</i> y <i>Eucalyptus</i>) para cada clase de edad y estrato de suelo y, su posterior codificación que permita identificar género, edad, estrato de suelo y número identificador del polígono.	12
2.- Generación de archivo Excel con los siguientes campos para cada polígono: género – estrato de edad – estrato de suelo – número identificador.	14
3.- Identificación de los polígonos seleccionados en la cartografía a partir de imágenes, mediante línea de perímetro resaltada y el código de identificación al lado de cada UPM.	15
4.- Generación del GIS.	15
5.- Cartografía a escala adecuada con las UPM resaltadas y capas de información que faciliten la localización de accesos a las mismas en el terreno.	16
6.- Generación de puntos correspondientes a Centros de Parcela para cada UPM	20
7. Áreas de afectación de la Asociación de Bomberos.	21
Anexo I - Especificaciones Técnicas de las Plataformas Satelitales y Sensores	24
Landsat 5	25
Mapeador Temático (TM)	25
La Órbita del Landsat	25
Niveles de corrección geométrica de las imágenes Landsat	25
Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)	27
El programa Landsat	27
Diferencias y semejanzas de Landsat 8	27
El futuro de LDCM	29
Los instrumentos en Landsat 8	29
Sensor OLI	29
Descripción de Productos LDCM	30

SPOT 5	31
Sensores de los satélites Spot 1 a Spot 5	32
Repetitividad de las observaciones	33
Adquisiciones con observación lateral	34

INFORME CARTOGRAFÍA

Resumen

El conocimiento de los recursos forestales, en lo que hace a calidad, volumen, etc. es un instrumento indispensable de toda política forestal.

Los inventarios forestales son la base para generar esta información, pudiendolos considerar como un conjunto de técnicas y procedimientos para la obtención de información cuantitativa y cualitativa de los recursos forestales.

Teniendo presente estas consideraciones, durante el período octubre 2014 - Agosto 2015, se llevó a cabo la actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes, en la cual se planteó la necesidad de conocer con precisión las superficies forestadas, discriminada por los dos géneros principales (*Pinus* y *Eucalyptus*).

Para ello, y teniendo como referencia la información del primer inventario de plantaciones de dicha Provincia, se procedió a actualizar las superficies con forestaciones, sumando las forestaciones no detectadas por la Dirección de Recursos Forestales y restando las superficies con forestaciones que ya fueron aprovechadas.

Con la información de plantaciones provista por las empresas, por la suministrada por la Dirección de Recursos Forestales y por la obtenida de otras fuentes, se elaboró un SIG. A partir de éste se diseñó e imprimió la cartografía utilizada por los equipos de campo, conformada por cartas 1:180.000 cubriendo toda la provincia de Corrientes y por los mapas correspondientes a cada una de las parcelas a muestrear.

Además, como resultado final de este trabajo, se diseñó e imprimió un mapa provincial con las forestaciones, caminos, poblaciones, lagunas e información provista por el SIG 250.

Por otra parte, se diseñaron e imprimieron mapas correspondientes al área de afectación de cada uno de los cuarteles y/o asociaciones de bomberos, siendo esta una herramienta de utilidad a la hora de planificar el combate contra los incendios forestales.

En el presente informe se detallan las tareas realizadas para la elaboración de toda la cartográfica del estudio denominado "Actualización del inventario de plantaciones forestales de la Provincia".

Introducción

En las últimas décadas se sucedieron vertiginosos avances tecnológicos en el campo de la percepción remota y de sus numerosas aplicaciones.

La percepción remota se ha convertido en una importante fuente de información en el manejo de los recursos naturales, no sólo a escalas locales sino a nivel global y, particularmente, para aquellas regiones en que el suministro de recursos suele pasar por períodos críticos.

La percepción remota es particularmente empleada para la identificación de Coberturas y desde allí analizar su estado, jugando para ello un papel primordial las características espectrales y espaciales de las imágenes utilizadas.

El procedimiento de interpretación visual de imágenes satelitales es apropiado para la detección de los elementos que conforman el paisaje.

Fundamentos del Trabajo

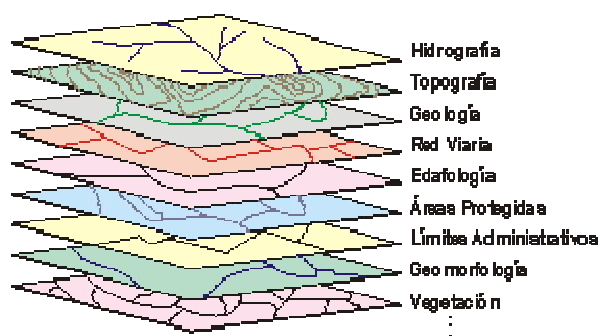
El conocimiento adecuado de los recursos naturales de una provincia es un aspecto esencial en cualquier programa de desarrollo sostenido y sustentable.

La sociedad, reclama la actuación de los organismos pertinentes para la implementación de acciones tendientes a un adecuado aprovechamiento, manejo y control de los recursos, que redunde en definitiva en el bienestar y progreso de los pueblos.

Introducción a los sistemas de información geográfica

El término SIG o Sistema de Información Geográfica (*Geographic Information System*, GIS) engloba a aquellos programas o aplicaciones de ordenador capaces de permitir, no sólo la visualización e impresión de mapas, sino además realizar operaciones de consultas y análisis como superposiciones vectoriales o álgebra de mapas.

Desde el punto de vista operativo, los SIG manejan Modelos de Datos, a los que podemos definir como Cartografía asociada a una base de datos georreferenciada, lo que en términos de usuario se define como Capas de Información



De este modo, cada capa de información presenta información sobre un aspecto del territorio (hidrografía, curvas de nivel, geología, red viaria, edafología, espacios protegidos, límites administrativos, geomorfología, vegetación, etc.)

La descomposición de la realidad en capas relativas a un ámbito concreto constituye la esencia del modelo del territorio contenido en los SIG (Jones, 1997)

Según el modo en el que estas capas se transforman en información digital, se establece una primera diferenciación de los modelos de datos entre Modelo Ráster (representa la realidad mediante una unidad espacial estándar, el “píxel”) y Modelo Vectorial (utiliza las figuras de la geometría convencional; puntos, líneas y polígonos, para la representación de las entidades del mundo real), a continuación descritos ambos brevemente:

Modelo Ráster:

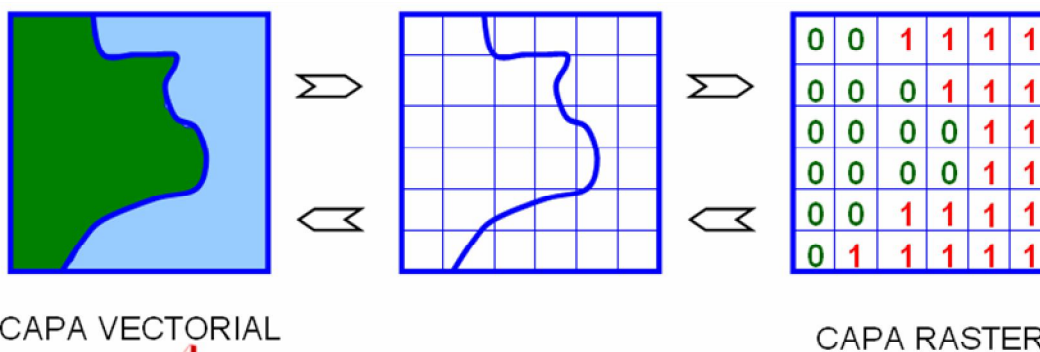
Consiste en una malla rectangular de celdillas cuadradas o píxeles. Cada uno de los píxeles tiene asignado un valor numérico. Este número, es el utilizado para la modelización de un aspecto concreto del medio

- Las capas ráster se emplean para la modelización de aspectos del medio que presente variabilidad geográfica, y generalmente, de índole cuantitativa. Es habitual su uso para la representación de factores fisiográficos (altitud, orientación, pendiente,...), atmosféricos (temperatura, precipitación, contaminación,...), etc.

Modelo Vector:

Utilizan un conjunto de entidades (puntos o líneas o polígonos) que modelizan un aspecto del medio. Constan por una parte, de una información gráfica, o más bien geográfica, que está constituida por la localización de la entidad, y por otra parte, de una información alfanumérica que describe distintas características de las entidades. La información alfanumérica o atributos, se encuentra en una tabla de datos. A cada entidad, le corresponde un registro (fila) de la tabla. Dentro de la tabla, cada campo (columna) describe un aspecto de las entidades de la capa.

- Los puntos se reducen a pares de coordenadas latitud – longitud ó X – Y, que marcan la posición de lo modelizado sobre la superficie de la tierra. Así, los pozos, fuentes, puntos contaminados, etc. pueden representarse con esta estructura vectorial.
- Las líneas o polilíneas, son una serie ordenada de puntos denominados vértices, los puntos inicial y final se conocen como nodos. Su representación es la de segmentos rectos entre dos vértices. Permiten la representación de carreteras, ferrocarriles, ríos, curvas de nivel, etc.
- Los polígonos son líneas cerradas que delimitan superficies. Representan vegetación, suelos, geología, embalses, montes, provincias, términos municipales, espacios protegidos, etc.



Los datos geográficos de la realidad necesitan ser simplificados y convertidos en registros discretos. El modelo vectorial considera que la realidad está dividida en entidades (polígonos, líneas y puntos), frente al modelo ráster, quien representa la realidad dividiéndola en píxeles asignado a cada uno un valor de variable.

Tratamiento de la información geográfica en los SIG.

La información geográfica que la base de datos contiene es muy variable en cantidad, calidad y diversidad.

La Cantidad se encuentra predeterminada como consecuencia de las necesidades que el SIG deba satisfacer. Frente a aplicaciones simples, que pueden precisar relativamente pocos datos, en las establecidas como corporativas.

El SIG debe servir como herramienta y, a la vez, almacén de datos geográficos de una organización, tratándose de una gran cuantía de datos e información, con costos elevados de implantación, mantenimiento y gestión.

La Calidad constituye una cuestión de elevada trascendencia para el analista, así como, el destinatario final de la información elaborada mediante el SIG. Por definición, la exactitud total en la información cartográfica, se refiere a la coincidencia exacta entre el valor verdadero y el dato almacenado, lo que resulta técnicamente inalcanzable. Por ello se habla de grados de exactitud, directamente relacionado con el coste de obtención. Por todo ello, el conocimiento y control del error resulta una cuestión de gran trascendencia

En lo que a Diversidad se refiere, la información contenida en el SIG puede resultar muy heterogénea. En cualquier caso, los datos a incorporar responden a tres componentes: espacial, temática y temporal.

La componente espacial responde a la información referente a la localización (coordenadas), propiedades espaciales (longitud, superficie y forma) y relaciones espaciales cuantitativas y cualitativas

La componente temática alude a las características o atributos de las entidades reales, cuya traducción en su incorporación al sistema se realizará bien de manera numérica, bien como texto de caracterización alfanumérica de la información.

Finalmente, la componente temporal del proyecto hace referencia al hecho de que la cartografía siempre se encuentra referida a un instante determinado, como consecuencia deberá establecerse una valoración de la existencia de una eventual “diferencia de tiempos” entre la información que integra las distintas capas de la cartografía a generar en el inventario.

ARCGIS como tecnología GIS

La tecnología GIS empleada corresponde al producto *ArcGis* comercializado por ESRI (*Environment System Research Institute*). El término SIG se emplea tanto para la designación del conjunto de aplicaciones SIG como para la información obtenida a a partir del análisis de datos.

