



República Argentina
Ministerio de Salud y Ambiente

Secretaría de Ambiente
y Desarrollo Sustentable



Dirección de Bosques



MAPA FORESTAL PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

Actualización Año 2002

Autores

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

Julio 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 la región de Parque Chaqueño.

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 "capuerras", 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 Santiago del Estero

La provincia de Santiago del Estero se encuentra ubicada en el sector noroeste de la República Argentina (Figura 1), y posee una superficie de 136.351 km² (IGM, 1997) con una población total en el año 2001 de 804.457 personas, de las cuales aproximadamente 270.000 son población rural (INDEC, 2003). Desde el punto de vista fitogeográfico, la provincia posee formaciones boscosas correspondientes a la región del Parque Chaqueño, principalmente de la subregión del Chaco Semiárido (Parodi, 1964; Ragonese, 1967; Cabrera, 1976; Red Agroforestal Chaco Argentina, 1999) (Figura 1). Las especies forestales más destacadas de esta formación son *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol*, *Bulnesia sarmientoi*, *Ceiba chodatii* y *Prosopis* spp. También se puede encontrar *Anadenanthera colubrina* en zonas húmedas como las Sierras de Guasayán.

Los principales cultivos de esta zona son los cereales, con una superficie cultivada de 220.000 ha, y las oleaginosas con una superficie cultivada de 400.000 ha de las cuales más del 90 % son para la producción de soja (CNA 2004). En las zonas con déficit hídrico se practica la ganadería extensiva existiendo en la provincia más de 1.000.000 de cabezas de ganado ovino, concentrados especialmente en los departamentos del sur (Mitre, Rivadavia y Aguirre) y aproximadamente 700.000 cabezas de ganado caprino (CNA 2004). En los últimos años, la producción de soja ha adquirido importancia en áreas antes consideradas marginales para la actividad agrícola, como en los departamentos del Este de la provincia (Alberdi, Moreno, Juan F. Ibarra y General Taboada). La actividad forestal es importante en la provincia, especialmente la relacionada con la producción de leña que en el año 2002 superó las 400.000 toneladas.

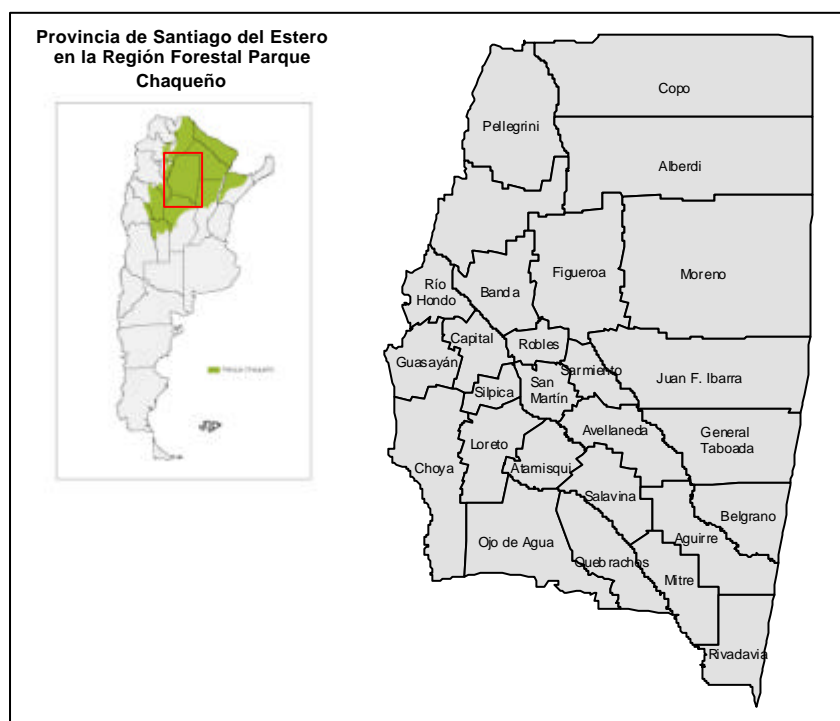


Figura 1. Mapa con división política administrativa de la provincia de Santiago del Estero indicando la región forestal a la que pertenece.

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 en el presente trabajo, indicando tipo de imagen y fechas de adquisición.

