



República Argentina
Ministerio de Salud y Ambiente

Secretaría de Ambiente
y Desarrollo Sustentable



Dirección de Bosques



MAPA FORESTAL PROVINCIA DE TUCUMÁN

Actualización Año 2002

Autores

Ingeniero Forestal Ignacio Gasparri
Licenciada María Gabriela Parmuchi
Ingeniero Forestal Eduardo Manghi
Geógrafa Mabel Strada
Ingeniera Agrónoma Celina Montenegro
Licenciada Julieta Bono

Agosto 2004

Secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable
Doctor Atilio Armando Savino

**Subsecretario de Recursos Naturales, Normativa, Investigación
y Relaciones Institucionales**
Doctor Homero Bibiloni

Director Nacional de Recursos Naturales y Conservación de la Biodiversidad
Ingeniero Forestal Carlos Merenson

Director de Bosques
Ingeniero Forestal Jorge Luis Menéndez

1. Introducción

La Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF) dependiente de la Dirección de Bosques tiene por misión el monitoreo de los bosques nativos, para la detección, cuantificación y seguimiento a lo largo del tiempo de procesos de origen natural y/o antrópico que modifican la estructura y/o extensión de los ecosistemas forestales naturales.

En esta etapa, la Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal ha priorizado el monitoreo de la deforestación y la fragmentación del bosque en las regiones del Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana y Selva Misionera, esperando incorporar gradualmente otros aspectos. En este marco, es que se realiza el presente trabajo el cual forma parte de las tareas de actualización de la cartografía forestal correspondiente a las regiones Parque Chaqueño y Selva Tucumano-Boliviana.

Los resultados obtenidos serán publicados de manera gradual en función de los avances de las tareas, en una serie de documentos que presentarán los resultados por provincia, luego por región forestal y finalmente por país. El presente documento forma parte de los resultados de la serie antes mencionada.

La UMSEF utiliza principalmente técnicas de sensoramiento remoto y sistemas de información geográfica para el monitoreo de los cambios en los bosques nativos. En función de ello, se han identificado procesos que originan cambios con posibilidades de ser detectados y analizados, tal es el caso de:

- **Deforestación:** representa la pérdida de superficie de bosque debido al avance de la frontera agropecuaria y/o crecimiento urbano. Este proceso presenta una alta variación espacial y responde a la combinación de factores socio-económicos y naturales que determinan la forma en que se produce. En Argentina, existen procesos de deforestación de variadas características, por ejemplo la expansión de la agricultura migratoria asociada a los accesos en la provincia de Misiones; el aumento de superficie cultivada para soja en Salta, Chaco, Santiago del Estero, etc. y la expansión urbana de centros turísticos en la Patagonia.
- **Fragmentación:** es una consecuencia de la pérdida de superficie de bosque. Consiste en la modificación de la estructura natural del paisaje y generalmente implica la pérdida de la continuidad espacial de los bosques. Su medición es compleja y existen numerosos índices para estimarla basados en información espacial. La fragmentación es de importancia ya que condiciona la efectividad de medidas de conservación y las opciones de manejo de posible aplicación.
- **Incendios:** pueden ser de origen natural o antrópico y se pretende avanzar en la geolocalización de los eventos de incendio y la cuantificación de la superficie por tipo de vegetación afectada en los principales sucesos.
- **Extracción forestal:** es la remoción de biomasa del bosque para uso humano. Puede consistir en la extracción selectiva por parte de empresas madereras de unos pocos

ejemplares de alto valor como sucede en la Yungas y la Selva Misionera, pero también puede consistir en la eliminación de gran parte de la biomasa como son los aprovechamientos forestales de lenga en Tierra del Fuego o la extracción de leña y carbón en el Chaco árido y semiárido.

- **Recuperación de bosques secundarios:** se pretende determinar la superficie ocupada por bosques secundarios en distinta etapa de desarrollo. Se entiende por bosque secundario una secuencia de cobertura boscosa posterior a la devastación antropogénica de más del 90% de la cobertura boscosa primaria, medrando en una superficie de tal dimensión, que el cambio del microclima y las distintas condiciones de regeneración conducen a una estructura distinta del bosque original, con otra composición de especies arbóreas y otra dinámica sin haber alcanzado de nuevo su estado original (Emrich Anette et al., 2000). Una gran concentración de bosques secundarios, localmente denominados "capueras", se encuentra en la provincia de Misiones como consecuencia de la aplicación de la agricultura migratoria, también se puede encontrar agricultura migratoria en algunos sectores del norte de Salta. En menor medida se encuentran bosques secundarios en tierras agrícolas abandonadas, denominados localmente "fachinales", en la región Parque Chaqueño.
- **Degradación:** proceso de transformación de bosques que por pérdida de biomasa resultan en bosques empobrecidos que no poseen la misma estructura, composición, función o productividad y que por lo tanto ven comprometida su capacidad de proveer bienes y servicios. La pérdida de biomasa puede deberse a causas naturales como plagas, enfermedades, fenómenos climáticos y catástrofes; o antropogénicas, como la extracción forestal sin planificación, que probablemente sea la causa de mayor importancia.
- **Invasión con especies exóticas:** este proceso fue identificado como una amenaza para los ecosistemas forestales en el Convenio sobre Diversidad Biológica. Se pretende utilizar como antecedentes trabajos científicos a fin de mejorar los conocimientos de la repercusión de las especies exóticas en los ecosistemas forestales al determinar la superficie afectada por distintos grados de invasión. Debe hacerse notar que es factible utilizar sensores remotos con aquellas especies que producen un cambio significativo en la estructura de la vegetación natural como por ejemplo el "ligustro" y en algunos casos ciertas coníferas.
- **Plagas y enfermedades:** se pretende determinar la superficie para distintos grados de afectación de los bosques por enfermedades y/o plagas. Deben consistir en enfermedades extensivas con consecuencias significativas sobre la composición y estructura del bosque. Por el momento se ha identificado como factible de ser estudiada "el mal del ciprés" que ocasiona la muerte de rodales completos de *Austrocedrus chilensis* (Havrylenko et al., 1989).
- **Cambios de distribución y dinámica:** principalmente asociado al proceso de cambio climático se producen cambios en la distribución de los ecosistemas y de los patrones de disturbios. Algunos ejemplos con evidencias científicas son la expansión del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) (Veblen y Margraf, 1988) sobre la estepa Patagónica o la del aliso del cerro (*Alnus acuminata*) (Grau, 1985) sobre los pastizales

de altura. Otros casos a determinar son la expansión del cebil colorado (*Anadenanthera colubrina*) en el Parque Chaqueño semiárido y la expansión del pino del cerro (*Podocarpus parlatorei*) sobre los pastizales en la provincia de Catamarca. Los cambios en los patrones climáticos también condicionan la expansión agrícola como puede estar sucediendo en el Norte de Córdoba o en el Este de Salta.