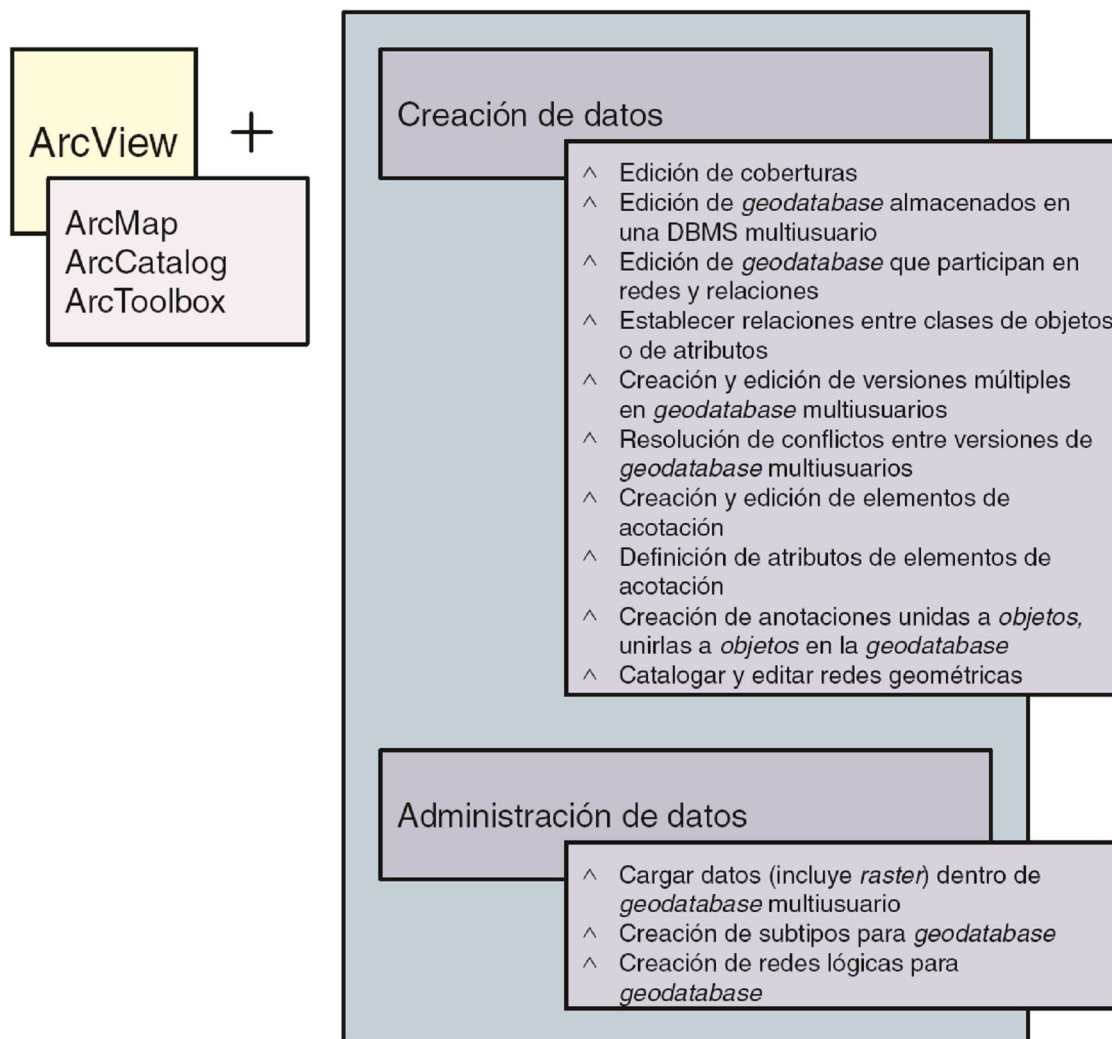
El esquema de arquitectura SIG propuesto por la compañía ESRI es el siguiente:



ArcGis es un sistema de partes que pueden ser organizadas en un *Desktop* individual o pueden ser distribuidas en una red de computadores heterogénea de estaciones de trabajo y de servidores. Los usuarios pueden organizar varias partes de este sistema.

Para implementar un SIG de cualquier tamaño, desde un sistema de usuario individual hasta grupos de trabajo y departamentos en empresas grandes, y sistemas SIG para la comunidad global.

La elaboración de la cartografía de la actualización del inventario de plantaciones forestales de la provincia de Corrientes, se sustenta sobre la aplicación *ArcGis Desktop*, constituida por un conjunto de aplicaciones integradas: *ArcMap*, *ArcCatalog* y *ArcToolbox*. A través de la utilización conjunta de las aplicaciones mencionadas puede realizarse cualquier tarea SIG (mapeo, administración de datos, análisis geográficos, edición de datos y geoprocementamiento)



ArcMap, *ArcCatalog* y *ArcToolbox* son herramientas concebidas y programadas para un trabajo conjunto, con la finalidad de desarrollar la totalidad de las actividades SIG (Ej. la localización de cartografía en *ArcCatalog*, y su edición en *ArcMap* auxiliado por herramientas de geoprocementamiento de datos presentes en *ArcToolbox*)

ArcMap

Representa la aplicación principal del *ArcGis Desktop*. Es la aplicación SIG usada para todas las actividades basadas en mapeo, incluyendo cartografía, análisis de mapas y edición.

Constituye el módulo principal y contiene las funciones de entrada, visualización, consultas y tratamiento de la información geográfica.

En la aplicación *ArcMap* se trabaja con mapas. Los mapas tienen un diseño de página que contiene una ventana geográfica, o una vista con una serie de capas, leyendas, barras de escalas, flechas indicando el norte y otros elementos.

ArcMap ofrece diferentes formas de ver un mapa (una vista de datos geográficos y una vista de diseño) en la cual puede desempeñarse un gran rango de tareas avanzadas SIG.

Imágenes de satélite

En el marco del trabajo realizado fue necesaria la generación de información básica para la revisión y generación de la información cartográfica que conforma el presente estudio.

En ese sentido, el uso de información geográficamente referenciada ofrece un apoyo eficaz para planificar y gerenciar eficientemente proyectos relacionados con el aprovechamiento adecuado de los recursos forestales bajo estudio.

Es importante señalar que la cartografía base y la información vectorial en algunos casos, fue actualizada a partir de la utilización de imágenes de distintos sensores, herramienta de gran utilidad cuando se analizan grandes extensiones de terreno.

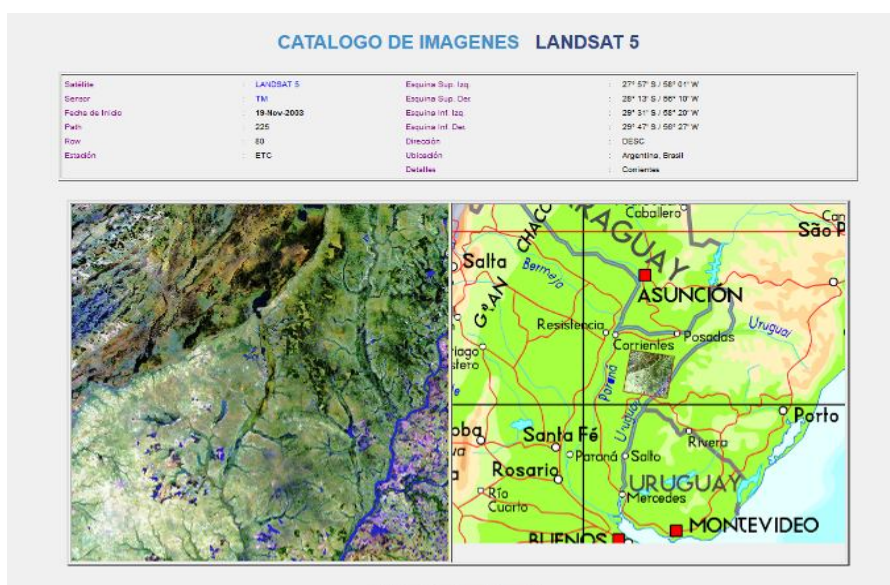
El desarrollo del proyecto implica el cumplimiento de diversas actividades destinadas a la actualización, almacenamiento y presentación de la información, basadas en las técnicas de elaboración de bases de datos y cartografía

El área geográfica bajo estudio está enmarcada por la propia extensión de la provincia de Corrientes.

La gran extensión de la superficie a analizar, requirió para la elaboración de la cartografía básica, técnicas de procesamiento digital de imágenes de satélite.

En una primera fase se utilizaron Imágenes Landsat, provenientes del Sensor TM de resolución espacial 30 x 30 metros. La cobertura de las mismas, del orden de 180 x 180 Km. las hacen aptas para este tipo de estudios.

Oportunamente, se realizaron las consultas al catalogo de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) link <http://ggt.conae.gov.ar/catalogo/index.html>. La consulta por tipo de programa permite acceder a la información de las imágenes de acuerdo con el sensor que realizó la toma. El sitio posee información de los programas LANDSAT, SPOT, SAC-C, EROS, NOAA, RADARSAT entre otros. Para el caso de Landsat, se hace una selección del número de la imagen en base al *Path-Row* del Sistema de Referencia Mundial (WRS). Como segundo criterio, se realizó una consulta por fecha, es decir, a través de la selección del día, mes y año en las cuales se realizaron las tomas de las imágenes.



Otra característica importante es el tiempo de re-visita del satélite (16 días). Este aspecto facilita la caracterización de los fenómenos dinámicos que se producen. A ello se agrega el aporte de información multispectral (7 bandas) que posibilita una mejor identificación de los diferentes objetos que componen la imagen.

Considerando el carácter dinámico de la evolución de los recursos forestales de la Provincia se materializó un nuevo procedimiento: actualizar la cartografía con respecto al último inventario.

Procesamiento digital de imágenes

A continuación se describe el conjunto de rutinas que involucran al procesamiento digital efectuado sobre la totalidad de las imágenes analizadas.

Para todas las etapas enunciadas a continuación, se utilizó el software *ERDAS IMAGE* y *ArcGis*.

- Lectura y conversión de formatos: Las imágenes obtenidas fueron leídas y posteriormente transformadas a un formato estándar (.img) para su procesamiento.
- Selección de bandas espectrales: A fin de facilitar una mejor interpretación visual de la imagen, las bandas fueron elegidas en correspondencia al segmento rojo (0,63-0,69 μm – banda 3 del TM), infrarrojo cercano (0.76 - 0.90 μm – banda 4 del TM) e infrarrojo medio (1.55-1.75 μm – banda 5 del TM) del espectro electromagnético, este proceso dependió del tipo y número de bandas correspondientes a las imágenes. La combinación en el sensor OLI fue de 6,5,4.
- Para el caso de Landsat TM, la asignación de bandas a la composición de colores RGB (5,4,3 en TM y 6,5,4 en OLI, respectivamente) permitió generar un “falso color compuesto” muy útil para la determinación de las entidades hídricas superficiales (ríos, arroyos, lagos y lagunas), así como para resaltar la humedad del suelo y los elementos culturales del terreno, que a su vez, discrimina la vegetación asignándole tonos de verde en función de su tasa fotosintética.
- Realces y filtrados: En algunos casos estas operaciones modifican la imagen para proporcionar una mejor interpretación visual de los elementos del terreno que se presentan en una escena.
- Georreferenciación: Esta rutina permite corregir una imagen mediante una función de transformación polinómica, a fin de asignarle coordenadas cartográficas, esta tarea debe realizarse ubicando en la imagen la mayor cantidad posible de puntos de control reconocibles e invariables, distribuyéndolos de manera uniforme a lo largo y ancho de la escena.
- Las escenas se georreferenciaron, a partir de la información proporcionada por imágenes ortorrectificadas, provenientes del sitio Internet
<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.
- Las mismas fueron posteriormente reproyectadas para dejarlas conforme al sistema de coordenadas establecido por defecto (Posgar 94, faja 6).
- Se utilizaron múltiples puntos de control por imagen, automáticamente generados por el módulo *Autosync* del *ERDAS*, seleccionándose para el ajuste de la imagen una transformación de segundo orden.
- Finalmente, como método de remuestreo se utilizó Convolución Cúbica, para pasar los valores de reflectancia de la imagen original a los de la imagen corregida, fundamentalmente, debido a las mejoras visuales de este método con respecto a los otros soportados por el Software.
- Conversión y Reproyección de archivos de Internet:

- Imágenes provenientes de otras fuentes, Ej. el servidor GLCF (*global Land Cover Facility*). Estas imágenes vienen comprimidas banda por banda en formato *GeoTiff*, por lo que el procedimiento varía al comienzo, siendo necesario descomprimir las imágenes y, posteriormente, generar el archivo multicasas (.img), con la ayuda de la herramienta “*Layer Stack*” de *ERDAS*.

Sistema de Referencia y Coordenadas

Es importante mencionar que para toda la información, ya sea Ráster (imágenes) como Vectorial (shapes), el sistema de referencia utilizado fue POSGAR 94.

Además, como el área de estudio abarca zonas correspondientes a la provincia de Corrientes, se utilizó la sexta Faja Gauss Krüger.

El sistema de coordenadas y parámetros de transformación utilizados para toda la información referenciada geográficamente es:

Proyección: Mercator Transversal.

Dátum: WGS 84

Sistema de Coordenadas: Posgar 94

Factor de Escala: 1

Longitud del Meridiano Central: -57

Latitud de Origen: -90

Falso este: 6500000

Falso Norte: 00

La Red POSGAR 94, debido a las grandes ventajas de la tecnología GPS, empezó a extender su uso a todos los ámbitos de la Agrimensura y Topografía, de esta manera las coordenadas de los puntos de la Red se hicieron cada vez más imprescindibles para las distintas aplicaciones de precisión. En el año 1997, el IGM adoptó oficialmente a POSGAR 94 como Marco de Referencia Geodésico Nacional para la República Argentina.

A partir del año 2009 el Instituto Geográfico Militar "IGM" paso a llamarse "IGN" Instituto Geográfico Nacional.