Estudio	Sistema	Path	Row	Fecha
Cartografía y Superficie de Bosque Nativo (Diciembre 2002)	LANDSAT 5 TM	228	078	26/01/98
		228	079	26/01/98
		228	080	18/05/98
		228	081	18/05/98
		229	078	02/02/98
		229	079	16/12/97
		229	080	26/06/98
		229	081	14/11/97
		230	078	27/04/97
		230	079	27/04/97
		230	080	08/01/98
Mapa Forestal Provincia de Santiago del Estero Actualización Año 2002	LANDSAT 7 ETM	228	078	09/08/02
		228	079	09/08/02
		228	080	13/01/02 – 08/07/02
		228	081	13/01/02 – 09/08/02
		229	078	28/07/01 – 09/03/02
		229	079	09/03/02 – 15/07/02
		229	080	09/03/02 – 15/07/02
		229	081	01/01/01 – 01/09/02
		230	078	11/01/02 – 20/06/02
		230	079	04/08/01 – 11/01/02
230	080	20/08/01 – 11/01/02		

Tabla 1. Imágenes satelitales utilizadas, correspondientes a la provincia de Santiago del Estero.

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

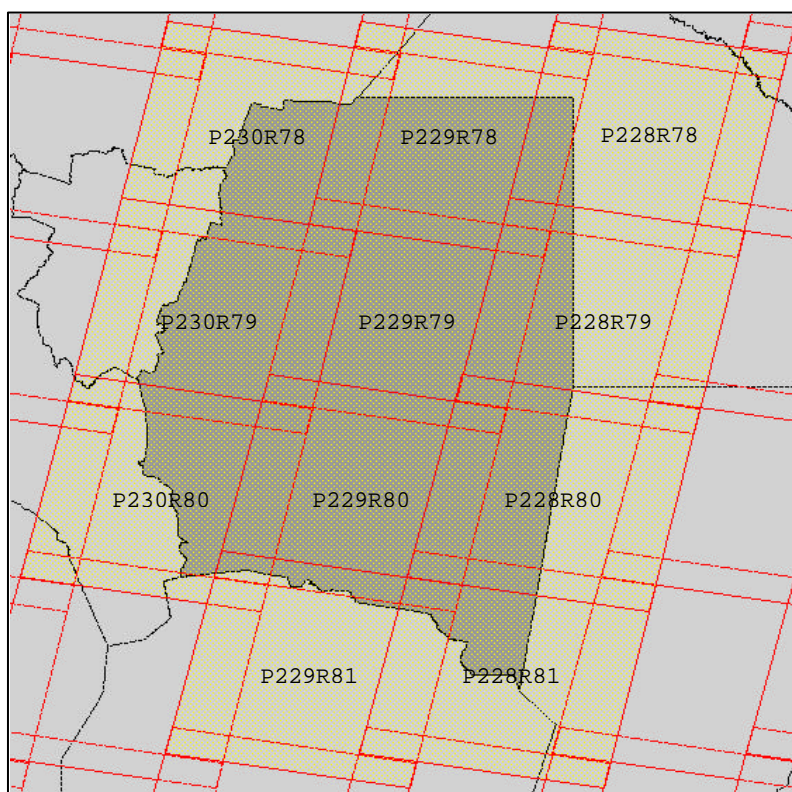


Figura 2. Imágenes satelitales correspondientes a la provincia de Santiago del Estero.

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.