2. Área de Interés: Provincia de Tucumán

La provincia de Tucumán se encuentra ubicada en el sector noroeste de la República Argentina y posee una superficie de 22.524 km² (IGM, 1997) con una población total en el año 2001 de 1.338.523 personas, de las cuales aproximadamente 179.000 son población rural (INDEC, 2003) (Figura 1). Desde el punto de vista fitogeográfico, la provincia de Tucumán posee formaciones boscosas correspondientes a las regiones del Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana y Monte (Parodi, 1964; Ragonese, 1967; Cabrera, 1976) (Figura 1).

La región del Parque Chaqueño comprende las llanuras del Este de la provincia y una importante extensión de Chaco Serrano en el valle de Trancas. Entre las principales especies forestales de esta formación pueden nombrarse *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol*, y *Prosopis* spp.

Los bosques de la región Selva Tucumano Boliviana se ubican en los faldeos de las sierras entre los 400 y 2.000 msnm. En esta provincia, este tipo de formación boscosa se encuentra en la Sierra de Aconquija, principal cordón montañoso de la provincia como así también en las Cumbres Calchaquies en el Noroeste y las Sierras de los Campos y Medina en el Noreste. La vegetación responde a un gradiente altitudinal, asociado a su vez con diferencias en los niveles de precipitación. Es así que se diferencian pisos altitudinales con distinta composición de especies (para descripción de los pisos altitudinales ver Cabrera, 1976; Brown, 1995; Brown et al., 2001). Algunas de las especies forestales de importancia son *Cedrela lilloi*, *Juglans australis*, *Alnus acuminata*, *Anadenanthera colubrina*, *Blepharocalyx gigantea*, *Phoebe porphyria*, *Myrcianthes pungens*, *Podocarpus parlatorei*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Tipuana tipu*, *Pisonia zapallo*, *Tabebuia avellanadae*, *Patagonula americana*, *Jacaranda mimosifolia*, *Myroxylon peruiferum*, entre otras.

Por último, la región del Monte se extiende en sentido Norte-Sur en el área de los Valles Calchaquies y es atravesada en gran parte por el trazado de la Ruta Nacional N° 40. En esta región se localizan las poblaciones de Colalao del Valle y Amaicha del Valle. La vegetación en general corresponde a pastizales y arbustales de jarilla (*Larrea* spp.) con algunos bosques de *Prosopis* spp. y *Salix humboldtiana* en los bordes de salinas y márgenes de ríos.

La producción agrícola de la provincia se encuentra concentrada en el pedemonte húmedo de la Selva Tucumano Boliviana y se extiende por las llanuras hacia el este dentro de la región del Parque Chaqueño. En el valle de Trancas, la superficie agrícola es limitada y se asocia a las zonas cercanas a los ríos y las rutas. La principal producción agrícola y tradicional de la provincia de Tucumán es la caña de azúcar que en el año 2001 fue cultivada en 170.000 ha. También son importantes los cultivos de trigo y soja, a cuyas producciones se les destinó 140.000 y 200.000 ha respectivamente. En cuanto a la producción de frutales se destaca la del limón con 30.000 ha implantadas, principalmente en el pedemonte húmedo de la Selva Tucumano Boliviana (CNA, 2004).

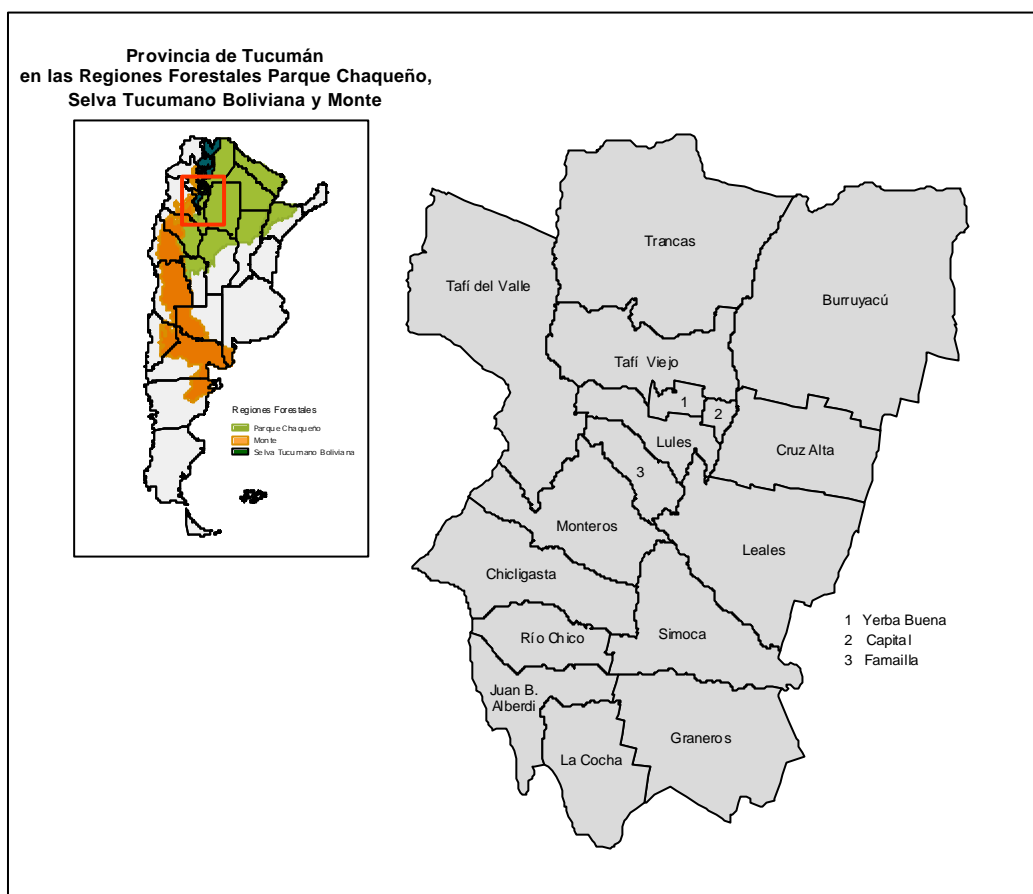


Figura 1. Mapa con división política administrativa de la provincia de Tucumán y las regiones forestales presentes en la misma.

