

Estudio Temporal (1976-2006) de la Deforestación en el Sector Norte de la Provincia da Santa Fe – Argentina

**Silvio Daniel Graciani
Carlos Canoba**

UNL - Universidad Nacional del Litoral
CC 217 - CP-3000 – Santa Fe – Argentina
sgraciani@hotmail.com

UNL - Universidad Nacional del Litoral
CC 217 - CP-3000 – Santa Fe – Argentina

Resumen: Este trabajo tuvo como principal objetivo incorporar información espacio-temporal, desde la década del 70 hasta el presente, a través de un análisis multitemporal de imágenes satelitales que permitió visualizar la dinámica de cambio de los bosques nativos producida por la deforestación en un sector del Departamento Vera localizado en la región norte de la Provincia de Santa Fe - Argentina, a una latitud y longitud aproximada de $-29^{\circ} 15'$ y $-60^{\circ} 20'$, respectivamente. El trabajo realizado consistió en el relevamiento de imágenes satelitales multitemporales que fueron interpretadas y tratadas digitalmente para extraer de las mismas la información requerida para la elaboración de cartografías temáticas sobre la distribución espacial de los bosques nativos a intervalos de 10 años durante el período de tiempo considerado.

Palabras Claves: Deforestación, imágenes satelitales, cartografías multitemporales.

Abstract: This work had like main objective to incorporate space-temporary information, from the decade of the 70 to the present, through a multitemporary analysis of satellite images that allowed to visualize the dynamics of change of the native forests produced by the deforestation in a sector of the Department Vera located in the north region of the Province of Santa Fe - Argentina, to a latitude and length approximated of $-29^{\circ} 15'$ and $-60^{\circ} 20'$, respectively. The made work consisted of the relevamiento of multitemporary satellite images that were interpreted and treated digitally to extract of same the information required for the elaboration of thematic cartographies on the space distribution of the native forests at intervals of 10 years during the period of considered time.

Keywords: Deforestation, satellite images, multitemporary cartographies.

1. INTRODUCCIÓN

La destrucción de los bosques nativos producida por su tala indiscriminada, tanto para la extracción de madera como para permitir el avance de la frontera agropecuaria, es un flagelo que afecta a muchas regiones en el mundo. La Argentina no ha sido ajena a los problemas de deforestación de las masas boscosas nativas, en el último siglo la superficie cubierta por los bosques nativos ha disminuido notablemente impulsada por la expansión de la actividad agropecuaria, principal fuente de riqueza de nuestro país. En la Provincia de Santa Fe tal situación de avance se ha producido hacia la región norte donde hasta hace unos 30 años existían grandes extensiones del denominado Bosque chaqueño. El mismo posee una gran diversidad biológica y cultural, constituyendo entonces grandes reservas de recursos naturales y étnicos.

Un monitoreo económico de grandes áreas, con un nivel de resolución espacial imposible de alcanzar en muestreos de campo, solo puede ser realizado a través del empleo de imágenes de teledetección (Engman y Gurney, 1991; Chuvieco, 1996). A partir del procesamiento e interpretación de los datos que tales imágenes proveen, es posible derivar valiosa información espacial y temporal del área de interés. Por lo tanto, el estudio de la dinámica de cambio de los bosques nativos, a partir del análisis multitemporal de imágenes satelitales, permite generar valiosa información cartográfica temática para cada época considerada. Esta muestra lo que sucedía en el área de estudio en cada fecha de imagen empleada siendo posible entonces verificar cuantitativamente las acciones antrópicas sobre el medio natural, como por ejemplo la deforestación de los bosques, produciendo así una base de información precisa y mensurable, para que las organizaciones ambientales puedan llevar adelante sus programas de conservación y manejo de las áreas naturales.

El presente trabajo fue elaborado por alumnos de las cátedras de Interpretación de Imágenes y Teledetección de las Carreras de Licenciatura en Cartografía e Ingeniería en Agrimensura de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH), bajo el marco de un Proyecto de Extensión de Cátedra (PEC) evaluado y aprobado por la Universidad Nacional del Litoral (UNL). Este tipo de Proyecto tiene como principal objetivo ejecutar una actividad de extensión que contribuya a una determinada Institución. En este caso la misma corresponde a una Fundación denominada FUNDAPAZ Vera, la cual participó activamente en este proyecto a través de sus miembros, los cuales poseen un amplio conocimiento y experiencia en el área de interés.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo General

Incorporar información espacio-temporal, desde la década del 70 hasta el presente, que permita inferir la tendencia de cambio de los bosques nativos producida por la deforestación en un sector del Departamento Vera en la Provincia de Santa Fe - Argentina.