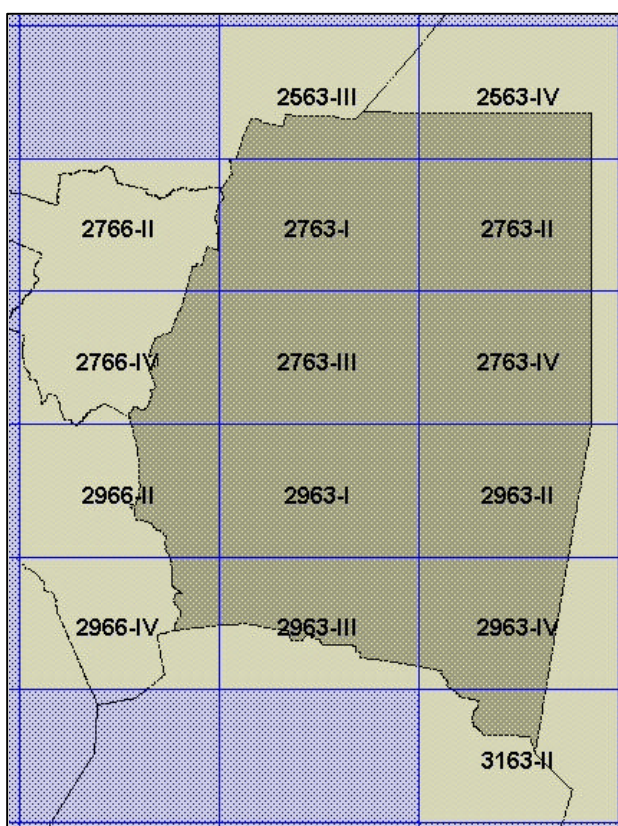


Figura 3. Cartas del Instituto Geográfico Militar –escala 1:250000 (SIG 250) correspondientes a la provincia de Santiago del

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 Santiago del Estero (Tabla 1), en el sistema de proyección conforme Gauss Krüger, en la faja correspondiente y Datum WGS 84. Luego se corrigieron 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 Santiago del Estero, 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 1:50.000, 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 contrastantes 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 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). 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.

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 63° W - Datum WGS 84). Se calculó la superficie de los diferentes estratos en su faja correspondiente.