3. Metodología

La Dirección de Bosques confeccionó la presente actualización utilizando como información de base los contenidos publicados en “Superficie y Cartografía de Bosque Nativo de Argentina” (UMSEF, 2002) y una nueva serie de imágenes satelitales.

Los resultados que se obtienen a partir de dicha actualización permiten obtener nuevos datos de superficie de tierras forestales, bosques rurales, otras tierras forestales y otras tierras (año 2002) y conocer a su vez, la pérdida de superficie boscosa durante el período 1998-2002 y el nivel de fragmentación.

3.1 Definiciones de las categorías principales

Las distintas categorías se basaron principalmente en la cobertura de copas, continuidad y características fisonómicas. Se utilizó la clasificación propuesta por la FAO mediante el FRA 2000 (Evaluación de los Recursos Forestales al Año 2000) adaptada a las características y particularidades de la Argentina, definiéndose los siguientes tipos de coberturas de la tierra:

Clase de cobertura de la tierra	Definición
Tierras forestales	Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 20 por ciento del área y una superficie superior a 10 hectáreas (ha). Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 7 metros (m) a su madurez <i>in situ</i> . Puede consistir en formaciones forestales cerradas, donde árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno.
Otras tierras forestales	Tierras donde la cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) tiene entre 5 y 20 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> , o tierras con una cubierta de copa de más del 20 por ciento (o su grado de espesura equivalente) en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 7 m a su madurez <i>in situ</i> (por ej. árboles enanos o achicados); o aquellas donde la cubierta arbustiva abarca más del 20 por ciento.
Bosques rurales	Remanentes de bosque natural en un paisaje agrícola, menores a 1000 hectáreas.
Otras tierras	Tierras no clasificadas como forestales u otras tierras forestales (especificadas más arriba). Incluye tierras agrícolas, praderas naturales y artificiales, terrenos con construcciones, tierras improductivas, etc.

3.2 Fuentes de información

3.2.1 Imágenes satelitales

En la tabla 1 se detallan las imágenes satelitales empleadas en la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo (Diciembre 2002) y las utilizadas para el presente trabajo en la provincia de Tucumán, indicando tipo de imagen y fechas de adquisición.

Estudio	Sistema	Path	Row	Fecha
Cartografía y Superficie de Bosque Nativo (Diciembre 2002)	LANDSAT 5 TM	230	078	27/04/1997
		230	079	27/04/1997
		231	078	23/05/1998
		231	079	12/09/1999
Mapa Forestal Pcia. de Tucumán Actualización Año 2002	LANDSAT 7 ETM	230	078	20/06/2002
		230	079	04/07/2001 – 11/01/02
		231	078	13/07/2002
		231	079	13/07/2002

Tabla 1. Imágenes satelitales utilizadas correspondientes a la provincia de Tucumán.

En la figura 2 se puede observar la ubicación de cada una de las distintas imágenes Landsat 5 TM y 7 ETM antes mencionadas.

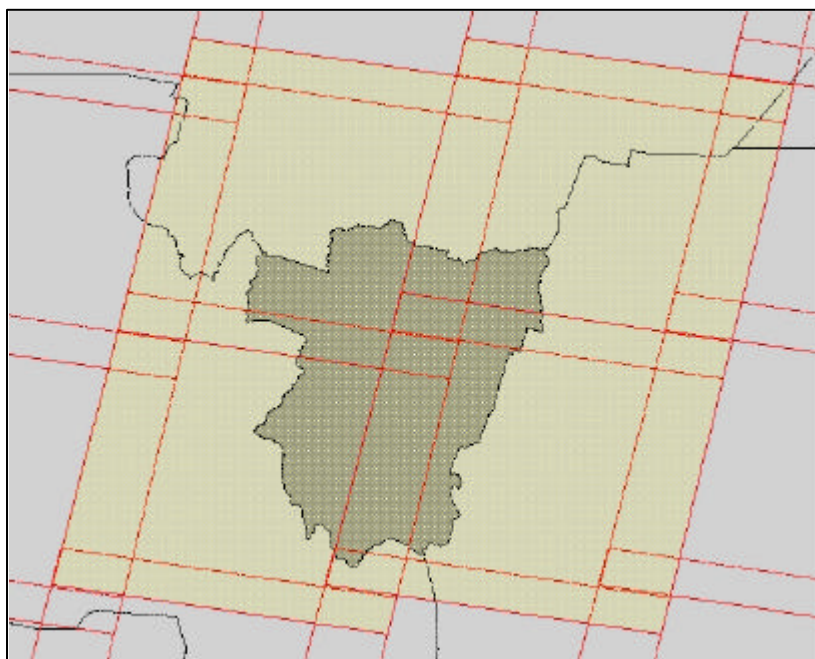


Figura 2. Imágenes satelitales correspondientes a la provincia de Tucumán.

3.2.2 Cartografía de Base

En la figura 3 se indican las cartas digitales del Instituto Geográfico Militar en escala 1:250000 (SIG 250) utilizadas para la elaboración de la cartografía y ubicación en el área de estudio.

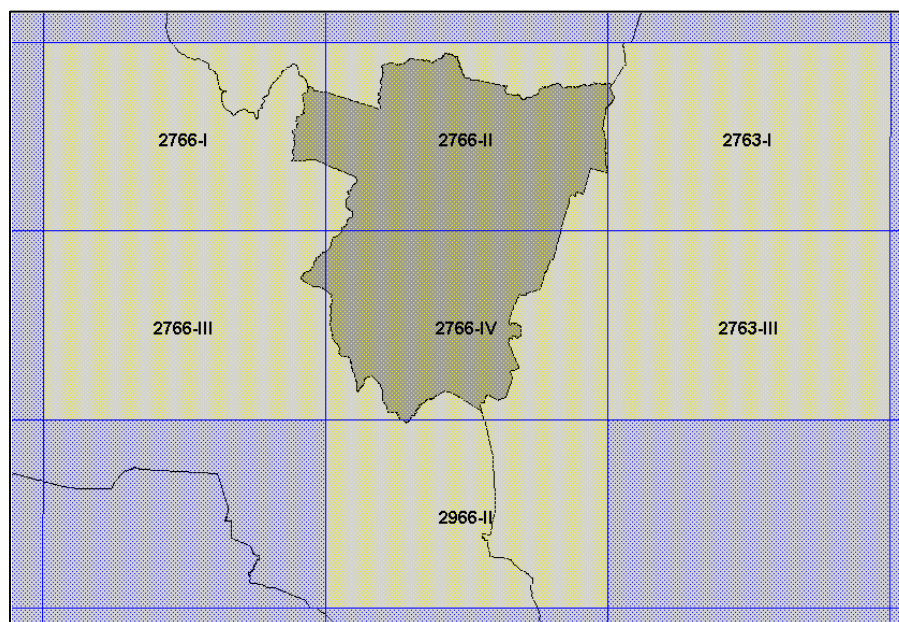


Figura 3. Cartas del Instituto Geográfico Militar – escala 1:250000 (SIG 250) correspondientes a la provincia de Tucumán.