2.2 Objetivos Específicos

_Capacitar a los estudiantes en trabajos interdisciplinarios que contemplen la aplicación de las técnicas de Interpretación de Imágenes y Teledetección para que puedan derivar información temática espacio-temporal sobre la dinámica de cambio de la cobertura terrestre;

_Conformar una base de relevamiento y sistematización de información geoespacial orientada al análisis multitemporal de los bosques nativos, desde la década del 70 hasta el presente.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en un sector del Departamento Vera localizado en el centro-norte de la Provincia de Santa Fe - Argentina (Figura 1). Dicho Departamento presenta una superficie de 20.096 km². La capital del mismo es la ciudad de Vera, la cual dista 256 km de la ciudad de Santa Fe capital de la Provincia homónima. El área de interés fue elegida porque presenta las siguientes ventajas comparativas como para ser considerada como un área de prueba:

- a) Presencia de bosques nativos con distintos niveles de degradación;
- b) Acceso fácil para la realización de trabajos de campo que permitan su reconocimiento;
- c) Existencia de numerosas imágenes satelitales.

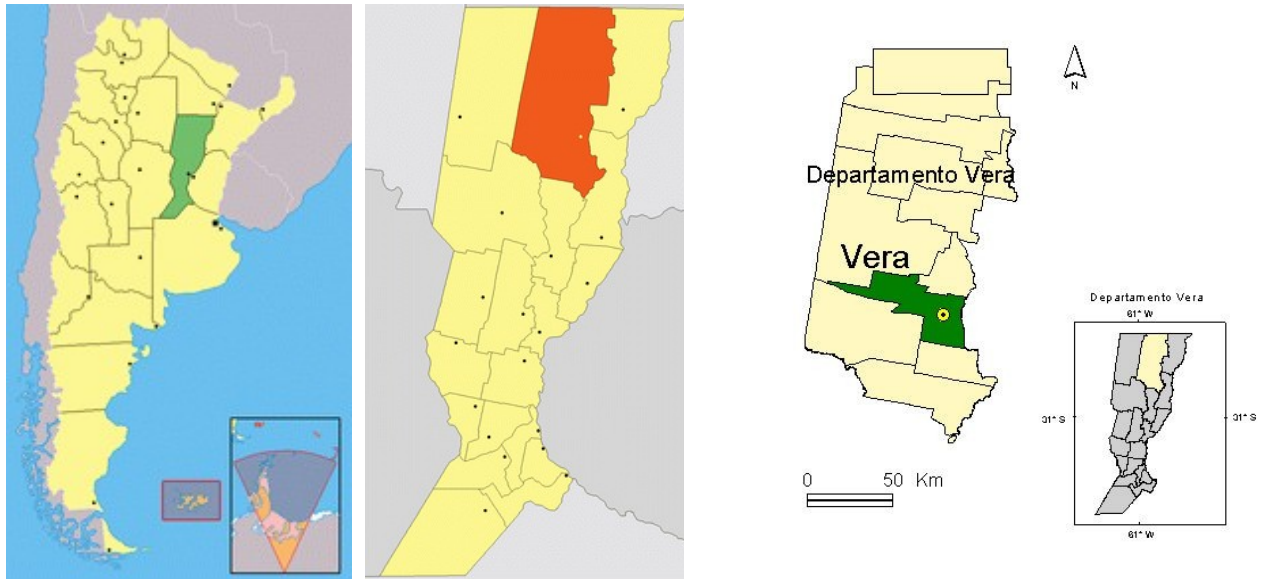


FIGURA 1. Ubicación del área de estudio en el Dep. Vera – Provincia de Santa Fe

El área de interés está delimitada por las rutas provinciales N° 40 al norte, N° 3 al este, N° 98 al sur y N° 83 al oeste. Cubre una superficie aproximada de 900 km². En la Figura 2, se puede observar el área de estudio delimitada por las rutas provinciales nombradas previamente y, también, se localizan la Ciudad de Vera (aproximadamente 20.000 habitantes) y la Comuna de Fortín Olmos (3.500 hab.).