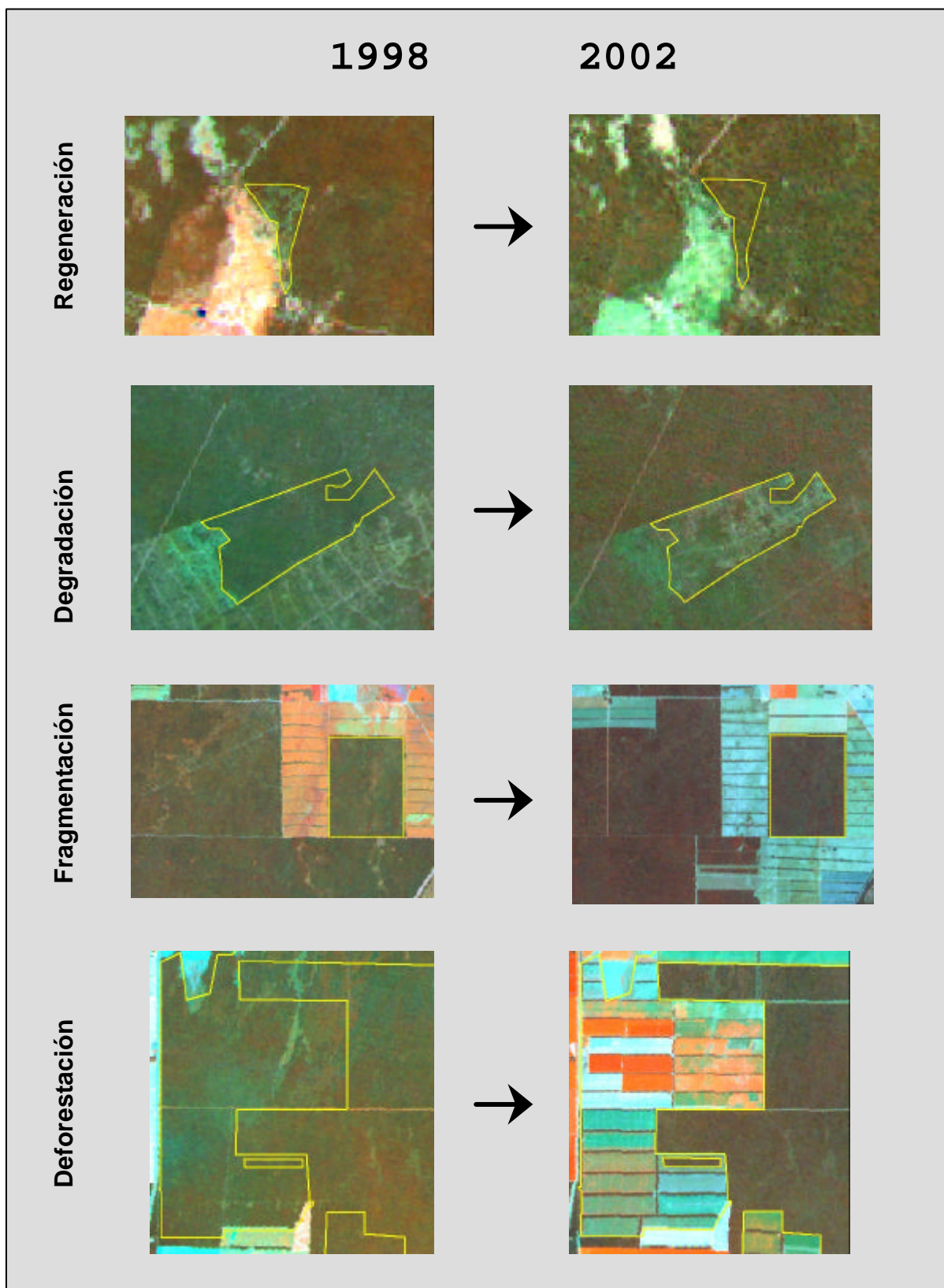


Figura 4. Recortes de imágenes Landsat en falso color compuesto (R4G5B3) ejemplificando la detección de cambios correspondiente a los procesos de regeneración, degradación, fragmentación y deforestación.

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 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.

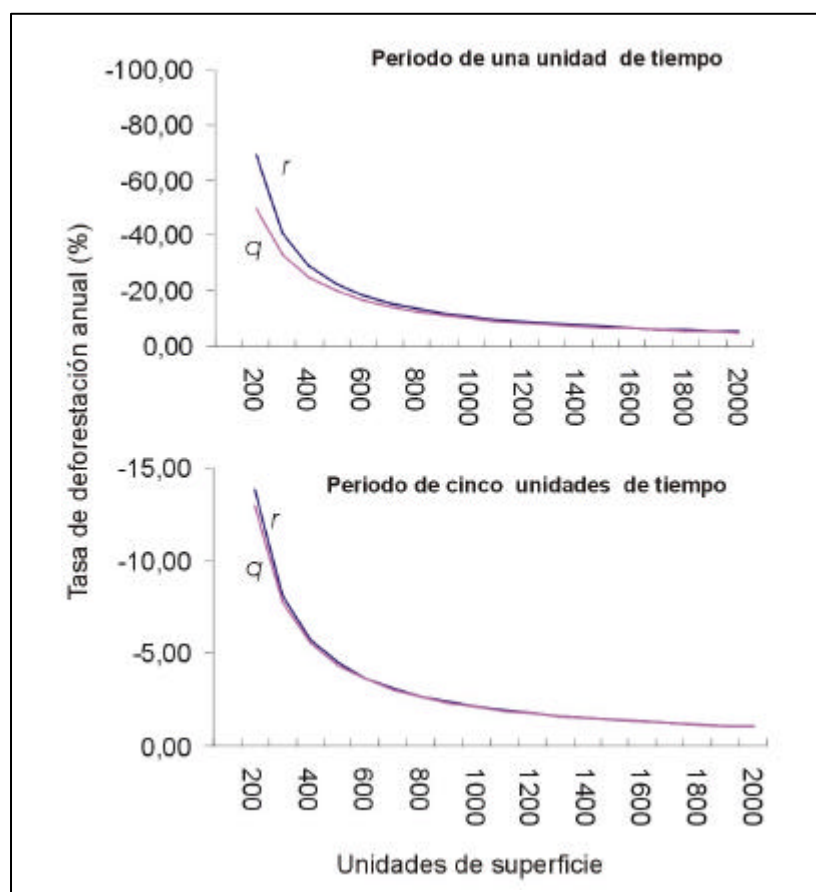


Figura 5. Comportamiento de q y r para distinta duración de períodos (1 y 5 unidades de tiempo) aplicando una pérdida constante de 100 unidades de superficie por período.

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 Santiago del Estero.

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación ¹ 1998-2002	
Tierras forestales	6.734.181	5.960.471	Deforestación	-276.259
			Fragmentación	-61.609
			Regeneración	+7.349
			Degradación	-116.266
			Rectificación	-311.684
			Edición	-15.241
Bosques rurales	177.303	233.365	Deforestación	-29.796
			Fragmentación	+61.609
			Regeneración	+2.227
			Degradación	-2.245
			Rectificación	+26.917
			Edición	-2.650
Otras tierras forestales	776.502	1.337.267	OTF a OT***	-53.407
			Recuperación	+40.438
			Regeneración	-8.986
			Degradación	+118.511
			Rectificación	+471.662
			Edición	-7.453
Otras tierras	6.043.683	6.175.126	Deforestación	+306.055
			OTF a OT	+53.407
			Regeneración	-590
			Recuperación	-40.438
			Rectificación	-186.895
			Edición	-96

* 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.