3.3 Procesamiento de datos satelitales, generación de cartografía temática y cálculo de superficie

En primer término, se procedió al preprocesamiento de las imágenes satelitales, se importaron y georreferenciaron las imágenes Landsat 7 ETM seleccionadas para la Actualización de la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de la provincia de Tucumán (Tabla 1), en el sistema de proyección conforme Gauss Krüger, en la faja correspondiente y Datum WGS 84. Luego se corregistraron las imágenes Landsat 5 TM utilizadas para la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo (Dirección de Bosques, 2002) utilizando como referencia la serie de imágenes Landsat 7 ETM georreferenciadas previamente.

En una segunda etapa, se procedió a la actualización de la cobertura de bosque nativo correspondiente a la provincia de Tucumán, previo ajuste de la misma a las imágenes Landsat 7 ETM y su revisión. La actualización de la cobertura se realizó mediante la interpretación visual de las imágenes satelitales, a una escala aproximada de 1:50000, identificando los cambios de uso de la tierra (áreas deforestadas, regeneradas o degradadas).

El procedimiento de interpretación visual es apropiado para la detección de cambios, tales como la deforestación y fragmentación, ya que el reemplazo de bosque por tierras agrícolas representa cambios en los valores espectrales de las imágenes como así también formas características que favorecen su identificación.

En la figura 4, se pueden observar ejemplos de los procesos de regeneración, degradación, deforestación y fragmentación al comparar imágenes satelitales en falso color compuesto de las dos fechas analizadas con una combinación de bandas RGB 453. En sitios identificados como Otras tierras forestales u Otras tierras en el año 1998 (de tonalidades verdes claras y rojizas) se evidencia un proceso de regeneración en el año 2002 caracterizado por la presencia de tonos pardo rojizos o verde oscuros correspondientes a la vegetación arbórea. La degradación generalmente se caracteriza por un cambio de tonalidad (disminuyendo las tonalidades pardo rojizos o verde oscuras) y de textura (aparición de tonalidades verdes claras o celestes correspondientes a pastizales o suelo desnudo dentro de los manchones de bosque). La deforestación se caracteriza por el reemplazo de zonas con tonalidades pardo rojizas o verde oscuras (bosques) a tonalidades celestes (suelo desnudo) o verdosas y/o anaranjadas (pasturas o cultivos) que en la mayoría de los casos presentan formas geométricas que responden a prácticas de desmontes sistemáticos. La fragmentación se evidencia en las imágenes satelitales como manchones o “islas” de bosques en medio de un paisaje agrícola en el año 2002, mientras que en 1998, dichos manchones de bosques pertenecían a una masa boscosa de grandes dimensiones (mayores a 1000 ha).

En último término, se confeccionó el mapa forestal, integrando la cobertura correspondiente a las distintas categorías de uso de la tierra con aquellas correspondientes a la cartografía sistemática del país SIG 250 del Instituto Geográfico Militar (IGM) y se re proyectaron los datos integrados a coordenadas planas (Proyección Conforme Gauss-Krüger - Meridiano Central 65° 30'W - Datum WGS 84). Se calculó la superficie de los diferentes estratos en su faja correspondiente.

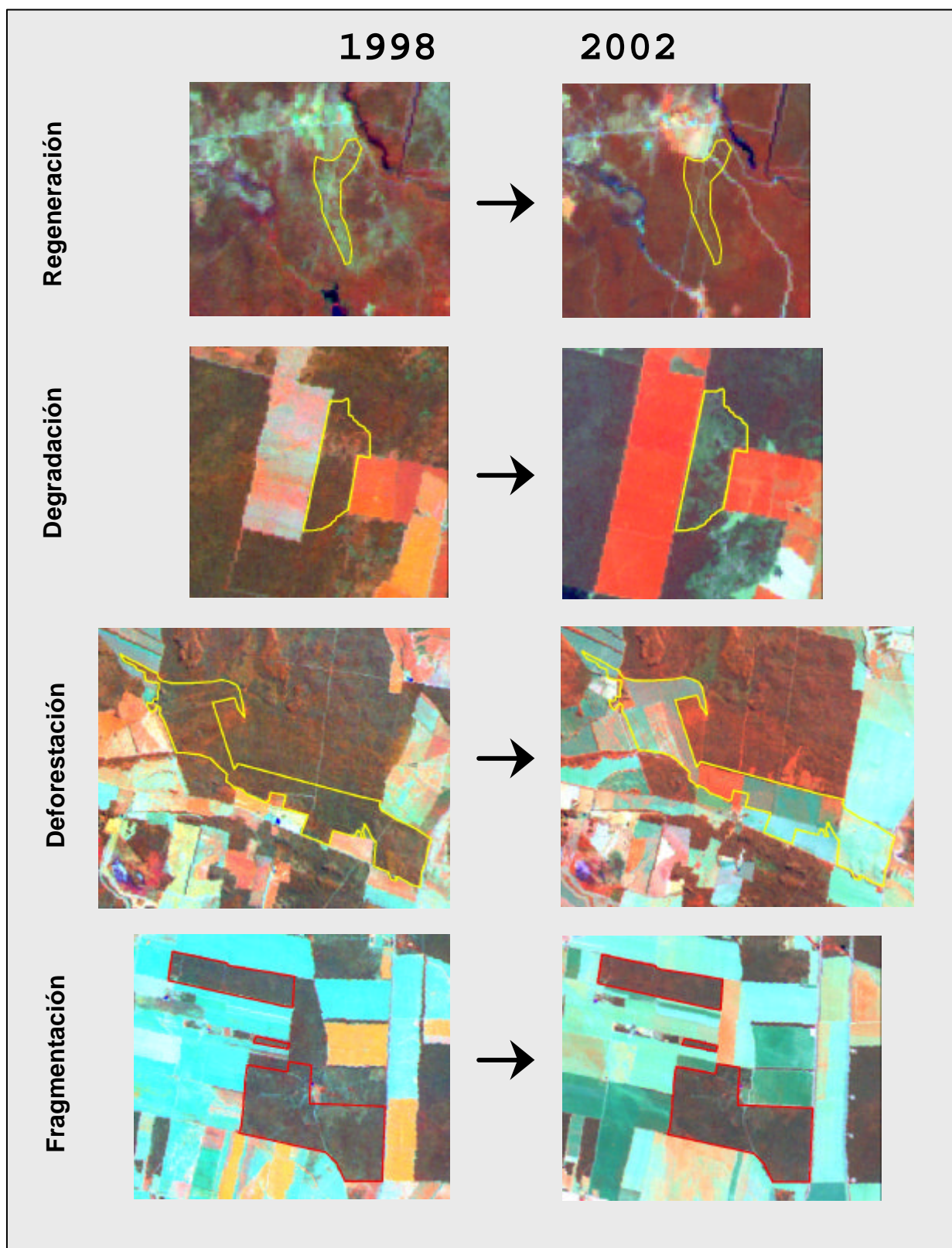


Figura 4. Recortes de imágenes Landsat en falso color compuesto (R4G5B3) ejemplificando la detección de cambios correspondiente a los procesos de regeneración, degradación, deforestación y fragmentación.