Las coordenadas del Sistema POSGAR 94 se adaptan mejor a las necesidades de precisión actuales, en vista del uso de las nuevas técnicas de medición GPS.

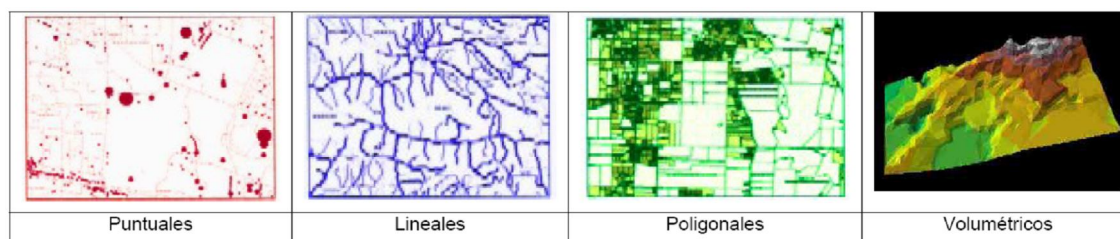
Digitalización y Edición Vectorial

Si bien, parte de la información a incorporar, ya se encuentra digitalizada, y en soporte informático, en otras ocasiones fue necesaria la elaboración y digitalización de la información cartográfica, empleándose para ello el software *ArcMap*.

ArcMap, como aplicación, ofrece una potente herramienta para introducir información en formato vectorial mediante el proceso de digitalización, permitiendo ajustarse a las necesidades del estudio que se aborde. Los archivos cartográficos resultantes constituyen la base para cualquier análisis espacial que se realice a través de un SIG.

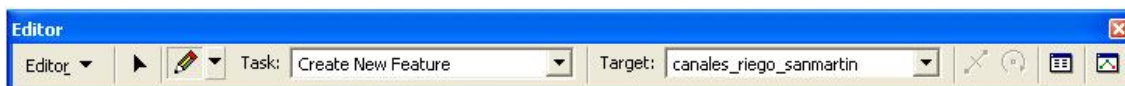
Procedimientos para la digitalización y edición de la información cartográfica

La entrada de datos vectoriales mediante digitalización, tiene lugar a partir del módulo ArcCátalog desde el que se realiza la creación de un archivo cartográfico definido como shapefile o capa vectorial o capa cartográfica. Las topologías a emplear coinciden con las especificadas en anteriores apartados del presente informe, en función de los elementos geométricos o *features* que constituyen la capa de puntos, líneas o polígonos.



Una vez que se ha establecido la topología (punto / línea / polígono) del elemento a digitalizar, debe establecerse un sistema de referencia y coordenadas (Posgar 94 Faja 6), tal y como se especifica en apartados posteriores del presente informe.

Para el proceso de digitalización, se emplea la herramienta *Editor Toolbar*, dentro del programa *ArcMap*. Las utilidades asociadas a la barra de herramientas posibilitan un sinnúmero de tareas y aplicaciones destinadas a la digitalización de nuevos elementos cartográficos, así como a la edición de la geometría de las capas vectoriales o a la modificación del contenido alfanumérico de la base de datos vinculada a la información cartográfica.



Para la digitalización debe de indicarse en el campo “*target*” la capa vectorial que se encuentra en fase de edición, y en el campo “*task*” la tarea a realizar, siendo en el caso de la digitalización de nuevos elementos, la tarea “*create new feature*”.



La utilidad que permite el trazado o digitalización de cualquier elemento se denomina *Sketch Tool*, estando representada por el

icono , cuya activación da lugar a la aparición de la paleta de la izquierda, con una serie de funciones predefinidas para la digitalización.

La paleta permite la incorporación de la información de punto, línea o polígono, previa indicación, en la opción *target* de la capa correspondiente de punto, línea o polígono.

Durante el proceso de digitalización, el elemento en estado de edición, aparece representado mediante un diseño, al que se denomina *sketch*, en el que figuran resaltados todos los vértices y aristas que constituyen el elemento en edición.

Edición y Corrección de Errores de digitalización

Los errores pueden ser de dos tipos:

- Cartográficos (error en la localización de elementos)
- Atributivos (error en el atributo cartografiado).

Errores Cartográficos:

Errores debido a los mapas

La calidad de los mapas originales puede ser un problema importante cuando no ha existido un control de calidad suficiente. La deformación del mapa topográfico debido a cambios dimensionales provoca errores globales que afectan a la totalidad de los datos del modelo. Cuando los datos van a usarse en procesos de análisis y modelización es aconsejable realizar un estricto control de las dimensiones del problema desde el primer momento.

Errores de generalización

Los errores de generalización surgen de la reducción de una línea curva a otra compuesta por pequeños segmentos rectilíneos entre los puntos digitalizados. El error de generalización tiende a reducirse cuando el número de puntos aumenta y se incrementa generalmente con la complejidad de la línea. Debido a la naturaleza fractal del terreno, el proceso de generalización es inevitable a cualquier escala de trabajo, pero su magnitud puede limitarse mediante una selección correcta de los puntos rectilíneos críticos en la digitalización.

Errores Atributivos:

Errores de datos

Una base de datos con información geofísica puede almacenar cualquier tipo de información que el SIG permita tratar y, a través de la cual, el sistema brindará los datos almacenados o calculará la información solicitada en base a los datos con los que cuenta. Por este motivo, es de suma importancia contar con datos confiables.

Objetivos Principales y Secundarios

1.- Identificación de polígonos de más de 5 ha para los dos géneros inventariables (*Pinus* y *Eucalyptus*) para cada estrato de edad, estrato de suelo y codificación que permita identificar género, edad, suelo y número identificador del polígono.

- a. Unificación y homologación de capas.
- b. Codificación de Shapes.
- c. Detección de nuevas plantaciones y detección de géneros.
- d. Asignaciones de fecha de plantación en lotes nuevos.

2.- Generación de archivo Excel con los siguientes campos para cada polígono: género – estrato de edad – estrato de suelo – número identificador.

3.- Identificación de los polígonos seleccionados en la cartografía a partir de imágenes, mediante línea de perímetro resaltada y el código de identificación al lado de cada UPM.

4.- Generación del GIS. Partiendo de la información correspondiente al mapa 1:250.000 del Instituto Geográfico Nacional.

5.- Cartografía a escala adecuada en hoja A-3 con las UPM resaltadas y capas de información que faciliten la localización de accesos a las mismas en el terreno.

- a. Diseño e impresión de cartografía a utilizar por el grupo de trabajo a campo.
- b. Diseño e impresión de mapas finales del inventario.

6.- Generación de puntos correspondientes a Centros de Parcela para cada UPM.

7. Áreas de afectación de las Asociaciones de Bomberos.

Diseños e Impresiones de Pósters de las Asociaciones de bomberos, se suponen unas 25 a 30 estaciones.

Metodología

1.- Identificación de polígonos de más de 5 ha para los dos géneros inventariables (*Pinus* y *Eucalyptus*) para cada clase de edad y estrato de suelo y, su posterior codificación que permita identificar género, edad, estrato de suelo y número identificador del polígono.

Para esta actividad se utilizaron las coberturas digitales de diversas fuentes, unificando toda la información en el sistema Gauss Kruger Faja 6, (POSGAR 94).

En general, podemos hablar de 3 fuentes de información Vectorial:

- Coberturas y archivos enviados por las empresas.
- Coberturas provistas por la Dirección de Recursos Forestales.
- Coberturas generadas en el marco de este proyecto.

Para la concreción de este último ítem, fue necesaria la digitalización de polígonos a partir de imágenes satelitales de alta definición.

Posteriormente, se identificaron las edades y géneros a través del uso de secuencias de imágenes Landsat 5 TM y 8 OLI.

Para llevar a cabo este objetivo es necesario cumplir una serie de objetivos secundarios enunciados a continuación:

- a. Unificación y homologación de capas.
- b. Codificación de Shapes.
- c. Detección de nuevas plantaciones
- d. Asignaciones de fecha de plantación en lotes nuevos.

1.a.- Unificación y homologación de capas.

Se realizó a partir de la información provista por la Dirección de Recursos Forestales de la provincia de Corrientes (DRF) y las empresas forestadoras, para hacerlas coincidentes con el sistema de coordenada usado por el proyecto.

La recolección de shapes y unificación en un único archivo, plantea una serie de abstracciones debido a las diversas formas en que las empresas almacenan datos de los polígonos de plantaciones; para ello debemos considerar que son numerosas las empresas, cada una con sus particularidades y su sistema de registro de especies, lotes, nomenclaturas, etc.

La NO coincidencia de la nomenclatura de la base de datos, (Ej. EDAD - Edad - Año - Plantado) se suma la no concordancia de límites digitalizados.

El sistema de coordenadas que se utilizó en el proyecto es el oficial para la Republica Argentina – Provincia de Corrientes. POSGAR 94 - 6 faja.

1.b.- Codificación de Shapes.

De acuerdo a los requerimientos exigidos por el grupo encargado de realizar la distribución de parcelas, se asignaron a cada polígono incluido en el shape, una serie de identificadores.

Los Indicadores generados fueron:

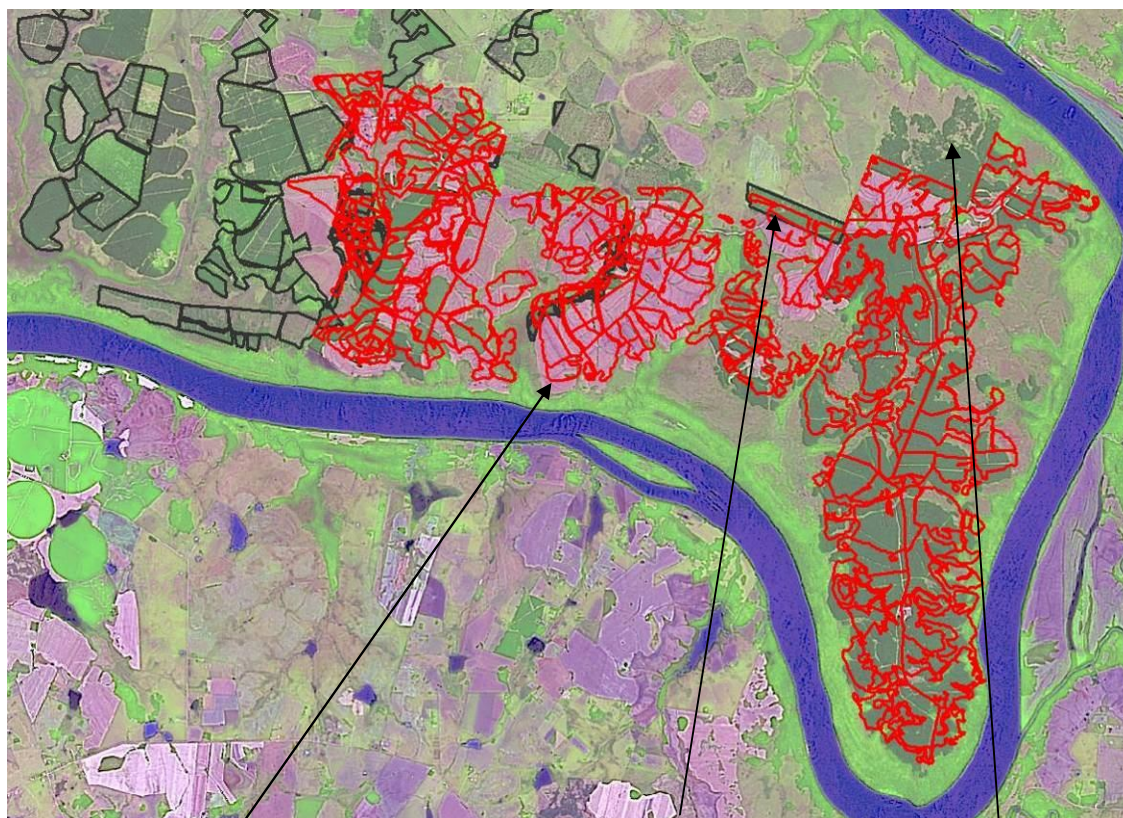
- Número índice.
- Género.
- Edad.
- Estrato.
- Departamento.

1.c.- Detección de nuevas plantaciones y Detección de géneros

Este ítem se realizó teniendo como base las imágenes Landsat 8 OLI que se corresponden a la provincia de Corrientes, e Imágenes SPOT de alta resolución, años 2013 y 2014. Las imágenes utilizadas están a disposición de la Dirección de Recursos Forestales.

Las imágenes Landsat fueron obtenidas desde el servidor GLOVIS, y corregidas geométricamente para hacerlos conforme al sistema de coordenadas usado en la provincia de Corrientes.

Las imágenes SPOT se consiguieron por convenio entre la Dirección de Recursos Forestales y la CONAE.



Áreas con polígonos ya aprovechados, Áreas con polígonos superpuestos, Forestaciones sin polígonos.