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

¹ Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

La deforestación en la provincia de Santiago del Estero, entre los años 1998 y 2002, es de 306.055 hectáreas

Como resultado de la deforestación en la provincia, los bosques nativos muestran una notoria disminución entre los años analizados. Además, a causa de este proceso, hay áreas de tierras forestales que se han fragmentado entre los años 1998 y 2002, y por lo tanto han pasado a la categoría de **Bosques rurales**, representando aproximadamente unas 60.000 ha.

Es importante destacar que alrededor de unas 120.000 ha de bosque nativo sufrieron procesos de degradación en esta provincia.

La mayoría de las áreas desmontadas están localizadas en la zona este de la provincia siendo los departamentos más afectados los de Moreno, General Taboada y Alberdi (Figura 6 y Tabla 3). A su vez, se observa una tendencia entre la proporción de superficie deforestada y la disponibilidad hídrica en las distintas áreas de la provincia de Santiago del Estero, siendo mayor cuanto mayor es el nivel de precipitaciones (Figura 6 y Figura 7).

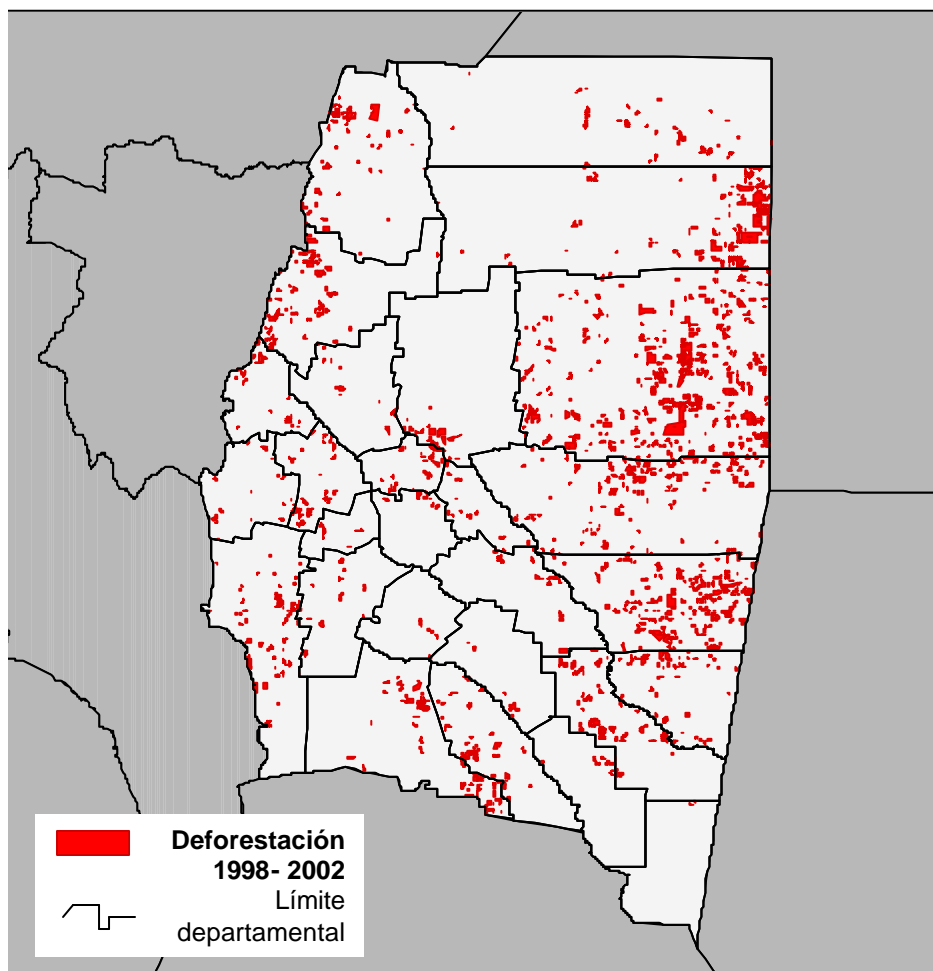
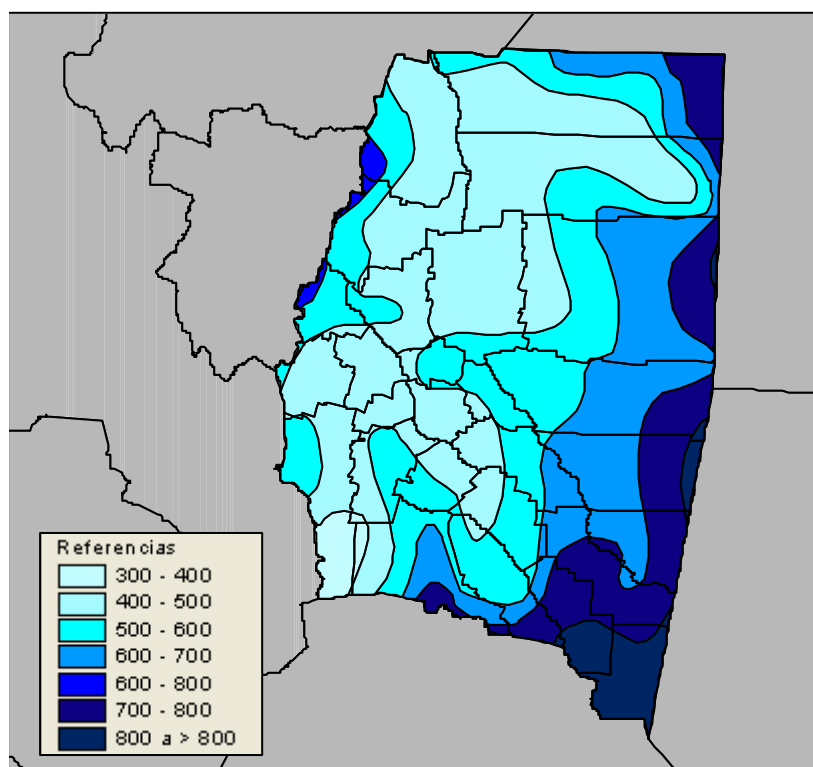