3.4 Cálculo de la tasa anual de deforestación

La deforestación es uno de los problemas ambientales más importantes a escala global, lo que ha llevado a que se realicen numerosos esfuerzos para cuantificarla. En este trabajo se cuantificó la deforestación a través de la Tasa Anual de Deforestación, que es un indicador de la magnitud de dicho proceso, que no considera otros tipos de cambio en la cobertura forestal, como la regeneración, la fragmentación de bosques y otros. Debido a ello, se calculó en esta ocasión este índice en lugar de la “Tasa Anual de Cambio de la Cobertura Forestal” que también suele ser empleado.

La Tasa Anual de Deforestación ha sido utilizada en numerosas oportunidades para analizar los cambios de cobertura forestal, sin embargo, las diferencias en la escala de análisis, los períodos de tiempo considerados y los procedimientos aplicados no siempre permiten que los resultados de distintos estudios sean comparables.

Una de las formas más intuitivas y comunes de expresar la deforestación es como la proporción (en %) de la superficie de bosque presente al inicio del período que continúa siendo bosque al final del período analizado. Esta expresión de la deforestación tiene el inconveniente de ser un valor relativo, arbitrariamente relacionado con la superficie inicial, lo que limita seriamente las posibilidades de comparación entre estudios. Otra forma de expresar la deforestación, es como una proporción de la superficie total del área de análisis, corresponda o no a superficies de bosque (por ejemplo el % deforestado de la superficie total de una provincia) (Steininger et al., 2001). Esta forma de expresión tiene el mismo problema que la anterior al ser una proporción de una superficie definida arbitrariamente que puede corresponder a límites políticos u otro criterio.

Existe un grupo de algoritmos utilizados para el cálculo de la tasa de la deforestación que se relacionan con la fórmula de Interés Compuesto. Puyravaud (2003) realiza un análisis de este grupo de fórmulas. Por su parte, la FAO utiliza la siguiente fórmula:

$$q = \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{1/(t_2 - t_1)} - 1 \quad (1)$$

Donde

A_1 : superficie de bosque al inicio del período

A_2 : superficie de bosque al final del período

t_1 : año de inicio del período

t_2 : año final del período

En la expresión (1) q sería equivalente a la tasa de interés utilizada en los cálculos financieros, aunque es una forma particular de la expresión general dada por la fórmula (2) que es equivalente al cálculo del capital futuro reemplazando A_2 por el capital al final del período y A_1 por el capital inicial.

$$A_2 = (A_1 + q)^t \quad (2)$$

Cuando el tiempo se considera continuo, el interés debe ser agregado de manera continua y la fórmula (2) se puede expresar como:

$$A_2 = A_1 e^{rt} \quad (3)$$

La fórmula (3) es la expresión de interés compuesto y r es la tasa. Para el procedimiento práctico de cálculo de r , el mismo autor propone el siguiente algoritmo:

$$r = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{A_2}{A_1} \quad (4)$$

La fórmula (4) será la utilizada por la UMSEF para el cálculo de la tasa anual de deforestación puesto que esta fórmula tiene un significado matemático y biológico. Por otra parte, a diferencia de las otras formas de cálculo, r no subestima la tasa anual de deforestación cuando los cambios son muy grandes y acelerados.

En la figura 5 se observa el comportamiento de r y q utilizando una superficie arbitraria de 2000 unidades a la cual se le descuentan 100 unidades por período. Se calcularon los valores aplicando períodos de una unidad y de cinco unidades de tiempo. En ellos se puede observar que r tiende a ser mayor que q a medida que la superficie original se agota.

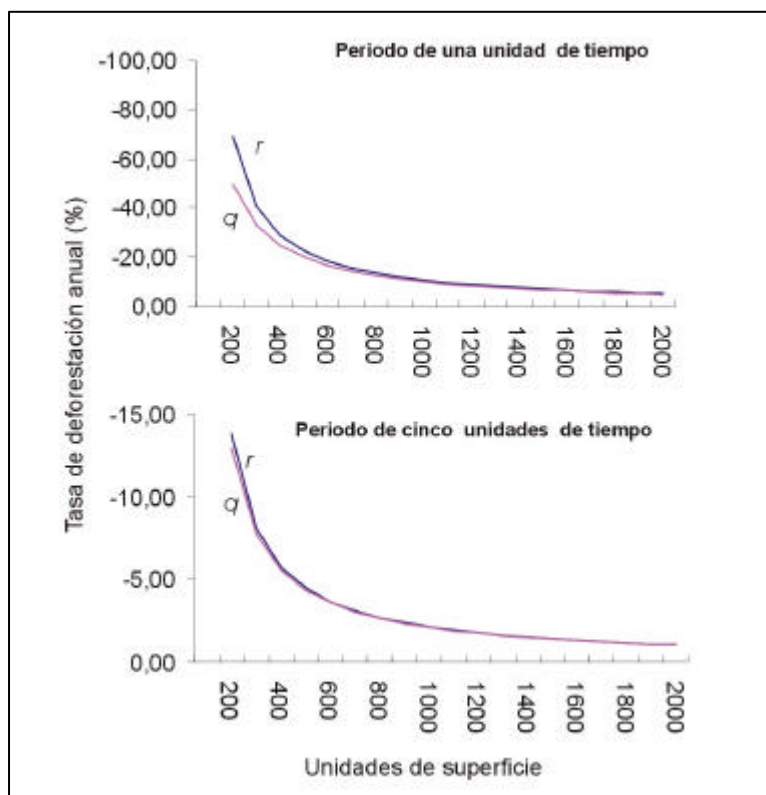


Figura 5. Comportamiento de q y r para distinta duración de períodos (1 y 5 unidades de tiempo) aplicando una pérdida constante de 100 unidades de superficie por período.