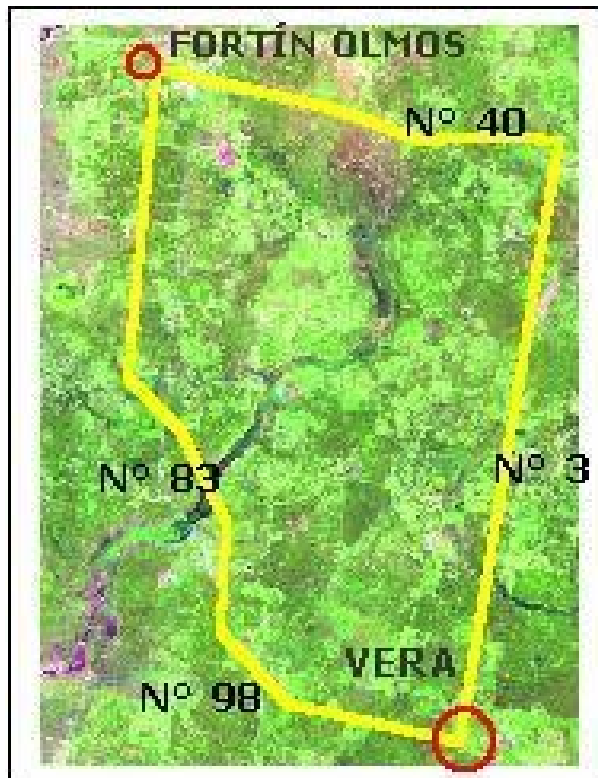


FIGURA 2. Delimitación del área de estudio.

4. MATERIALES

- 1) A continuación, son mostradas en la Tabla 1 las imágenes satelitales obtenidas. Las mismas corresponden al período de tiempo considerado en este trabajo. Además, se pueden observar algunas de sus características más importantes y la Fuente del dato que las proporcionó.

TABLA 1 – Imágenes satelitales Landsat.

| Satélite - Sensor | Nº de Bandas | Fecha de Adquisición | Tamaño Pixel | Fuente del Dato |
|-------------------|--------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Landsat 2 - MSS | 4 | 27/03/1976 | (57 x 57) m ² | ESDI - Earth Science Data Interface, Estados Unidos. |
| Landsat 5 - TM | 7 | 07/03/1986 | (30 x 30) m ² | ESDI - Earth Science Data Interface, Estados Unidos. |
| Landsat 5 - TM | 7 | 09/04/1998 | (30 x 30) m ² | CONAE – Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina. |
| Landsat 5 - TM | 7 | 10/02/2006 | (30 x 30) m ² | CONAE – Comisión Nacional de Actividades Espaciales, Argentina. |

- 2) Se utilizó también, como base cartográfica, una carta imagen del Instituto Geográfico Militar (IGM) de la República Argentina, con las siguientes características:

_Escala = 1 : 250.000;

_Nombre de la Hoja y Número: Vera (Prov. de Santa Fe) - 2960-III.

- 3) Datos de campo tomados en el área objeto correspondientes a las características de la vegetación analizada. Lo mismo corresponden a la identificación *in situ* de las distintas clases de interés que fueron cartografiadas sobre las imágenes satelitales de las distintas fechas.

5. MÉTODO

El método aplicado por los alumnos en el presente trabajo es mostrado esquemáticamente en la Figura 3. En esta es posible observar la secuencia de pasos que se efectuaron para obtener las informaciones temáticas. A continuación de la figura, son comentados brevemente los procesos del método que han sido ejecutados.



FIGURA 3. Esquema del método aplicado en este trabajo.

1) Relevamiento de imágenes satelitales

Consistió en la búsqueda y selección de imágenes satelitales que recubrieran el área de interés. Específicamente la búsqueda se orientó hacia las imágenes del satélite LANDSAT, sensores MSS, y TM, debido a que es el único que ha realizado una cobertura periódica del área de interés desde la década del 70 hasta el presente, empleando siempre condiciones de observación semejantes, tales como: altura de vuelo, ángulo solar, calibración de los sensores, hora de pasada y época del año.

2) Tratamiento digital de las imágenes

Se efectuó en primer término un Pre-procesamiento de las imágenes satelitales que consistió por un lado en la reducción de la información obtenida seleccionando las bandas más adecuadas y recortando el área de estudio, y por otro, en la aplicación de las correcciones geométricas correspondientes. Posteriormente se efectuó el procesamiento de las imágenes para resaltar visualmente el tema de interés del presente proyecto a través de la aplicación de diferentes técnicas, tales como: composiciones en color, realces, índices de vegetación y componentes principales (PCA).