Figura 6. Deforestación durante el período 1998 – 2002 en la provincia de Santiago del Estero.

Departamento	Superficie deforestada (ha)	Departamento	Superficie deforestada (ha)
Moreno	91.712	Río Hondo	3.417
General Taboada	38.802	Banda	2.291
Alberdi	37.118	Loreto	2.122
Juan F. Ibarra	21.101	Guasayán	1.851
Ojo de Agua	14.923	Mitre	1.811
Jiménez	13.943	Sarmiento	1.613
Pellegrini	12.958	Salavina	1.507
Aguirre	11.630	San Martín	1.457
Choya	8.580	Silipica	873
Belgrano	7.735	Atamisqui	780
Quebrachos	6.675	Rivadavia	74
Figueroa	6.388		
Copo	4.874		
Avellaneda	4.277		
Capital	3.782		
Robles	3.761		

Tabla 3.
Superficie deforestada durante el período 1998 - 2002 de los distintos departamentos que componen la provincia de Santiago del Estero.

Figura 7.
Precipitación anual (en mm) correspondiente a las diferentes zonas de la provincia de Santiago del Estero.



4.2. Tasa anual de deforestación - Período 1998-2002

La tasa anual de deforestación correspondiente a la provincia de Santiago del Estero es:

$$r = - 1.18 \%$$

El valor calculado para la provincia es el quíntuple del calculado para todo el mundo en el período 1990-2000 que es de -0.23 (Puyravaud, 2003) lo que indica que la tasa de deforestación de la provincia de Santiago del Estero se encuentra por encima del promedio mundial (Tabla 4). La provincia de Santiago del Estero dispone de grandes superficie de bosques pero en el periodo 1998 -2002 ha deforestado una superficie considerable que motiva un valor de r provincial alto, superior a los calculados para las provincias de Salta y Chaco.