En la imagen se despliegan capas de vectores en las cuales se observan superposiciones y forestaciones que no tienen dibujado los límites, al no estar registrada por la Dirección de Recursos Forestales.

También es importante aclarar que muchas veces se detectaron polígonos en áreas donde las plantaciones ya habían sido cortadas.

Con el mismo procedimiento se interpretaron las imágenes y se definió el género cuando no se disponía de esta información.

La detección de lotes y la deducción del género implica el seguimiento “temporal-estacional” (es decir a lo largo del año) de la plantación, a los efectos de dilucidar si son forestaciones o cultivos agrícolas (yerba mate, té, arroz etc. etc.), utilizando para ello las diferencias fenológicas a lo largo del año.

1.d.- Asignación de fecha de plantación en lotes nuevos.

Esta tarea involucró la adquisición de más de 300 imágenes Landsat 5 TM, luego la generación de archivos y posterior georreferenciación de los mismos.

Estas imágenes también sirvieron para la detección de géneros en las forestaciones, pues pueden aparecer de distinto tono según la época del año.

Estas imágenes fueron aportadas a la Dirección de Recursos Forestales (aprox. 70 GB).

El procedimiento a seguir consistió en consultas de imágenes históricas ordenadas por fecha. De tal forma que, al ir seleccionando las imágenes se simula un viaje hacia atrás en lo que hace al tiempo, mediante la cual se espera detectar el momento en que la forestación fue realizada, al detectar el cambio de uso de suelo, por ejemplo de bosque nativo a bosque implantado o de una reforestación luego de ser realizado las tareas de aprovechamiento forestal. En las capturas de pantalla que se ven a continuación, se muestra este proceso.



Imagen 2014

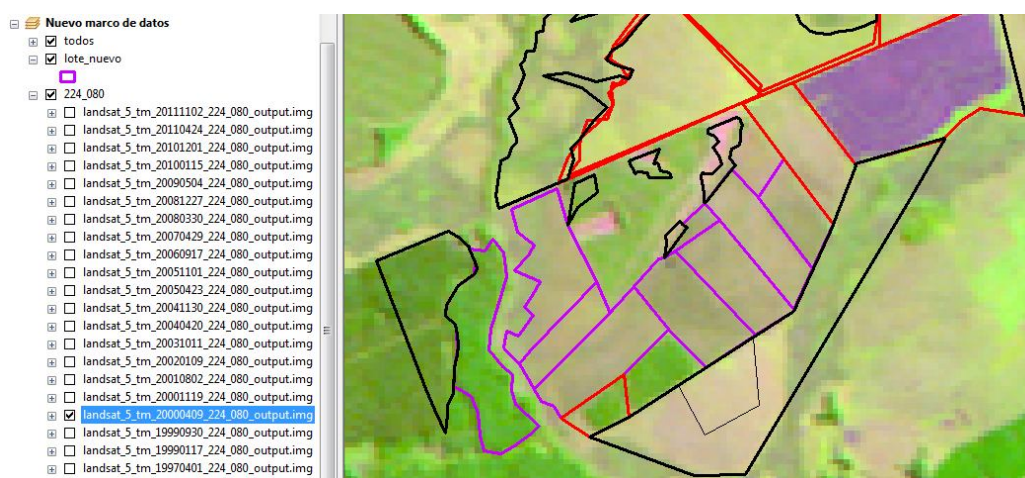


Imagen de abril de 2000 fecha a partir de la cual fueron forestados los lotes de pinos

2.- Generación de archivo Excel con los siguientes campos para cada polígono: género – estrato de edad – estrato de suelo – número identificador.

Se generó para la capa de forestaciones una base de datos geográfica asociada (Geodatabase), donde para cada polígono se cargaron, como mínimo, los siguientes atributos que se detallan:

- Género
- Clase de Edad
- Estrato de Suelo
- Departamento
- Código Identificador

3.- Identificación de los polígonos seleccionados en la cartografía a partir de imágenes, mediante línea de perímetro resaltada y el código de identificación al lado de cada UPM.

Una vez cargada la base de datos geográfica, se exportó en formato Excel, generándose una planilla con los datos detallados en la tarea 2.

El sorteo de las parcelas fue realizado por el Ing. Mario Elizondo y sus colaboradores, en el marco del estudio denominado “Actualización del inventario de plantaciones forestales de la Provincia”, los polígonos que allí fueron sorteados se cargaron a la base de datos y pasaron a constituir el GIS como polígonos a muestrear y en la cartografía aparecen resaltados con los identificadores solicitados.

4.- Generación del GIS.

Esto sirvió como base para el desarrollo de la cartografía que se generó.

Para la elaboración del SIG se empleó como información de partida, la correspondiente al mapa en escala 1:250.000 del Instituto Geográfico Nacional.

El Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina, en el año 1997, incursiona en área de los Sistemas de Información Geográfica, con la producción del entonces denominado “SIG-250”, nombre asignado por tratarse de información con escala de captura 1:250.000; sus capas temáticas contenían información geográfica extraída de la cartografía oficial producida por el organismo. Este producto fue el resultado de la labor del Instituto realizada en el marco del Proyecto de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA). El proceso consistió básicamente, en la conversión de la cartografía en formato CAD al formato SIG.

Este conjunto de datos se ha constituido en la base cartográfica de la información temática de organismos del estado Nacional, Provincial y de la comunidad en general. Su principal característica consistía en ser la única información de cobertura continua nacional (227 hojas a escala 1:250.000) referenciada en coordenadas geográficas en el Sistema WGS 84, Marco de Referencia POSGAR 94.

Desde su creación, este conjunto de datos ha sido modificado y actualizado permanentemente. Continuando con el desarrollo del Sistema e implementando modernas técnicas de geoprocésamiento, el IGN ha actualizado y migrado su información a un formato de base de datos alfanumérica, generando las condiciones para el desarrollo de una Infraestructura de Datos Espaciales Institucional (IDE IGN), que responde a estándares internacionales.

La IDE del IGN facilita hoy la producción, estandarización, interoperabilidad y publicación de la información geoespacial del Organismo, estableciendo el marco de trabajo propicio para su articulación con la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina, IDERA.

Se incluyeron las siguientes Capas de Información.

1- Cursos de agua

Son arcos que describen la traza de los principales cursos de agua representables en la escala de referencia. Es importante esta consideración en particular cuando se trata la asignación del nombre en su base de datos.

2- Vías de comunicación

Son arcos que describen la traza de red vial, en particular las rutas nacionales, provinciales y aquellos caminos o sendas que en función de la escala de captura corresponde. A su vez la definición gráfica, se corresponde con la imagen satelitaria correspondiente.

Para la determinación de sus características se recurrió entre otras fuentes a la cartografía del Automóvil Club Argentino.

3- Ferrocarriles

Son arcos que describen la traza de las líneas férreas; a su vez la definición gráfica se corresponde con la imagen satelitaria.

La digitalización y estructura topológica es de un conjunto de arcos entre intersecciones, o sea, que cada arco tiene su nodo final e inicial en una intersección o en la punta de la traza. Por lo cual, la asignación de atributos será por arco reiterándose los mismos cuando se trate de un objeto con las mismas características.

4- Espejos de agua

Son polígonos que representan la superficie de los principales espejos de agua que para la escala 1:250.000 corresponde. Es importante esta consideración en particular cuando se trata la asignación del nombre en su base de datos.

5- Actividades humanas

Son puntos que representan las principales actividades humanas correspondientes a la escala 1:250.000, independientemente de la situación de habitabilidad. De esta forma quedan así representados, ciudades, pueblos, puestos de estancias, comisarías, casas de guardaparques, etc. con un criterio cartográfico de uso general.

6- Límites

Son arcos cuya traza corresponde a los límites internacionales, interprovinciales e interdepartamentales.

* Para el caso de los límites provinciales, se recurrió a la traza disponible en la documentación obrante en el IGN, volcada sobre la cartografía 1:250.000 y disponible en el archivo gráfico documental del cálculo de superficie de la República Argentina.

7- Jurisdicciones administrativas

Son polígonos que representan las jurisdicciones de nuestro país; entendiéndose por tales el país en sí, provincias, departamentos, parques nacionales, áreas protegidas, etc.

8- Curvas de nivel

Son arcos que describen y definen gráficamente la elevación del terreno. Estos arcos corresponden a las curvas de nivel de la cartografía del IGN, con escala de captura 1:250.000.

9 - Polígonos de las forestaciones.

Son polígonos que representan áreas forestadas. En los cuales se resaltaron aquellas que fueron seleccionadas durante la fase de sorteo y en las cuales fueron medidas parcelas a campo.

Esta capa de información es el resultado generado en el objetivo 1.

10.- Otras capas no consideradas.

Cualquier otra capa no definida hasta el momento pero que por su importancia se justifique su inclusión.

5.- Cartografía a escala adecuada con las UPM resaltadas y capas de información que faciliten la localización de accesos a las mismas en el terreno.

a) Diseño e impresión de cartografía a utilizar por el grupo de trabajo a campo.

b) Diseño e impresión de mapas finales del inventario.

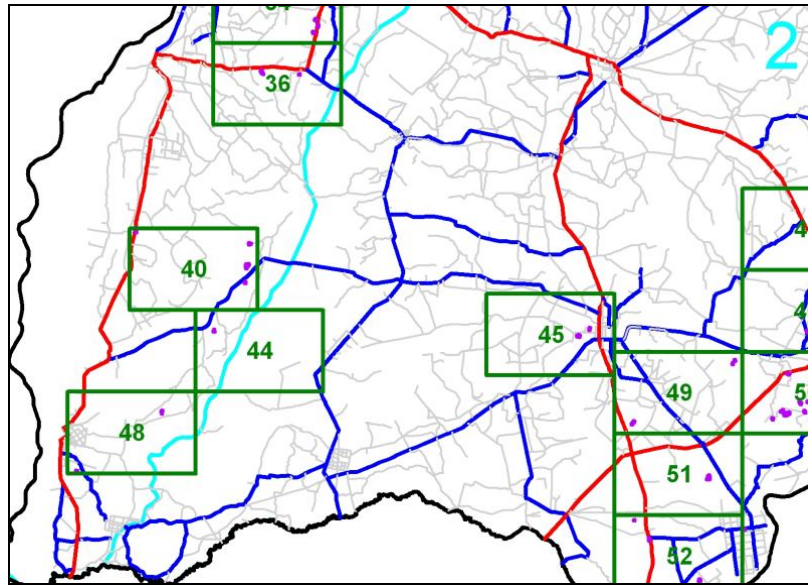
Con el GIS –resultante de la incorporación de todas las coberturas incluidas las UPM- se generaron mapas.

Como ya fue explicado fue necesario incorporar referencias como caminos, localidades, cursos de agua, etc. para facilitar la identificación de los lugares por parte de las cuadrillas.

a. Diseño e impresión de cartografía a utilizar por el grupo de trabajo a campo.

En el primer inventario, se realizaron cartas que usaban los equipos de medición a campo, pero esta cartografía no seguía una normativa que asegurara una repetitividad en lo que hace a nomenclatura y al área cartografiada.

En la imagen que aparece a continuación, se observa la distribución irregular de las cartas que tenía el inventario anterior.



Distribucion Irregular de Cartas con Nomenclatura "propietaria".