3) Digitalización de las áreas boscosas

Una vez procesadas las imágenes para resaltar el tema de interés se procedió, en primer término, a la digitalización manual sobre la pantalla de los elementos lineales y los areales, tales como: los caminos, las parcelas de uso agropecuario y las cañadas y bajos intermitentes. Posteriormente se realizó una clasificación automática supervisada basada en los trabajos de campo efectuados en el área de estudio, con el objeto de separar diferentes clases de interés, incluyéndose en estas, diferentes tipos de bosques.

4) Mapas Temáticos

Las informaciones obtenidas previamente en el procesamiento de los datos de las imágenes satelitales, fueron utilizadas como base para la elaboración de las cartas temáticas de bosques nativos en las distintas fechas consideradas.

6. RESULTADOS

Los resultados de las actividades realizadas serán mostrados siguiendo la secuencia del plan de actividades trazado.

Actividad 1: Pre-procesamiento de las imágenes satelitales LANDSAT, el cual consistió de:

- 1) Selección de las bandas más adecuadas y recorte del área de estudio creando sub-escenas de la imagen original para cada fecha considerada. Con esto se consiguió reducir la información obtenida y hacerla así más eficiente desde el punto de vista computacional, ver Figura 4;
- 2)

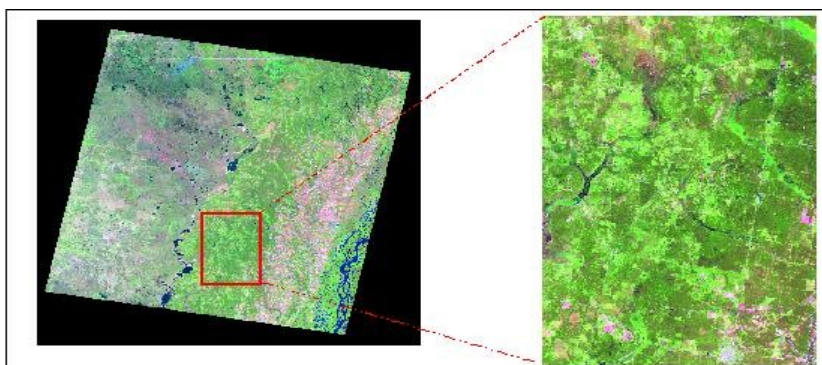


FIGURA 4. Recorte del área de interés creando una sub-escena de la imagen original.

2) Corrección geométrica de las sub-escenas a través del método de puntos de control, para conseguir su rectificación al Sistema Nacional POSGAR 94. Para tal, se buscaron 12 puntos de control, aplicándose luego los algoritmos correspondientes presentes en el aplicativo utilizado.

Actividad 2

Se ejecutó el procesamiento digital de las sub-escenas LANDSAT, ya georreferenciadas, el cual consistió

en la aplicación de diferentes técnicas, tales como: composiciones en color, realces e índices de vegetación. Todos ellos fueron aplicados con el fin de resaltar visualmente el tema de interés. De todas las técnicas empleadas, la que mejor resaltó los objetos de interés, cubiertas vegetales en este caso, fue la aplicación de realces lineares realizados conjuntamente con una composición color. A continuación, son mostradas las composiciones de las distintas fechas consideradas, ver Figura 5.