Tabla 4. Valores comparativos de r

Lugar	Período	r (% anual)
El mundo (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0.23
África (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-0.78
Haití (Puyravaud, 2003)	1990-2000	-5.85
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
Departamento Güemes - Prov. Chaco (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0.09
Departamento O'Higgins - Prov. Chaco (UMSEF, 2003)	1998-2002	-2.19
Provincia de Salta (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0.69
Selva tucumano boliviana salteña (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0.45
Parque chaqueño salteño (UMSEF, 2003)	1998-2002	-0.81
Provincia de Santiago del Estero (UMSEF, 2003)	1998-2002	-1.18

5. Discusión y Conclusiones

Las zonas con mayor superficie deforestada se localizan en el este de los departamentos de Moreno, Alberdi y General Taboada, en la transición entre las subregiones del Chaco Húmedo y del Semiárido, donde se alcanzan niveles de precipitación superiores a los 500 mm anuales que disminuyen los riesgos de déficit hídrico y aumentan los rendimientos de los cultivos.

En la provincia de Santiago del Estero predominan los procesos de pérdida de superficie de bosque causados principalmente por el avance de la frontera agropecuaria. La **deforestación** y la **fragmentación** de la superficie boscosa favorecen la pérdida de biodiversidad y aumentan la probabilidad de que se inicien procesos de desertificación. La tasa de deforestación de la provincia de Santiago del Estero se encuentra por encima del promedio mundial a pesar de que aún dispone de grandes extensiones de bosque, y a su vez, presenta un área deforestada particularmente alta (300.000 ha) en comparación con otras provincias (Salta aprox. 200.000 ha deforestadas en periodo 1998-2002 y Chaco aprox. 100.000 ha). Es importante señalar que la provincia de Santiago del Estero al igual que la provincia del Chaco no presentan grandes limitantes de tipo topográfica para la expansión de la superficie destinada a la producción agrícola. La principal limitante es el nivel de precipitación, siendo las áreas menos afectadas por la deforestación aquellas correspondientes a los niveles inferiores a 500 mm anuales. Sin embargo, debe señalarse que existen evidencias científicas de un aumento en los niveles de precipitación del Noroeste en los últimos años (Villalba et al., 1998), lo cual podría causar un aumento del área con precipitaciones adecuadas para la agricultura al desplazarse las isohietas hacia el este. Por otra parte, las innovaciones tecnológicas como la obtención de variedades con mayor resistencia al déficit hídrico, pueden modificar las limitaciones para la expansión agrícola. Las tendencias actuales de aumento en la precipitación, así como la alta rentabilidad de cultivos, principalmente de soja, acompañadas de la innovación tecnológica, disminuirían las restricciones a la expansión agrícola resultando en la pérdida masiva de la superficie boscosa de la provincia de Santiago del Estero.

Además de la deforestación, los bosques nativos sufren otro proceso negativo que, aunque no los hace desaparecer completamente, les provoca un deterioro y un empobrecimiento que conducen casi inexorablemente a su desaparición. Este proceso es la **degradación** y cabe aclarar que el mismo no está contemplado en la tasa anual de deforestación calculada y que los valores observados en las tablas 2 y 3 fueron estimados solamente mediante interpretación visual, sin contar con la verificación a campo necesaria. Si bien la interpretación visual de imágenes satelitales 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. En este sentido, el valor obtenido de degradación es una aproximación a lo que está sucediendo en la actualidad con los bosques nativos. Sin embargo, debe resaltarse que la superficie afectada por este proceso en la provincia de Santiago del Estero es superior a las 100.000 ha en el periodo 1998-2002, probablemente, consecuencia de prácticas muy

difundidas en la provincia como son la producción de leña y carbón junto con la ganadería en el monte.

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 éste constituye un proceso de 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 socio-económicos 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.; H.R. Grau; L.R. Malizia & A. Grau. 2001. Argentina. Pp. 623-643 en: M Kappelle & AD Brown (eds). *Bosques nublados del Neotrópico*. INBio. San José. Costa Rica

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.

Dirección de Bosques. Diciembre 2002. Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de Argentina. SAyDS.

Emrich A; Pokorny B & Sepp C. 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. Septiembre 2002. Actas de la Segunda Reunión de Expertos sobre la armonización de definiciones relacionadas con la silvicultura para el uso de varias partes interesadas. Anexo 3, pág. 85.

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.; P.H.A Rosso & 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.

Red Agroforestal Chaco Argentina. Junio, 1999. Estudio Integral de la Región del Parque Chaqueño. Gerencia Técnica Bosques Nativos. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente.

Steininger M.K.; C.J. Tucker; P. Ersts; T.J. Killen; Z Villegas & 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.; H.R. Grau; J.A. Boninsegna ; G.J. Jacoby & 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