4. Resultados

4.1 Superficie de Bosque Nativo – Período 1998-2002

En la tabla 2 se muestran los datos obtenidos a partir de la Actualización de la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de la provincia de Tucumán.

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación ¹ 1998-2002	
Tierras forestales	738.034	742.115	Deforestación	-11.097
			Fragmentación	-1.803
			Regeneración	+180
			Degradación	-758
			Rectificación	+15.382
			Edición	+2.177
Bosques rurales	54.954	55.519	Deforestación	-11.074
			Fragmentación	+1.803
			Regeneración	0
			Degradación	-175
			Rectificación	+10.791
			Edición	-780
Otras tierras forestales	143.025	107.820	OTF a OT***	-3.886
			Recuperación	+556
			Regeneración	-180
			Degradación	+933
			Rectificación	-31.294
			Edición	-1.334
Otras tierras	1.086.318	1.116.877	Deforestación	+22.171
			OTF a OT	+3.886
			Regeneración	0
			Recuperación	-556
			Rectificación	+5.121
			Edición	-63

* La cartografía y superficie de bosque nativo de Argentina presentada en diciembre 2002 se realizó con imágenes satelitales, principalmente del año 1998.

** Actualmente se está llevando a cabo la actualización de la cartografía y superficie de bosque nativo de Argentina con imágenes satelitales, principalmente del año 2002. En esta etapa, se ha finalizado la provincia de Salta (Febrero 2004).

*** OTF a OT = Otras tierras forestales a Otras tierras.

¹ Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

La deforestación en la Provincia de Tucumán, entre los años 1998 y 2002, es de 22.171 hectáreas (siendo de 20.865 y 1.306 hectáreas para Parque Chaqueño y Selva Tucumano Boliviana respectivamente).

Como resultado de la deforestación en la provincia, el bosque nativo ha disminuido. También a causa de la deforestación, entre 1998 y 2002, hay áreas de **Tierras forestales** que se han fragmentado no superando la superficie mínima para ser considerados en esta categoría y por lo tanto, han pasado a la categoría **Bosques rurales**.

En la tabla 3 se muestran los datos obtenidos para la región Parque Chaqueño y en la tabla 4 los de la región Selva Tucumano Boliviana obtenidos a partir de la Actualización de la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de la provincia de Tucumán.

**Tabla 3. Provincia de Tucumán – Superficie de Bosque Nativo (ha)
Región Parque Chaqueño**

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación ² 1998-2002	
Tierras forestales	197.579	200.998	Deforestación	-10.205
			Fragmentación	-1.792
			Regeneración	+180
			Degradación	-758
			Rectificación	+16.866
			Edición	+872
Bosques rurales	52.702	53.194	Deforestación	-10.660
			Fragmentación	+1.792
			Regeneración	0
			Degradación	-175
			Rectificación	+10.410
			Edición	-875
Otras tierras forestales	132.642	97.229	OTF a OT***	-3.886
			Recuperación	+556
			Regeneración	-180
			Degradación	+933
			Rectificación	-31.540
			Edición	-1.296
Otras tierras	737.820	769.322	Deforestación	+20.865
			OTF a OT	+3.886
			Regeneración	0
			Recuperación	-556
			Rectificación	+4.264
			Edición	+3.043

* ver Tabla 2

** ver Tabla 2

² Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

**Tabla 4. Provincia de Tucumán – Superficie de Bosque Nativo (ha)
Región Selva Tucumano-Boliviana**

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación ³ 1998-2002	
Tierras forestales	540.455	541.117	Deforestación	-892
			Fragmentación	-11
			Regeneración	0
			Degradación	0
			Rectificación	-1.484
			Edición	+3.049
Bosques rurales	2.252	2.325	Deforestación	-414
			Fragmentación	+11
			Regeneración	0
			Degradación	0
			Rectificación	+381
			Edición	+95
Otras tierras forestales	10.383	10.591	OTF a OT***	0
			Recuperación	0
			Regeneración	0
			Degradación	0
			Rectificación	+246
			Edición	-38
Otras tierras	348.498	347.555	Deforestación	+1.306
			OTF a OT	0
			Regeneración	0
			Recuperación	0
			Rectificación	+857
			Edición	-3.106

* ver Tabla 2

** ver Tabla 2

La mayoría de las áreas deforestadas pertenecen a la región Parque Chaqueño y están localizadas en el noreste de la provincia siendo el departamento más afectado el de Burruyacu seguido por los departamentos de Trancas y Leales (Figura 6, Tabla 5 y Figura 7).

³ Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

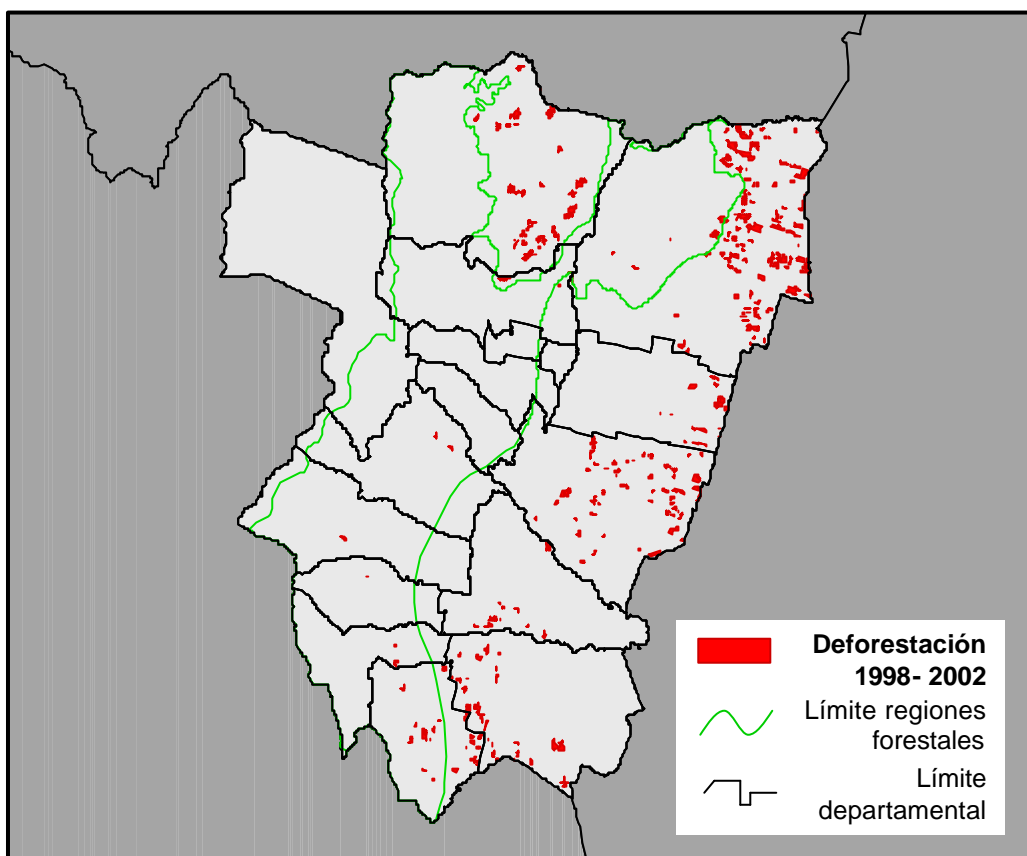


Figura 6. Deforestación durante el período 1998 – 2002 en la provincia de Tucumán.