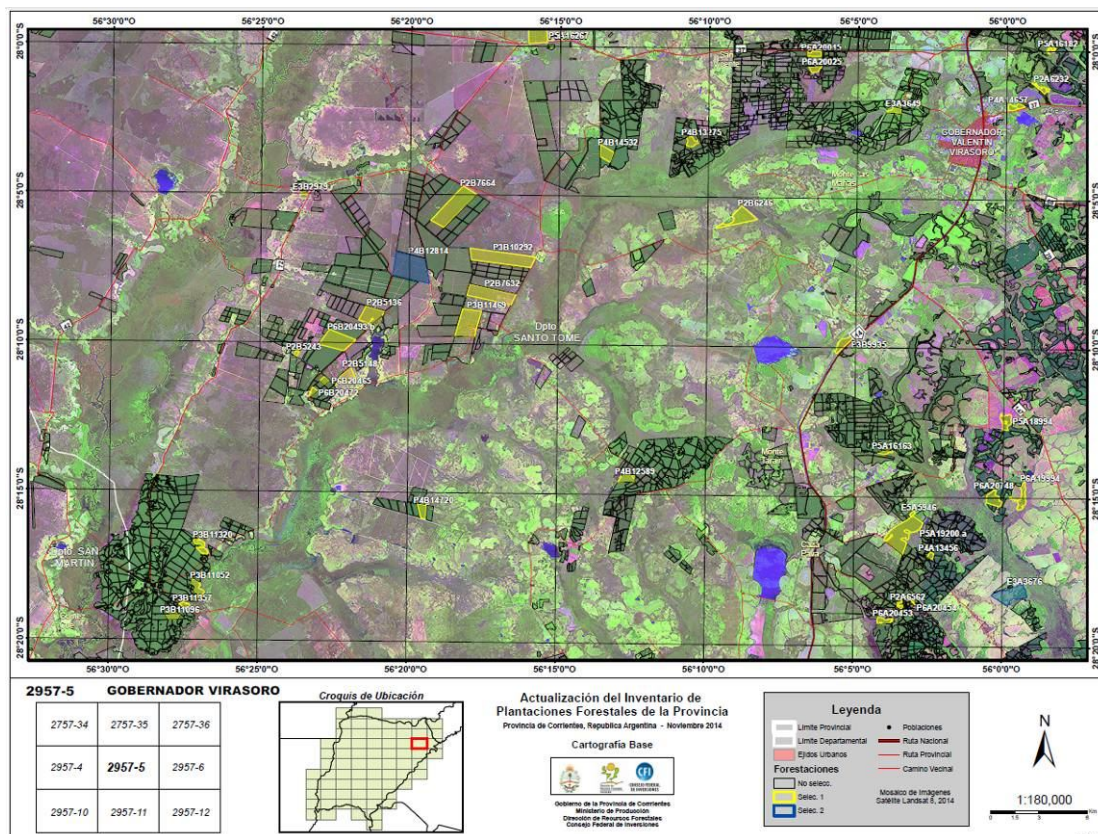
Este aspecto negativo fue tenido en cuenta para buscar una alternativa de mejora durante las actividades llevadas a cabo en esta Actualización del Inventario de Plantaciones Forestales de la Provincia.

Para lo cual se planteó la necesidad de mapear áreas iguales, consecutivas y con un sistema de nomenclatura rígido, que pueda ser usado para cualquier trabajo posterior.

Para esta actualización se propuso una opción superadora de esta situación.

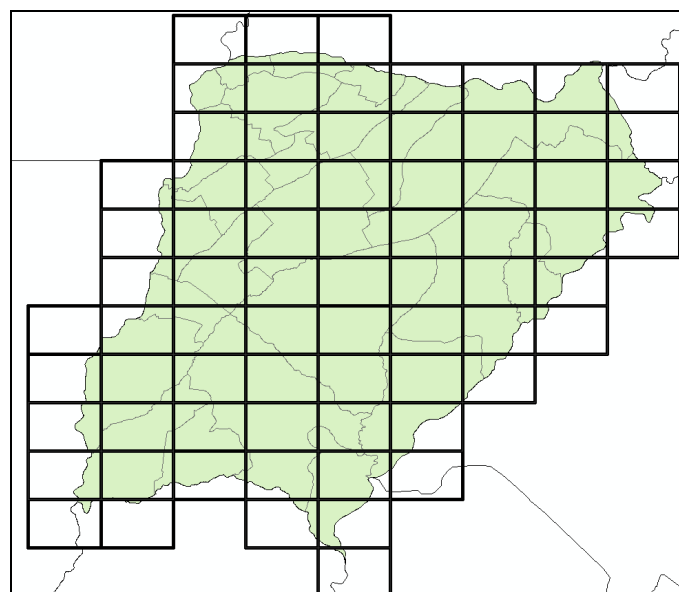
Para ello se siguió el área de cubrimiento y distribución de las cartas 1:100.000, oficiales de la República Argentina, y se siguió también la nomenclatura oficial.

Es importante aclarar que se imprimieron en hojas A3, lo que asegura una practicidad mayor para los equipos de medición a campo. La escala resultante es 1:180.000.



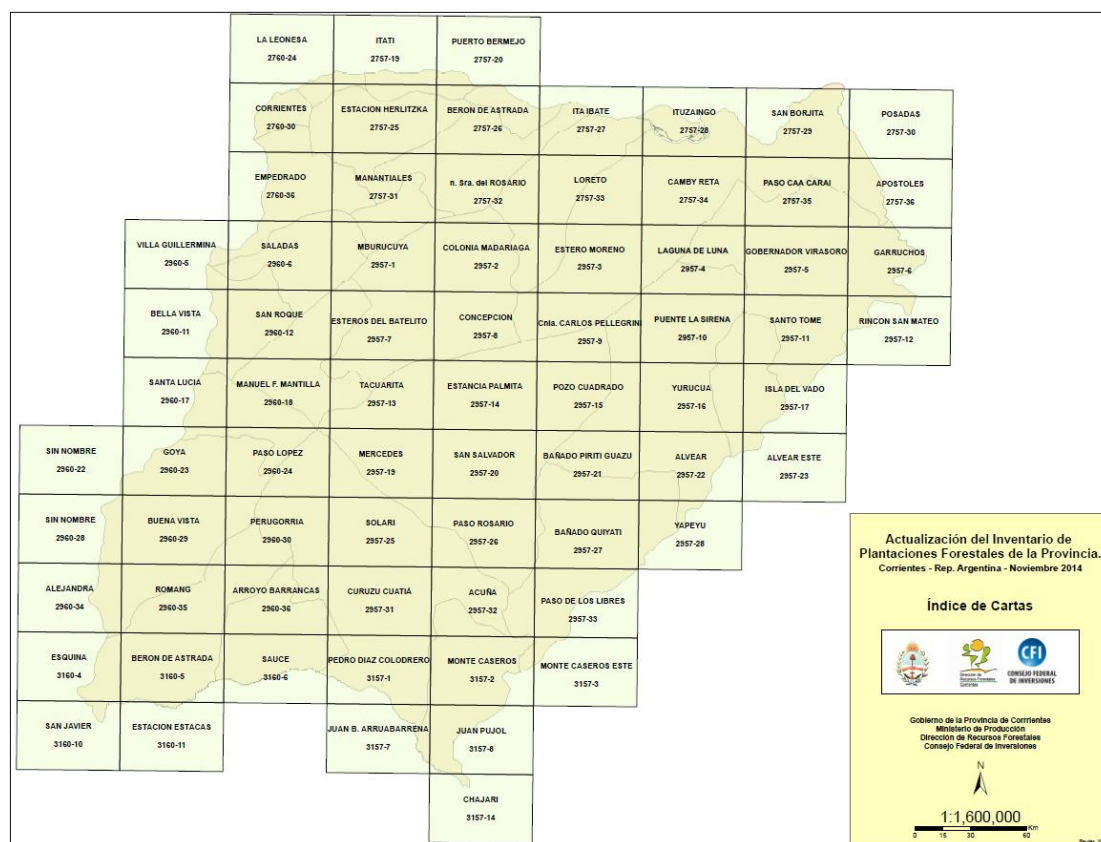
Carta 1:180.000 correspondiente a la Ciudad de Gob. Virasoro. Se observan las UPM seleccionadas resaltadas en amarillo

Tal cual está expresado con anterioridad, se utilizó el área correspondiente a las cartas 1:100.000 pero se imprimieron en hojas A3, por lo tanto, se produce una cambio en la escala de las cartas pasando a 1:180.000



En la imagen se observa que son 72 las cartas 1:100.000 necesarias para el total cubrimiento de la Provincia.

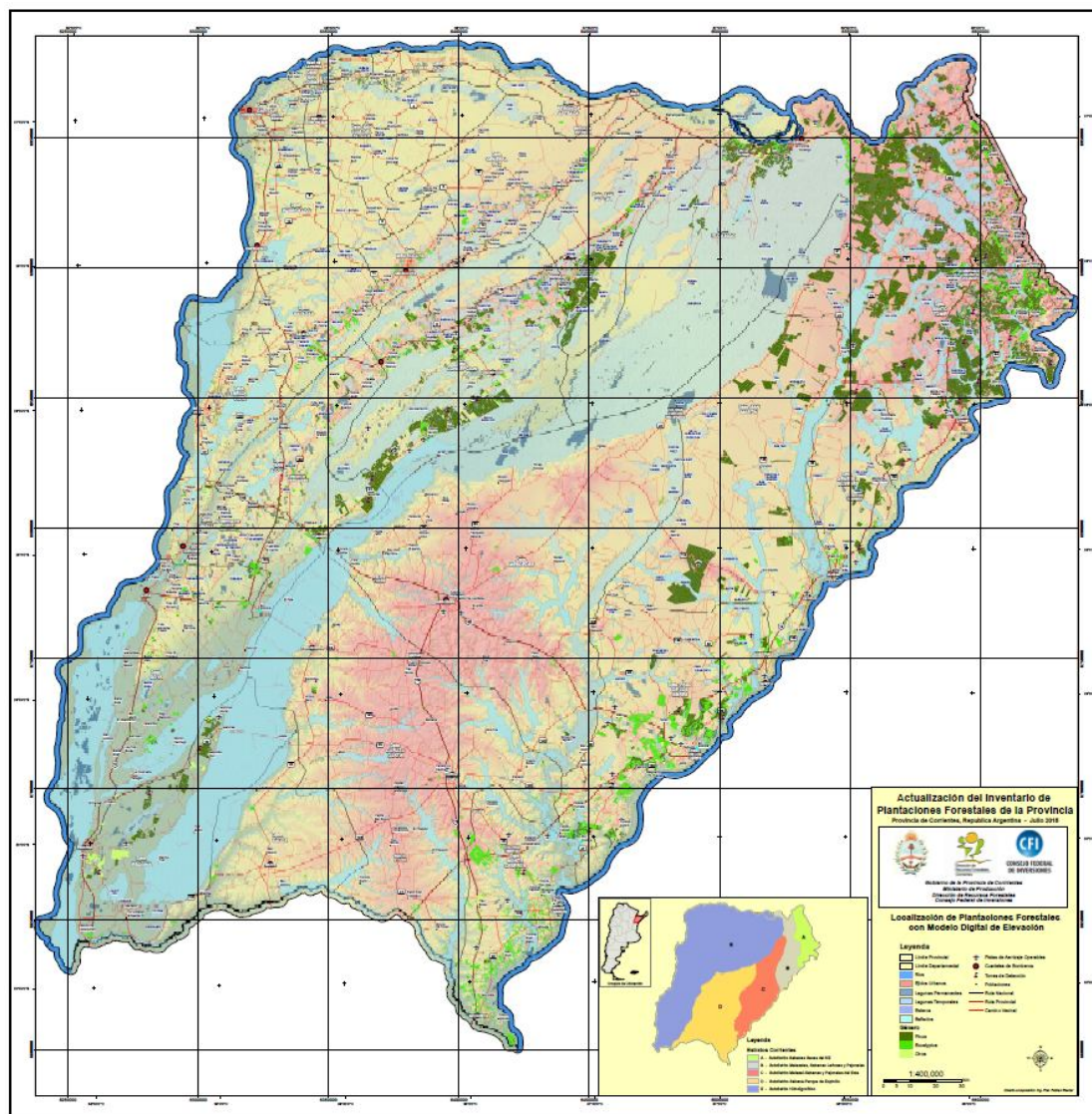
A los efectos de comodidad en el trabajo de campo se diseñó e imprimió en tamaño A3 (un Índice de Cartas, que se muestra a continuación.



Índice de cartas

b. Diseño e impresión de mapas finales del inventario.

Se diseñó e imprimió un "mapa general", abarcando toda la provincia de Corrientes en escala 1:400.000. Cabe aclarar que, tanto el "mapa general" del inventario como las "Cartas formato A3", forman parte del Informe Final del estudio denominado "Actualización del inventario de plantaciones forestales de la Provincia".



Esquema del mapa 1:400.000 generado.