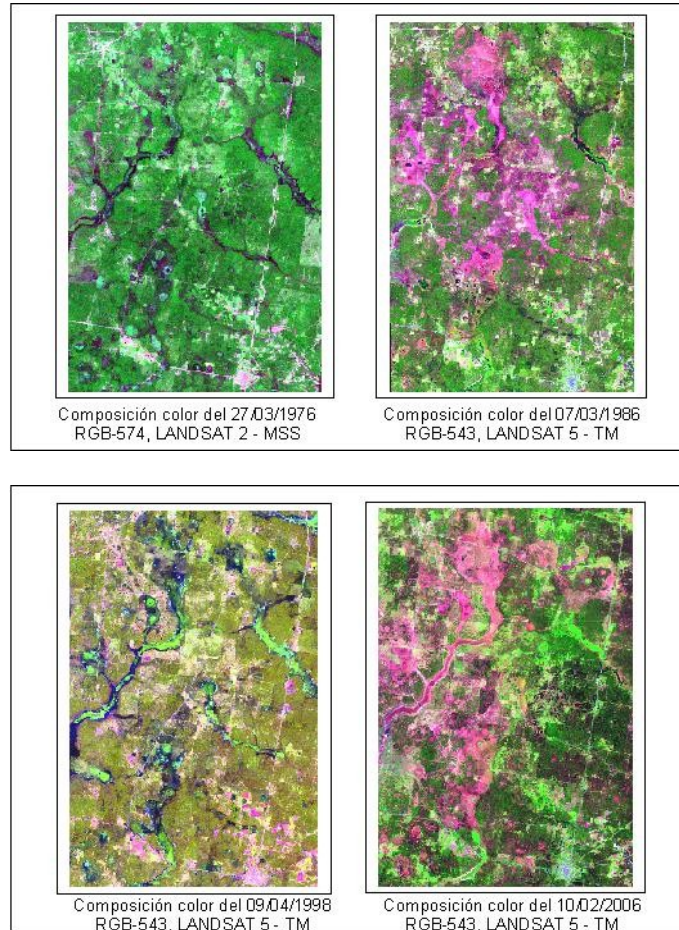


FIGURA 5. Composiciones color del área de interés para las fechas consideradas.

Actividad 3

A través de la interpretación visual de las composiciones color, se elaboró una primera leyenda cartográfica preliminar del área de estudio. La misma quedó conformada de la siguiente manera:

- 1- Quebrachal
- 2- Algarrobal
- 3- Bosque fuerte
- 4- Sabana
- 5- Forestación
- 6- Área agrícola
- 7- Bosque mixto
- 8- Cañadas y bajos intermitentes

Actividad 4

Se efectuó, en octubre de 2005, la primera visita a la Fundación que avala este proyecto, la cual tiene su sede en la Ciudad de Vera, Prov. de Santa Fe - Argentina. En la misma se desarrolló un seminario taller que contó con la presencia de miembros de FUNDAPAZ, de los estudiantes involucrados y del equipo docente responsable, ver Figura 6.



FIGURA 6. Alumnos y docentes del PEC en la sede de FUNDAPAZ Vera, Prov. de Santa Fe.

También, durante esta primera visita se realizó un relevamiento de campo para efectuar un primer reconocimiento de las cubiertas a estudiar. Dicho trabajo de campo fue conducido por especialistas de FUNDAPAZ. En función de las clases temáticas de interés establecidas en la primera leyenda cartográfica, se visitaron sitios que presentaban dichas coberturas dentro del área de interés. Las clases establecidas a priori, eran (1- Quebrachal, 2- Algarrobal, 3- Bosque fuerte, 4- Sabana, 5- Forestación, 6- Área agrícola, 7- Bosque mixto, 8- Cañadas y bajos intermitentes). A continuación, se muestran fotografías de algunas de las clases tomadas en el área de interés, ver Figura 7.

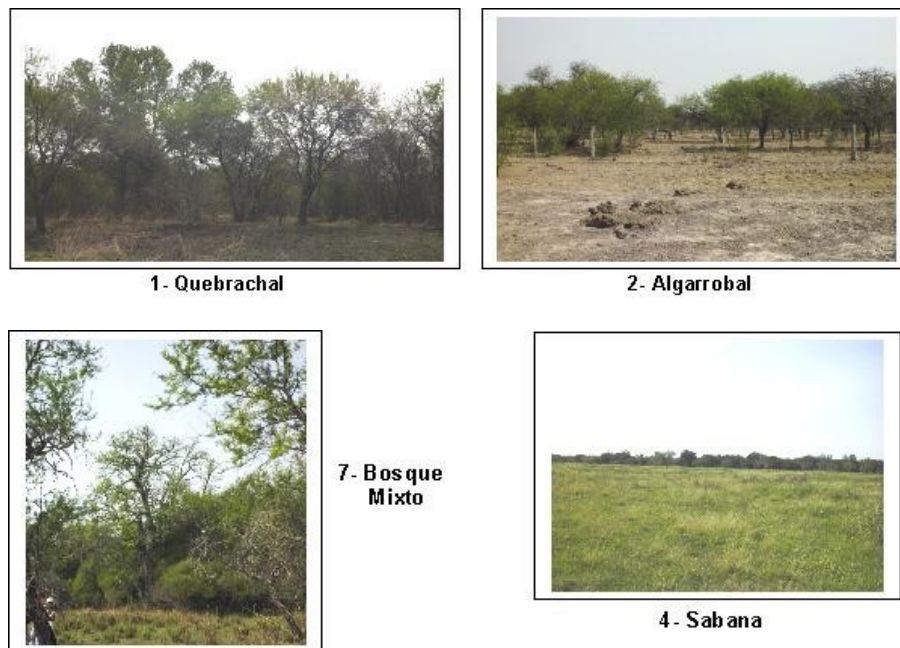


FIGURA 7. Algunas de las clases temáticas consideradas en el área de estudio.