Departamento	Superficie deforestada (ha)
Burruyacu	10.116
Trancas	3.464
Leales	3.297
Graneros	1.977
La Cocha	1.309
Cruz Alta	1.139
Simoca	514
Tafi Viejo	146
Monteros	76
Juan B. Alberdi	65
Chicligasta	51
Rio Chico	17

Tabla 5. Superficie deforestada durante el período 1998 - 2002 de los distintos departamentos que componen la provincia de Tucumán.



Figura 7. Deforestación en el Noreste de la provincia de Tucumán. Foto: E. Manghi (2004).

4.2. Tasa anual de deforestación - Período 1998-2002

La tasa anual de deforestación correspondiente a la provincia de Tucumán es:

$$r = - 0.68 \%$$

El valor calculado para la provincia es el triple que el calculado para todo el mundo en el período 1990-2000 que fue de -0.23 (Puyravaud, 2003) lo que indica que la tasa de deforestación de la provincia de Tucumán se encuentra por encima del promedio mundial (Tabla 6). Es importante señalar que si bien en Tucumán la deforestación (22.171 ha) es menor a la observado para otras provincias como Santiago del Estero o Salta (306.055 y 194.389 ha respectivamente), el área deforestada representa una alta proporción de la superficie de bosque nativo de la provincia.

Antes se mencionó que la deforestación es un proceso con una alta variación espacial y responde a la combinación de factores socio-económicos y naturales que determinan la forma en que se produce, esto se puede observar al comparar los valores de r para las dos regiones forestales que se encuentran representadas en la provincia de Tucumán:

$$\begin{aligned} r \text{ de Parque Chaqueño} &= - 1.97 \% \\ r \text{ de Selva Tucumano Boliviana} &= - 0.06 \% \end{aligned}$$

Los resultados muestran que en el Parque Chaqueño la tasa anual de pérdida de cobertura boscosa es la más alta obtenida hasta el momento comparada con otras provincias argentinas y zonas forestales del mundo (Tabla 6).

Si bien las superficies deforestadas y la tasa de deforestación en la Selva Tucumano Boliviana son bajas, el proceso de deforestación se concentra particularmente en las selvas pedemontanas donde la provincia de Tucumán tiene una larga historia de transformación de los bosques por agricultura. De esta manera, son escasos los remanentes de bosque en suelos aptos para agricultura.

Tabla 6. Valores comparativos de r

Lugar	Período	r (% anual)
El mundo (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0.23
África (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0.78
Tierras Bajas, Bolivia (Steininger et al., 2001)	1975-1998	-2.81
Selva Lacandona (Mendoza y Dirso, 1999)	1974-1991	-1.57
Provincia del Chaco (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0.57
Provincia de Salta (UMSEF, 2004)	1998-2002	-0.69
Selva Tucumano Boliviana (Provincia de Salta) (UMSEF 2004)	1998-2002	-0.45
Parque Chaqueño (Provincia de Salta) (UMSEF 2004)	1998-2002	-0.81
Provincia de Santiago del Estero – Parque Chaqueño (UMSEF, 2004)	1998-2002	-1.18
Provincia de Tucumán (UMSEF, 2004)	1998-2002	-0.68

5. Discusión y Conclusiones

La tasa de deforestación de la provincia de Tucumán se encuentra por encima del promedio mundial. Las áreas con mejor aptitud para uso agrícola ya han sido transformadas hace tiempo, sin embargo, la aparición de otras producciones parecen incentivar nuevos pulsos de deforestación como el caso de la soja que promueve la transformación en áreas antes consideradas marginales por falta de precipitaciones.

En la provincia de Tucumán son particularmente importantes los procesos de pérdida de superficie de bosque del Parque Chaqueño como consecuencia del avance de la frontera agropecuaria dada su escasa superficie boscosa. La **deforestación** y la **fragmentación** de este tipo bosque tienen importante significado puesto que con ellos aumenta la probabilidad de que se inicien procesos de desertificación. A su vez, los bosques de esta región forestal se encuentran altamente fragmentados, localizándose la mayor superficie continua en el valle de Trancas.

En cuanto a la Selva Tucumano Boliviana, la superficie boscosa prácticamente no ha variado en el período analizado, mostrando una tasa anual de deforestación baja puesto que los bosques se encuentran restringidos a las áreas de montaña. Sin embargo, la producción de frutales y la forestación con exóticas pueden desarrollarse en sitios con pendiente hoy ocupados por bosques siendo una inminente amenaza de este ecosistema.

Además de la deforestación, los bosques nativos sufren otro proceso negativo que, aunque no los hace desaparecer completamente como el primero, les provoca un deterioro y un empobrecimiento que conducen casi inexorablemente a su desaparición. Este proceso es la **degradación** y cabe mencionar que su magnitud no está contemplada en la tasa anual de deforestación calculada y que los valores observados en las tablas 2, 3 y 4 fueron estimados solamente mediante interpretación visual sin contar con la verificación a campo necesaria. Si bien esta metodología permite determinar claramente las superficies deforestadas, la identificación de las áreas que fueron degradadas no siempre es tan evidente ya que en este caso el cambio suele ser gradual y muchos bosques en donde se realiza una extracción selectiva de los ejemplares de alto valor económico, continúan observándose en las imágenes como Tierras forestales.

Futuros puntos a considerar para profundizar el análisis son:

- Discriminar los tipos forestales para luego analizar si alguna de las comunidades vegetales esta siendo más afectada que otras por la expansión agrícola.
- Desarrollar métodos de clasificación de imágenes satelitales que permitan estimar la degradación de los bosques ya que la interpretación visual presenta limitantes al respecto y constituye un proceso de aparente relevancia en la provincia.
- Cuantificar la fragmentación de los ecosistemas forestales, que luego serán utilizados en conjunto con los datos de superficie total de bosque, superficie deforestada y valor de r como indicadores de la situación de los bosques nativos.