6.- Generación de puntos correspondientes a Centros de Parcela para cada UPM

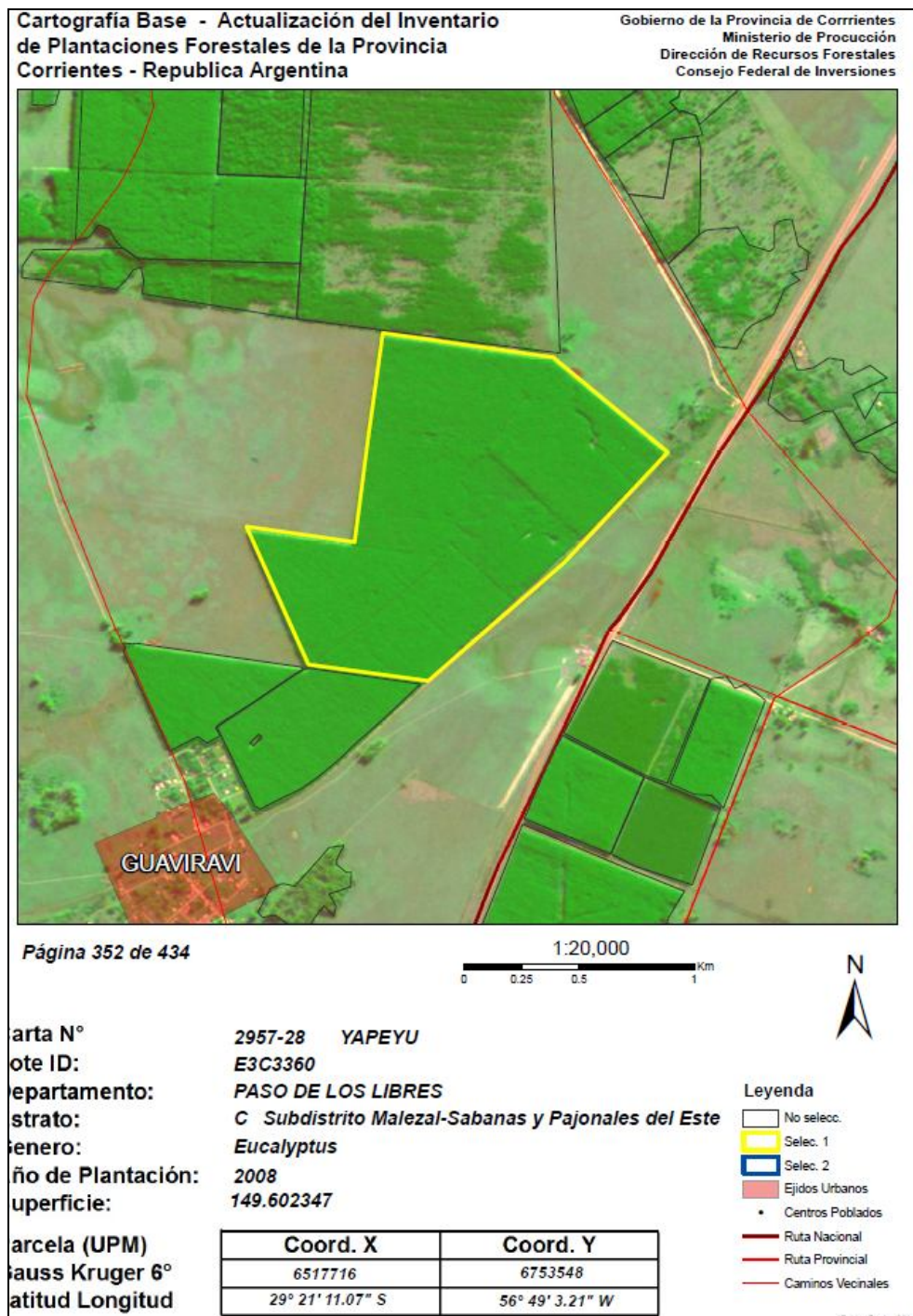
Para cada UPM se calcularon las coordenadas de un punto (Baricentro). Para cada uno de estos puntos (en total fueron 434) se determinaron las coordenadas en Posgar 94 faja 6, y en Coordenadas geodésicas Latitud y Longitud, esto fue necesario realizarlo, por la dificultad que tienen los receptores GPS para ser configurados en un sistema LOCAL, como lo es el POSGAR faja 6.

También, para cada uno de estos puntos (UPM), con la ayuda del SIG generado, se calcularon otros datos como ser:

- Número de parcela,
- Carta Geográfica 1:180.000, a la cual corresponde la UPM.
- Identificador del Lote,
- Departamento en el cual esté incluido,
- Estrato.
- Género de la forestación.
- Año de plantación.
- Superficie.

Como adicional, se generaron mapas en formato A4, para todas las UPM seleccionadas (434).

Sin embargo, debido a la escasa superficie y a la escala buscada de impresión, para el diseño de estas cartas se usaron imágenes de alta definición provistas del Satélite SPOT 5. Esto también es un valor agregado de importancia a ser considerado para esta actualización.



Mapa individual para la UPM 352.

7. Áreas de afectación de la Asociación de Bomberos.

La información cartográfica resultante del inventario, (polígonos con información geográfica), se mapearon para ser distribuidos entre las asociaciones de bomberos, con la finalidad de que estos dispongan de información mas precisa.

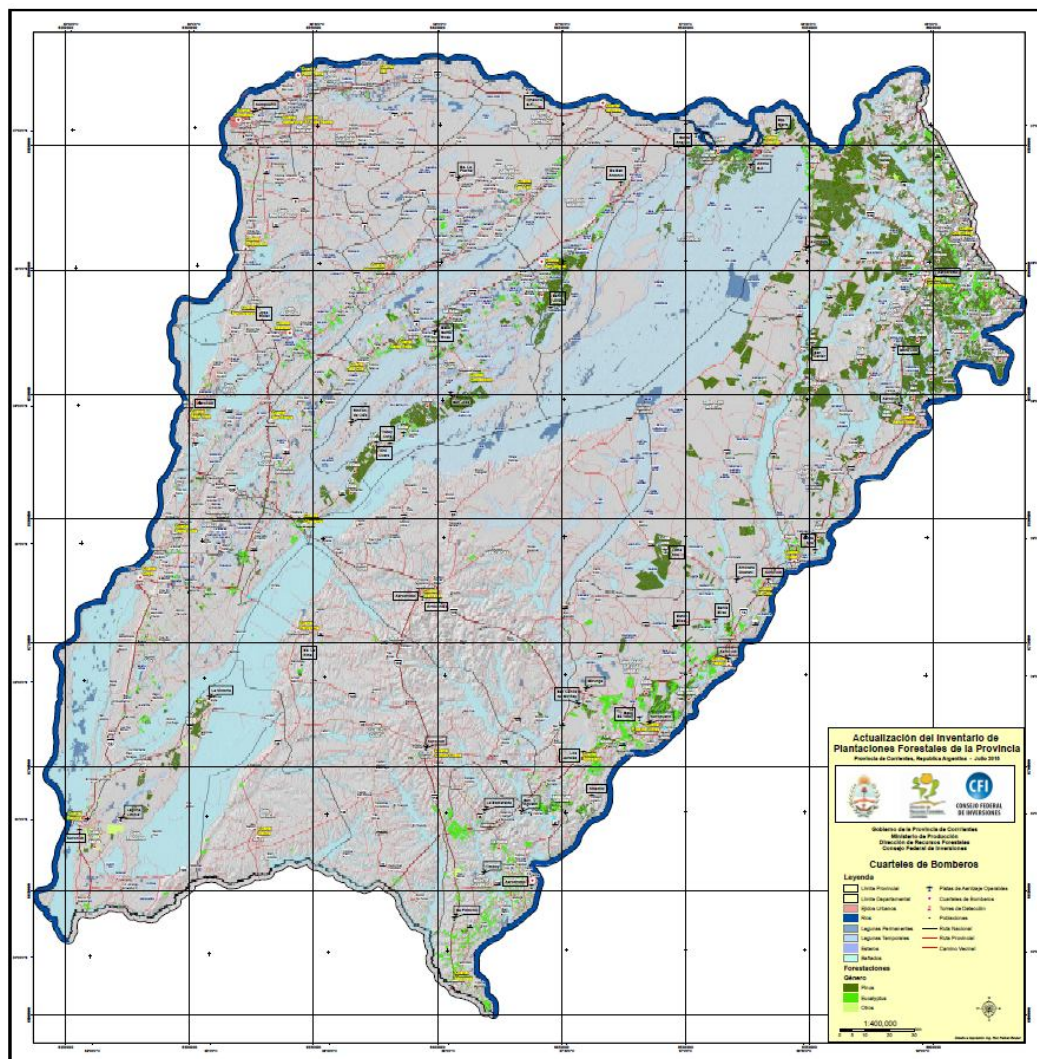
Para cumplimentar este ítem, a partir del SIG, se diseñaron dos tipos de mapas.

- Mapa general abarcando toda la Provincia (esto es necesario pues algunos cuarteles de bomberos por su importancia tienen un gran área de afectación).
- Cartas individuales.

Esta información surgió para dar respuesta a una solicitud de la Dirección de Recursos Forestales.

Se diseñaron Cartas, abarcando el radio de acción de las asociaciones de bomberos; en los mapas, se incluyeron fundamentalmente las coberturas de forestaciones y los caminos diferenciados por su calidad (rutas, asfalto y caminos de tierra), nombre de parajes, etc.

Poder contar con estos mapas es de mucha utilidad cuando haya que sofocar incendios en las forestaciones.



Mapa general para Bomberos.

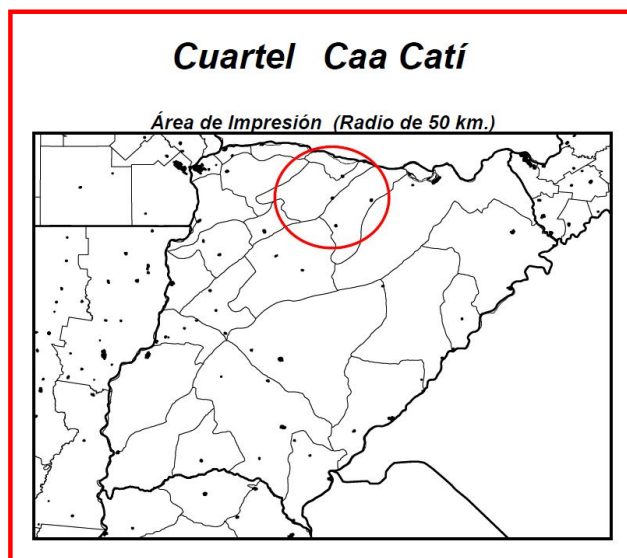
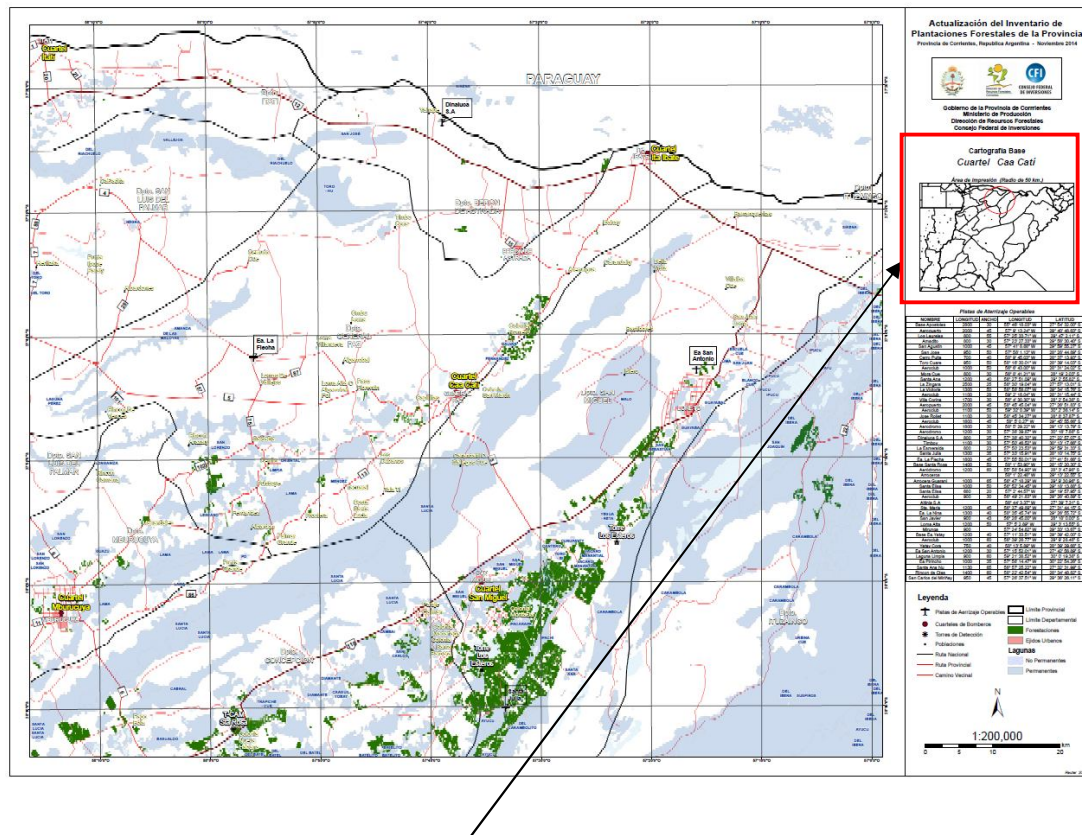
Finalmente, el número final de asociaciones de bomberos fue mayor que el previsto. Por lo que fue necesario diseñar e imprimir un total de 36 cartas individuales.

Sin embargo, no es posible definir en forma precisa el rango de alcance de cada uno de estos cuarteles de bomberos, por tal motivo, a los efectos prácticos, se definió un área de 50 Km. desde cada una de las sedes (Ver croquis de Ubicación en las Cartas)

Las cartas generadas son en Formato A1 con una escala de impresión de 1:200.000.

También se incorporó información de relevancia, como ser longitud, ancho y coordenadas geográficas para cada una de las pistas de aterrizaje.