Actividad 5

Se efectuó la digitalización en forma manual sobre la pantalla de algunos elementos de interés, tales como: el límite del área de estudio (determinado por cuatro rutas provinciales) y las cañadas y bajos intermitentes. Para este último caso, la digitalización se realizó sobre la imagen del año 1998, en la cual los cuerpos de agua se encontraban crecidos, ver Figura 8.

A continuación, se muestran en la Figura 9 las digitalizaciones de los caminos y las parcelas de uso agropecuario sobre las imágenes Landsat de las cuatro fechas consideradas. En dicha figura aparecen en color rojo las cuatro rutas provinciales que delimitan el área de estudio, en anaranjado los caminos y en verde las áreas sometidos a actividades agropecuarias.

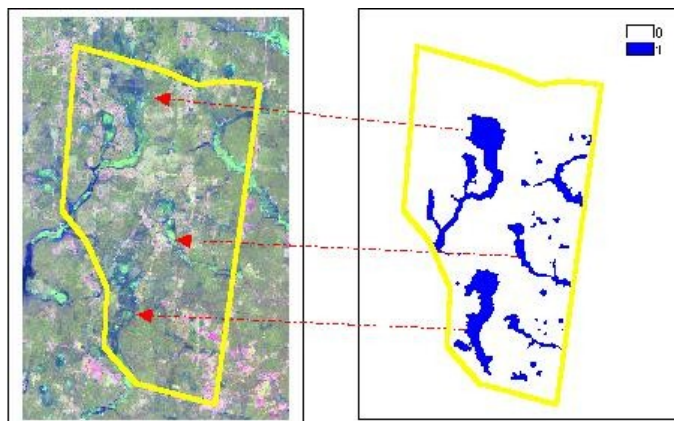


FIGURA 8. Cañadas y bajos digitalizados en el área de estudio (línea amarilla) imagen 09/04/1998.

A partir del análisis de las digitalizaciones realizadas para las cuatro fechas de interés, comprendidas entre la década del 70' y la actualidad, se observa que prácticamente no hubo modificaciones en lo que respecta a las rutas provinciales y los caminos. Sin embargo, si se observa un aumento significativo del parcelamiento rural y, junto con esto, de las actividades agropecuarias. En la digitalización de la imagen de 1976 se marcaron solo las áreas deforestadas. Por el contrario, en las otras tres se delimitaron las parcelas rurales, las cuales resultaron visibles en las imágenes por la presencia en sus límites de picadas efectuadas para la colocación de los alambrados. Estas parcelas presentan en el menor de los casos un uso agrario, siendo la principal actividad de esta zona la ganadería. Por lo tanto, en el lapso de tiempo considerado se incrementó la subdivisión de la tierra, lo que no significa que las parcelas resultantes hayan sido deforestadas, no obstante, en aquellas en las cuales todavía subsiste el bosque, el mismo se encuentra en muchos casos, bastante degradado debido a que los mejores ejemplares arbóreos han sido talados, conservándose solo ejemplares relativamente jóvenes.

Actividad 6

A partir de los datos de campo recolectados *in situ* y de las imágenes ya procesadas se procedió a realizar una clasificación automática supervisada empleando el algoritmo llamado máxima probabilidad. Luego de realizada la clasificación supervisada se observó que algunas clases de la leyenda original no podían ser separadas y se mezclaban con otras. Por lo tanto, se procedió a realizar un segundo relevamiento de campo en el área de estudio (en febrero de 2006). El mismo tuvo como objetivo visitar áreas específicas en donde se presentaban aquellas categorías de interés que no podían ser clasificadas correctamente. En función de esta verificación de campo se procedió a cambiar la leyenda cartográfica preliminar sustituyéndola por la siguiente:

- 1-Quebrachal
- 2-Algarrobal
- 3-Bosque mixto
- 4-Pastizal
- 5-Suelo desnudo
- 6-Cañadas y bajos intermitentes

Como se puede observar arriba solo quedaron seis clases temáticas en la nueva leyenda cartográfica. La clase Bosque fuerte fue eliminada debido a que se confundía con la clase Bosque mixto y además su extensión areal era insignificante cuando comparada con esta última. Lo mismo ocurrió con la clase Forestación. En el mismo sentido, la clase denominada Sabana fue renombrada como Pastizal por recomendación de los especialistas de FUNDAPAZ. Por último, la clase Área Agrícola paso a denominarse Suelo Desnudo e involucró sectores de suelos, sin cobertura vegetal, que podían ser o no para uso agrícola. A continuación, son mostradas en la Figura 10 las imágenes clasificadas obtenidas para las cuatro fechas consideradas.



FIGURA 9. Digitalización de los caminos y las áreas de uso agropecuario.

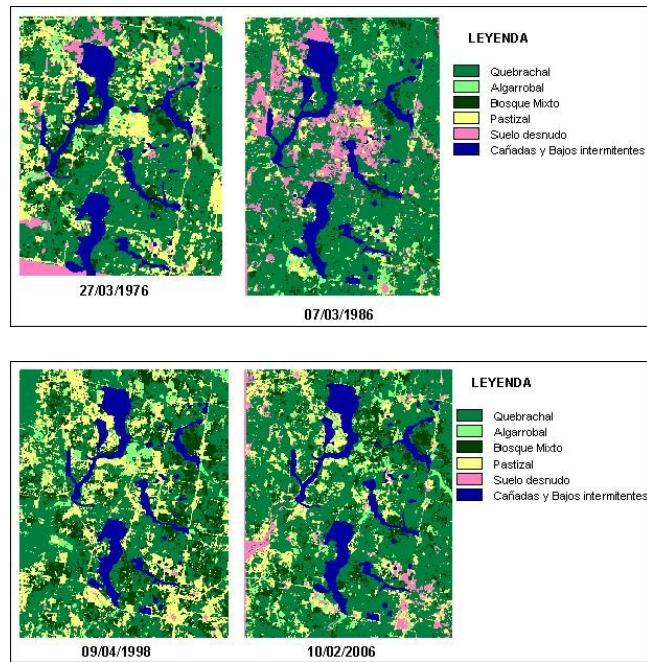


FIGURA 10. Imágenes clasificadas obtenidas para las distintas fechas consideradas.

7. CONCLUSIONES

_Se consiguió incorporar información espacio-temporal del área de estudio, desde la década del 70 hasta el presente, a partir de la recopilación de imágenes satelitales históricas;

_Se capacitó a los estudiantes de las disciplinas Interpretación de Imágenes y Teledetección en un trabajo interdisciplinario que contempló la aplicación de dichas técnicas en relación a un problema ambiental concreto que afecta a las comunidades de un Departamento Provincial;

_Este trabajo está permitiendo dotar a FUNDAPAZ de un valioso conocimiento espacio-temporal para realizar sus tareas de divulgación de la necesidad de conservación de los bosques nativos, y en el mismo sentido proporcionarle una herramienta (cartografías temáticas multitemporales), la cual podrá actualizarse secuencialmente con la finalidad de seguir los procesos a futuro.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote Sensing**. The Guilford Press. New York – London, 1996.
- CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Ediciones RIALP, S.A. Madrid 1996.
- ENGMAN, E. T.; GURNEY, R. J. **Remote sensing in hidrology**. London, Chapman and Hall, 1991.
- GRACIANI, S. D. **Aplicação das Imagens de Sensoriamento Remoto para Avaliar Alguns Parâmetros da Qualidade da Água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis – SC, 2000.
- LIMA, I. B. T. **Utilização de Imagens Históricas TM para Avaliação e Monitoramento da Emissão de CH₄ na UHE Tucuruí**. INPE. São José dos Campos – SP, 1998.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons. New York, 1987.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Primeira edição. Editora Com Deus – Fundec. São José dos Campos – SP, 2001.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações**. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1998.
- PONZONI, F. J. **Sensoriamento Remoto refletância dos alvos naturais**. Editora Universidade de Brasília UnB – Embrapa Cerrados. Cap. 5. Brasília - DF, 2001.
- SABINS, F. F. **Remote Sensing**. W. H. Freeman and Company. New York, 1996.