- Analizar la relación de la deforestación y la estructura del paisaje forestal con factores socioeconómicos como pueden ser la estructura de tenencia de la tierra, población, rendimiento de los cultivos agrícolas, legislación, etc. El análisis no sólo debe ser conceptual sino que se debe explorar la posibilidad de estudiar mediante técnicas estadísticas las relaciones entre los factores.
- Investigar metodologías para mejorar la interpretación de la clase Otras tierras forestales, donde se han encontrado dificultades para la interpretación de los elementos que la integran. Cabe añadir que esta clase incluye una cobertura boscosa con diferentes grados de alteración y posibilidades de recuperación, desde arbustales (fachinal) sin capacidad de regeneración hasta bosques altamente degradados con alto porcentaje de regeneración, los cuales a través de un manejo adecuado podrían pertenecer en un futuro, a la categoría Tierras Forestales.

Glosario

Año 1998 – Oficial: Datos de superficie publicados en Diciembre 2002 (sistema de proyección conforme Gauss Krüger - Datum Campo Inchauspe).

Año 2002: Datos de superficie obtenidos a partir de la actualización del archivo oficial - versión 2003- sobre la base de las nuevas imágenes satelitales, utilizando el sistema de proyección conforme Gauss Krüger, en la faja correspondiente y Datum WGS 84.

Bosque Nativo: comprende las clases Tierras forestales y Bosques rurales.

Deforestación: Pérdida de tierras forestales o bosques rurales (bosque nativo) debido al avance de la frontera agropecuaria y/o crecimiento urbano.

Degradación: Proceso de transformación de un bosque que por pérdida de biomasa resulta en un bosque empobrecido que no posee la misma estructura, composición, función o productividad, y que por lo tanto provee una cantidad reducida de bienes y servicios y alberga una diversidad de especies menor.

Fragmentación: Modificación de la estructura natural del paisaje que generalmente implica la pérdida de continuidad espacial de los ambientes. En este trabajo significa la subdivisión de superficies de tierras forestales mayores a 1000 ha. en unidades de superficie menores a la antes señalada.

Otras tierras forestales a Otras tierras: Pérdida de otras tierras forestales debido al avance de la frontera agrícola y/o crecimiento urbano.

Recuperación: Primera etapa sucesional en áreas disturbadas con la consecuente aparición de especies herbáceas y arbustivas.

Regeneración: Restablecimiento del bosque en áreas disturbadas a partir de un proceso de sucesión natural debido al abandono de la agricultura y/o la ausencia de eventos como fuegos, excesiva carga de ganado y/o extracción de madera.

Rectificación: Modificación del etiquetado de los polígonos por cambios en la interpretación debido principalmente a 1) nueva serie de imágenes adquirida que implica el uso de un satélite y sensor diferentes Landsat 7 ETM, 2) utilización de diferentes fechas de imágenes satelitales invierno y verano, 3) muchas de las imágenes Landsat 5 TM antes utilizadas (seleccionadas por el Consorcio Argentino Canadiense, responsable de la ejecución del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos) presentaban nubes que impedían su interpretación, 4) cambios dados por la escala de trabajo, 5) nuevos datos y conocimientos de campo, 6) ajuste de polígonos a las nuevas imágenes georreferenciadas, moviendo los mismos o editando sus nodos, 7) ajuste al nuevo datum geográfico usado (WGS84 antes Campo Inchauspe) ya que tanto las nuevas imágenes adquiridas a CONAE como la cartografía del IGM utilizan este sistema de referencia.

Bibliografía

- Brown A.D. 1995. Las selvas de montaña del Noroeste de Argentina: problemas ambientales e importancia de su conservación. En A.D. Brown y H.R. Grau (eds.) Investigación, Conservación y Desarrollo en Selvas subtropicales de montaña. LIEY-Tucumán, Argentina.
- Brown, A.D.; Grau, H.R.; Malizia, L.R. & A. Grau. 2001. Argentina. En M. Kappelle & A.D. Brown (eds). *Bosques nublados del Neotrópico*. INBio. San José. Costa Rica, 623-643.
- Cabrera, A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. 2ª Edición. Tomo II. Fascículo I. Acme S.A.C.I., Buenos Aires. Argentina. 85 pp.
- CNA (Censo Nacional Agropecuario, 2001). 2004. Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Dirección de Bosques. Diciembre 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina. SAyDS.
- Emrich, A.; Pokorny, B. & C. Sepp. 2000. Importancia del manejo de los bosques secundarios para la política de desarrollo. ECO Society for Socio-Ecological Programme Consultancy.
- FAO. Evaluación de los Recursos Forestales al Año 2000.
- FAO, IPCC, IUFRO y CIFOR. 2003. Actas de la Segunda Reunión de Expertos sobre la armonización de definiciones relacionadas con la silvicultura para el uso de varias partes interesadas. Septiembre 2002. Anexo 3, pág. 83-86. Roma.
- Grau, A. 1985. La expansión del aliso del cerro (*Alnus acuminata* HBK ssp. *acuminata*) en el noroeste de Argentina. *Lilloa*, 36:237-247.
- Havrylenko, M.; Rosso, P.H.A. & S.B. Fontenla. 1989. *Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. *Bosques*, 10:29-36.
- INDEC. 2003. Resultados del Censo Nacional 2001.
- Mendoza, E. & R. Dirzo. 1999. Deforestation in Lacandonia (Southeast Mexico): evidence for the declaration of the northern most tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation*, 8:1621-1641.
- Parodi, L. 1964. Las regiones fitogeográficas argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2 (1). Editorial Acme S.A.C.I.. Buenos Aires. Argentina.
- Puyravaud, J.P. 2003. Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 117:593-596.

Ragonese, A. E. 1967. Vegetación y ganadería en la República Argentina. Colección Científica del INTA, 5. Buenos Aires. 218 pp.

Steininger, M.K.; Tucker, C.J.; Ersts, P.; Killen, T.J.; Villegas, Z. & S.B. Hecht. 2001. Clearance and fragmentation of tropical deciduous forest in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. *Conservation Biology*, 15:856-866.

Veblen, T.T. & V. Margraf. 1988. Steppe Expansion in Patagonia. *Quaternary Research*, 30:331-338.

Villalba, R.; Grau, H.R.; Boninsegna, J.A.; Jacoby, G.J. & A. Ripalta. 1998. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in Subtropical South America. *International Journal of Climatology*, 18:1463-1478.

Agradecimientos

Instituto de Astronomía y Física del Espacio – CONICET
Licenciada en Física, MSc. Haydée Karszenbaum