Cabe destacar que todos los productos mencionados fueron entregados a la Dirección de Recursos Forestales para su posterior distribución a los correspondientes cuarteles y asociaciones de bomberos.



Carta Individual con su posición centrada y un croquis de ubicación con el área de alcance.

Anexo I - Especificaciones Técnicas de las Plataformas Satelitales y Sensores

LANDSAT 5

El gobierno de los EE.UU., le asignó a la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) la tarea de establecer un sistema de percepción remota operacional.

LANDSAT 4 y 5 son el resultado del mandato de NOAA. El desarrollo de los sistemas en sí mismos, ha sido la responsabilidad de la NASA.

LANDSAT 4 y 5 fueron lanzados, respectivamente, en 1982 y 1984. Tienen un ángulo de inclinación de 98.3° y un período de 98.5 minutos. Los satélites realizan de 14 a 15 revoluciones por día, con distancias entre rutas de 2,752 Km. Se sobreponen la misma ruta cada 16 días.

La principal diferencia entre LANDSAT 5 y 7, es en el agregado de una banda Pancromática de 15 metros en el sensor del Landsat 7 que pasó a llamarse ETM. (TM mejorado).

Mapeador Temático (TM)

El TM tiene tres bandas visibles, una infrarroja cercana y dos medianas con una resolución terrestre de 30 metros de tamaño de celda y una banda IR térmica con un tamaño de celda de 120 metros de resolución terrestre.

El TM proporciona una resolución global de 30 metros. Esta alta resolución es lograda por detectores sensitivos y por una cuantización de 8 bits en el proceso de conversión analógico a digital (256 niveles de gris).

La Órbita del Landsat

El Landsat puede adquirir imágenes en un área que se extiende desde los 81° de latitud norte hasta los 81° de latitud sur y, obviamente, en todas las longitudes del globo terrestre. Una órbita del Landsat es realizada en aproximadamente 99 minutos, permitiendo al satélite dar 14 vueltas a la Tierra por día, y cubrir la totalidad del planeta en 16 días. La órbita es descendente, o sea de norte a sur, el satélite cruza la línea del Ecuador entre las 10:00 y 10:15 (hora local) en cada pasaje. El Landsat está "heliosincronizado", o sea que siempre pasa a la misma hora por un determinado lugar.

Un factor importante es que el período de revolución del LANDSAT 5 es de 16 días, y una imagen cubre un área de 185 x 185 Km. por escena. La conservación de estos parámetros técnicos facilita que el proceso de captura de imágenes se pueda realizar con la misma grilla de referencia (WRS2) lo que permite una perfecta integración entre el procesamiento de las imágenes del LANDSAT, con datos históricos de otras misiones Landsat existentes desde 1984. Esto es especialmente útil cuando es necesario utilizar los dos tipos de datos de un mismo lugar en forma simultánea, por ejemplo, para un estudio multitemporal.

Niveles de corrección geométrica de las imágenes Landsat

En todas las imágenes, y esto es válido para todos los satélites comercialmente disponibles, las correcciones del sistema son algoritmos de rectificación de la imagen cruda aplicadas automáticamente en la estación de recepción, usando parámetros espaciales contenidos en los archivos descriptores de imagen (datos de posicionamiento y efemérides del satélite), que consiguen minimizar las variaciones espaciales internas presentes en la imagen en su estado bruto, correcciones del ángulo de curvatura terrestre, variaciones de velocidad, altura y actitud del satélite, desplazamientos orbitales, etc. Las imágenes Landsat están disponibles en 3 niveles de corrección geométrica:

Nivel 4: es un nivel de corrección básica donde la imagen es radiométrica y geoméricamente corregida de forma sistemática.

Nivel 5: también consiste en una imagen con correcciones sistemáticas, pero que se georreferencia utilizando las efemérides del satélite y garantizan la fidelidad geométrica general de la imagen.

Nivel 6: No es un proceso automático ni una corrección sistemática. Este nivel de procesamiento exige intervención adicional de un operador. La imagen nivel 5 antes descripta

es ajustada con puntos de control cartográficos o con puntos de control medidos especialmente con tecnología GPS. Se obtiene una imagen rectificada a una determinada proyección cartográfica.

Ortoimagen: Este nivel de procesamiento exige la intervención de un operador sobre una imagen corregida con puntos de control utilizando también un Modelo Digital de Elevaciones (DEM) para corregir todas las distorsiones. El producto final consiste en una ortoimagen georreferenciada a la proyección cartográfica deseada.

SISTEMA TM Y ETM		
BANDAS	LONGITUD DE ONDA μm	APLICACIONES
1	0,45-0,52(azul)	mapeo de aguas costeras diferenciación entre suelo y vegetación diferenciación entre vegetación conífera y decidua
2	0,52-0,60(verde)	mapeo de vegetación calidad de agua
3	0,63-0,90(rojo)	absorción de la clorofila diferenciación de especies vegetales áreas urbanas, uso del suelo agricultura calidad de agua
4	0,76-0,90 (infrarrojo cercano)	delineamiento de cuerpos de agua mapeo geomorfológico mapeo geológico áreas de incendios áreas húmedas agricultura vegetación
5	1,55-1,75 (infrarrojo medio)	uso del suelo medidas de humedad de la vegetación diferenciación entre nubes y nieve agricultura vegetación
6	10,40-12,50 (infrarrojo termal)	mapeo de stress térmico en plantas corrientes marinas propiedades termales del suelo otros mapeos térmicos o otros
7	2,08-2,35 (infrarrojo medio)	identificación de minerales mapeo hidrotermal
8	0.52 – 0.90 μm (Pancromatico)	Canal pancromático, resolución 15mts Catastro rural, infraestructuras Ubicación de centros poblados, hidrología, vías.

Bandas espectrales en Landsat 5 y 7

Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission)

El programa Landsat

Antes de 1972, la idea de utilizar datos de satélite para la vigilancia terrestre, la cartografía o la exploración era un concepto visionario. Hecho que da origen al Programa Landsat, el cual se constituye en una serie de misiones de observación de la Tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). El programa Landsat ha revolucionado la forma de ver y estudiar nuestro planeta. Esta serie de datos, que se inició en 1972, es la más larga de la historia y continua registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la Tierra con una resolución moderada; de manera general cada píxel en su imagen tiene un tamaño con el que se podría cubrir un campo de béisbol.

En la actualidad el programa se encuentra en su octava versión denominada: "Landsat Data Continuity Mission" (LDCM) es el octavo satélite de observación de la serie Landsat y continuará el legado de archivo de los anteriores satélites, convirtiéndose de esta manera en el futuro de los satélites de observación de la Tierra de mediana resolución con más historia. Este programa amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores.

Tras el lanzamiento, el satélite LDCM fue rebautizado como Landsat 8.

Además, el LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como "paths" o rutas de acceso) como sus antecesores Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7. Esto permitirá que todos los datos del LDCM sean referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas.

El satélite almacena los datos del sensor OLI y TIRS en una grabadora de estado sólido incluida a bordo y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres.

La plataforma LDCM, tiene una vida útil de 5 años, pero lleva suficiente combustible para 10 años de operaciones. La nave orbitará de norte a al sur durante el día, cruzando el ecuador a las 10 a.m., hora local, con una órbita aproximada de unas 438 millas (705 kilómetros) por encima de la Tierra (USGS. 2013).

Diferencias y semejanzas de Landsat 8

El satélite Landsat 8 incorpora dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS).

Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares al sensor Landsat 7 ETM+, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.

Por otra parte el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+ (Fig. 1).

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), proporcionando una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre.

Aproximadamente se recogen 400 escenas al día, las cuales son cargadas en el servidor de USGS con el fin de que se encuentren disponibles para su descarga 24 horas después de la adquisición.

Los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar a nivel 1 (ortorectificado) creados usando Landsat 1 al Landsat 7; a continuación se describen algunas de sus especificaciones generales

Especificaciones de Productos LDCM a Nivel 1(USGS. 2013)

Procesamiento	Nivel 1 T- Corrección geométrica
Tamaño de píxel:	Bandas OLI multiespectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multiespectrales de OLI
Características de los datos:	Formato de datos GeoTIFF Remuestreo por convolución cúbica (CC) Norte arriba (MAP) de orientación Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de	Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo:	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul- profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución (ver Tabla a continuación.). El tamaño aproximado de la escena es de 170 Km. de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km).

Distribución de las bandas en OLI y TIRS

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Bandas	longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15

La resolución espacial (o nivel de detalle) es a menudo el aspecto más interesante de una imagen de satélite, pero menos apreciado y valorado es cómo se utilizan los cambios en la energía por irradiación reflejada por los materiales de superficie con el fin de lograr identificar las características de interés.

El futuro de LDCM

El nuevo programa de la plataforma LDCM tiene fundamentalmente tres objetivos:

1. Recopilar y archivar datos bandas multiespectrales y térmicas de cada superficie de la tierra, cada temporada de cada año en una resolución que puede distinguir un área del tamaño de un campo de béisbol.
2. Asegurar de que los datos de LDCM sean consistentes con los datos de las misiones Landsat anteriores, en términos de la geometría de adquisición, calibración, características de cobertura, espectral y espacial características, calidad del producto, la producción y la disponibilidad de los datos para permitir estudios de cobertura de la tierra y uso de la tierra cambian en periodos multitemporales.
3. Distribuir productos de datos LDCM estándar sobre una base no discriminatoria y sin costo a los usuarios.

Los instrumentos en Landsat 8

Los dos instrumentos a bordo del LDCM, Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) representan avances evolutivos en la tecnología de sensores remotos y en su rendimiento. OLI y TIRS miden la superficie terrestre en el visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, e infrarrojo térmico con una resolución moderada entre 49 y 328 pies (15 y 100 metros).

Dependiendo de la longitud de onda espectral. La distribución de la energía observada en estas longitudes de onda revela información sobre la reflexión y emisión de superficies.

Para hacer posible que los científicos comparen las nuevas imágenes Landsat con imágenes tomadas en el pasado, los ingenieros han tenido que diseñar el satélite LDCM con parámetros que permitan medir más o menos las mismas bandas espectrales al igual que los satélites Landsat anteriores.

El LDCM también está diseñado para entregar cerca de 400 escenas por día (150 escenas más que su antecesor el Landsat 7) estas imágenes son cargadas en el servidor de datos del USGS, aumentando de esta manera la probabilidad de capturar y entregar escenas gratis de la cobertura terrestre.

Sensor OLI

El sensor Operational Land Imager (OLI) avanza en la tecnología de sensores Landsat, utilizando un enfoque demostrado ya por el sensor Advanced Land Imager ubicado en el satélite experimental de la NASA Observing- 1 (EO-1). En el comienzo los satélites Landsat estaban equipados con sensores "whiskbroom" los cuales empleaban espejos de exploración como instrumentos visión para barrer el campo espectral a través de un ancho de banda superficial y transmitir la luz a unos detectores. A diferencia del OLI, el cual utiliza un sensor del tipo "pushbroom" compuesto por una serie de baterías larga de detectores, con más de 7.000 detectores por banda espectral, alineados en su plano focal en su respectivo ancho de banda. El diseño del "pushbroom" lo hace un instrumento más sensible proporcionando una mejor información de la superficie terrestre con menos partes móviles (Fig. 5). Sus imágenes tienen una resolución espacial de 49 pies (15 m) pancromáticas y 98 pies (30 metros) (incluido el visible, infrarrojo cercano y el infrarrojo de onda corta) a lo largo de 115 millas (185 kilómetros) de ancho de imagen, cubriendo así amplias zonas de la tierra mientras que proporciona una resolución suficiente como para distinguir las características tales como centros urbanos, granjas, bosques y otros tipos de cubiertas del suelo.

El OLI fue diseñado para tener una vida útil de cinco años y detectará las mismas bandas espectrales de los anteriores instrumentos del Landsat (es decir sensores, TM y ETM+), con la excepción de una banda en el infrarrojo térmico. Además de las 7 bandas multiespectrales del anterior Landsat (seis de los cuales han sido refinadas) OLI agregará dos nuevas bandas espectrales, una banda azul "costera" (banda 1) y una banda en el infrarrojo de onda corta

"cirros" (banda 9). Estas nuevas bandas, ayudaran a los científicos a medir la calidad del agua y facilitaran la detección de nubes altas y delgadas que previamente han sido difíciles de observar en las imágenes Landsat.

Todas las bandas del sensor OLI se adquieren en 12 bits de resolución radiométrica, 8 bandas serán de 30 metros y 1 de las bandas, la banda pancromática, es de 15 metros.

Descripción de Productos LDCM

A continuación se describen algunas de las definiciones de tipo de producto proporcionadas por el USGS. Estas definiciones nos dan una idea de la nomenclatura utilizada y una referencia para las relaciones entre los tipos de productos:

- Productos de Nivel 0 (L0): Los productos del tipo L0 son imágenes digitales con todas las transmisiones de datos y objetos sin formato.
- Productos de Nivel 1 Radiometric (L1R): Los productos del tipo L1R consisten en datos de imágenes radiométricamente corregidas.
- Productos de Nivel 1 Systematic (L1G): Los productos del tipo L1G consisten en productos de datos del tipo L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas y muestreos para el registro en una proyección cartográfica, estos datos se encuentran referenciados al Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84).
- Productos de Nivel 1 Gt (L1Gt): Los productos del tipo L1Gt consisten en datos del tipo L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas y muestreos para el registro a una proyección cartográfica referenciada a WGS84, G873, o a su versión actual. Este tipo de datos (L1Gt) utilizan la información de posición a bordo o efemérides definitivas, así como el uso de los datos controlados de elevación para corregir los errores de paralaje.
- Productos de Nivel 1 Terrain (L1T): Los productos de datos L1T consisten en productos de datos L1R con correcciones geométricas sistemáticas aplicadas, utilizando para ello puntos de control terrestre (GCP). Adicionalmente los datos también contienen una corrección topográfica por el desplazamiento del terreno debido al relieve.

Los datos de la imagen L1Gt / L1T se encuentran radiométrica y geométricamente corregidos y están disponibles en formato GeoTIFF.

SPOT 5

Fue desarrollado por el CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) de Francia con la participación de Suecia y Bélgica

En 1986, la agencia francesa del espacio, lanzó el primer satélite SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre), se llevó a cabo en la Guayana francesa y se utilizó para ello un cohete Ariane. En enero de 1990 se puso en órbita el Spot 2 seguido por Spot 3 en septiembre de 1993, Spot 4 en marzo de 1998 y Spot 5 en mayo de 2002. La continuidad del sistema estará asegurada por una nueva generación de minisatélites, llamada Pléiades.

La altitud orbital de Spot es de 832 Km. y la órbita es muy similar a la de los Landsat, cruza el paralelo 40° N en dirección Sur a las 10 horas solares y vuelve a pasar por la vertical del mismo lugar cada 26 días.

Otra novedad del satélite SPOT fue su capacidad de variar el ángulo de observación. Por lo que existe la posibilidad de registrar una misma zona, de una forma oblicua, al pasar por una órbita anterior a la de su vertical y al pasar por una órbita posterior. Esto permite obtener pares de imágenes que son aptas para visualización estereoscópica. A estos efectos, la relación base-altura se obtiene mediante el cociente entre la distancia existente entre las dos posiciones del satélite, la citada relación varía entre 0.75 en el ecuador y 0.50 a los 45° de latitud, lo cual proporciona modelos estereoscópicos con fuerte exageración vertical.

La estación receptora principal de datos Spot se encuentra en Toulouse (Francia). Las imágenes que registra el satélite permanecen, en registradores de cinta magnética, a bordo del satélite hasta que son enviados a la correspondiente estación receptora.

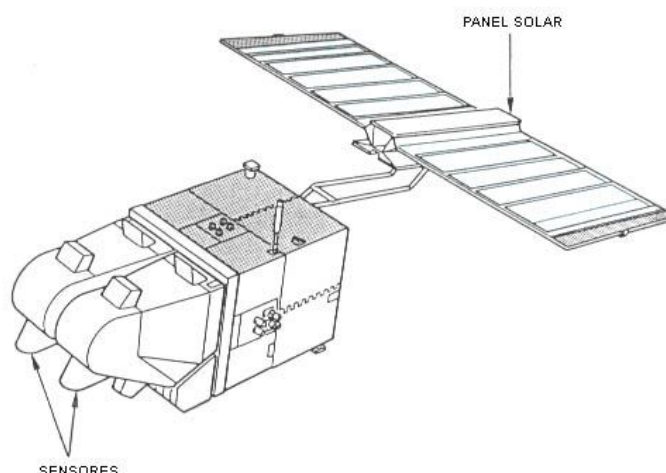
Spot se coloca sobre una órbita polar, circular, heliosincrónica y en fases con relación a la Tierra.

Cada satélite Spot observa una zona dada cada 26 días. Durante estos 26 días, efectúa un número entero de revoluciones (369). El satélite efectúa $14 + 5/26$ revoluciones por día.

Si se desea que el satélite observe la totalidad de la Tierra durante el ciclo, el campo de observación de una parte y la otra de la traza en el suelo debe ser superior a la distancia entre dos trazas adyacentes. Los instrumentos de toma de imágenes HRV (Alta resolución visible) y HRG (Alta resolución geométrica) responden a estas características. La distancia entre las trazas es de 108 Km. como máximo (en el ecuador) y el campo total de los dos instrumentos en ángulo de visión casi vertical es de 117 Km.

De esta forma, queda asegurada la cobertura completa de la Tierra en un ciclo de 26 días.

El contar con un dispositivo móvil instalado en el equipo óptico, le permite al SPOT observar la misma zona en órbitas sucesivas, permitiendo de esta forma reducir la resolución temporal de la toma de imágenes de 26 a dos o tres días, según las latitudes. Esta cualidad hace que el satélite SPOT pueda adquirir imágenes estereoscópicas, lo que a su vez, le permite añadir la capacidad cartográfica a la característica temática. La mejor resolución espacial de las imágenes SPOT con relación al LANDSAT es que permite ver a los objetos que cubren la superficie terrestre con mayor claridad, incrementándose el uso de la información satelital en temas como urbanismo, cartografía, inventario de recursos naturales, planeamiento regional.



Satélite Spot

El satélite SPOT 5 cambia la resolución espacial en el modo pancromático, mejorando de 10 a 2.5 metros, el modo multiespectral de 20 a 10 y el infrarrojo medio sigue con los 20 metros. A continuación se presentan las características de cada uno de los satélites de la familia SPOT.

Características del satélite SPOT 5

SATELITE	SENSOR	RESOLUCIÓN ESPECTRAL, μm	RESOLUCIÓN ESPACIAL m	RESOLUCIÓN RADIOMETRICA bits	ANCHO DE BARRIDO Km.
SPOT 5	Pancromática.	0.61 - 0.68	2.5	6	60
	Multiespectral.	0.50 - 0.59	10	8	60
		0.61 - 0.68	10	8	60
		0.78 - 0.89	10	8	60
		1.58 - 1.75	20	8	60

Sensores de los satélites Spot 1 a Spot 5

La carga útil de cada satélite Spot está constituida por dos instrumentos ópticos idénticos, registradores de datos y un sistema de transmisión de imágenes hacia las estaciones de recepción terrenas.

Los instrumentos ópticos de alta resolución de los satélites Spot

HRV – Alta resolución visible en Spot 1 y 2

HRVIR – Alta resolución visible infrarroja en Spot 3 y 4

HRG – Alta resolución geométrica en Spot 5

Estos sensores "pushbroom" denominados HRV (Haute Resolution Visible = Alta Resolución Visible), posibilitan la obtención de imágenes en 2 modalidades: pancromático (PA) y multibanda (XS_n).

El HRV es un tipo de los denominados longitudinales, posee un espejo fijo sobre el que incide la radiación procedente de la superficie terrestre, éste espejo refleja la energía hacia el sistema óptico que la dirige hacia la batería de detectores (CCDs). El sistema HRV puede operar en dos modos, o bien en modo pancromático (alta resolución) o bien en modo multiespectral.

Para trabajar en modo Pancromático, utiliza una fila de 6000 CCDs, cada uno registrando la radiación de longitud de onda comprendida entre 0.51 y 0.73 micras, y que procede de un cuadrado sobre el terreno de 10 por 10 m. (unidad de resolución de campo). En modo multiespectral utiliza tres filas de CCDs, cada una de 3000 detectores, en este caso se registran tres bandas espectrales con intervalos en micras de 0.5-0.59(verde); 0.61-0.68(rojo)

y 0.79-0.89(IR próximo), el tamaño de la unidad de resolución de campo es de 20 m. por 20 m. en el modo multiespectral.

En ambos modos, la longitud de la línea de registro es de 60 Km. Spot utiliza dos sistemas HRV que adquieren bandas paralelas de imágenes, el solape entre ambas es de 3 Km., por tanto la anchura total de las dos bandas es de 117 Km.

La resolución radiométrica por píxel es de 8 bits para el modo multiespectral y 6 bits para el pancromático.

Cada instrumento puede adquirir las imágenes indistintamente en modo pancromático o multiespectral. Las bandas espectrales de cada instrumento se adquieren con una resolución en el suelo variable según el satélite.

El sensor HRG del satélite SPOT 5 ofrece las siguientes mejoras:

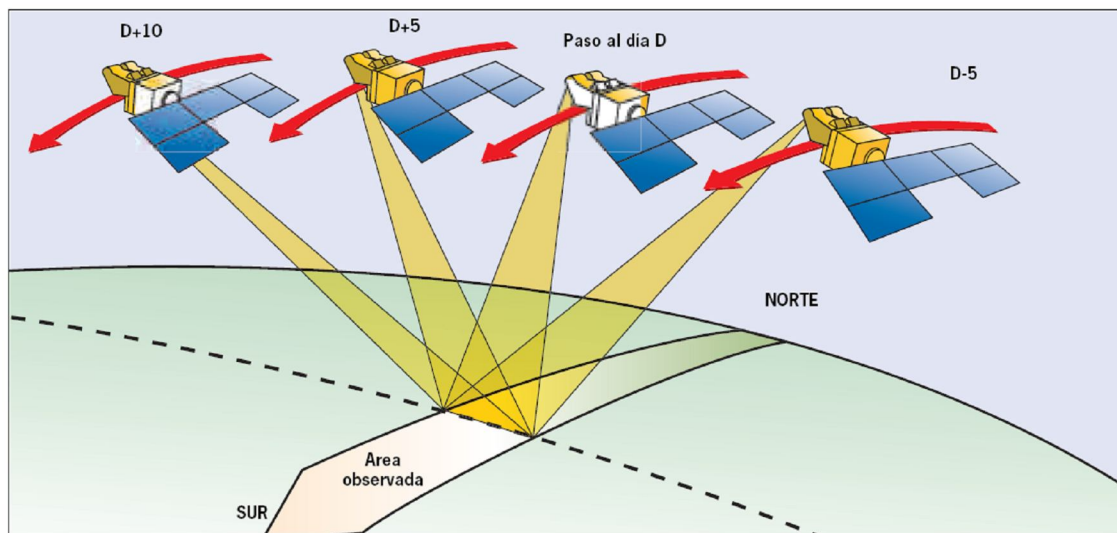
- Mayor resolución espacial: 5 y 2.5 metros en su modo pancromático, comparado con los 10m anteriores.
- Mayor resolución en su modo multiespectral: 10m en lugar de los 20m del SPOT 1-4 en las dos bandas del espectro visible y en la infrarroja cercana. La banda del infrarrojo medio (SWIR), diseñada especialmente para aplicaciones de uso-cobertura del suelo, tiene una resolución de 20m.
- Exactitud planimétrica: 10m (rms) y exactitud vertical (elevación) de 5m (rms)
- Mayor detalle en las imágenes, lo que facilita su interpretación visual.
- El ancho de cada imagen es de 60km, la misma utilizada en SPOT 1 a 4.
- Se mantiene la capacidad de visión oblicua de los sensores.

Repetitividad de las observaciones

Como novedad importante con relación a los anteriores satélites de observación de la tierra, está la posibilidad de variar el ángulo de visión de los detectores hasta los 27 ° con respecto la vertical (nadir). Este echo, facilita la observación de la misma zona en órbitas sucesivas (los sensores pueden enfocar a cualquier punto situado dentro de un rango de 475 Km. en ambos lados del trazado de la órbita), la orientación del espejo de entrada de cada instrumento puede telecontrolarse desde las estaciones terrenas, permitiendo así observar las regiones particulares que no están necesariamente en la vertical del satélite.

Esta técnica permite aumentar la frecuencia de observación de un mismo punto en el curso de un mismo ciclo. Esta frecuencia varía en función de la latitud: en el ecuador, la misma región puede ser observada 7 veces durante los 26 días del ciclo orbital. A una latitud de 45°, una región puede ser observada 11 veces durante un ciclo orbital, es decir 157 veces por año, lo que corresponde a un promedio de 2,4 días con un intervalo que se ubica en un máximo de 4 días y un mínimo de 1 día.

La constelación de los satélites Spot aumenta considerablemente esta repetitividad.



Mejora de resolución temporal en SPOT

Adquisiciones con observación lateral

La adquisición de pares estereoscópicos laterales sigue siendo posible programando dos imágenes de la misma zona del suelo, desde dos órbitas diferentes.

Con tres satélites es teóricamente posible adquirir pares estereoscópicos en el mismo día, utilizando dos de los tres satélites.