



República Argentina  
Ministerio de Salud

Secretaría de Ambiente  
y Desarrollo Sustentable



Dirección de Bosques



---



# MAPA FORESTAL PROVINCIA DE SALTA

## Actualización Año 2002

### **Autores**

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

*Marzo 2004*

**Secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable**

Doctor Atilio Armando Savino

**Coordinador General de Recursos Naturales, Biodiversidad 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 primeros 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 Salta

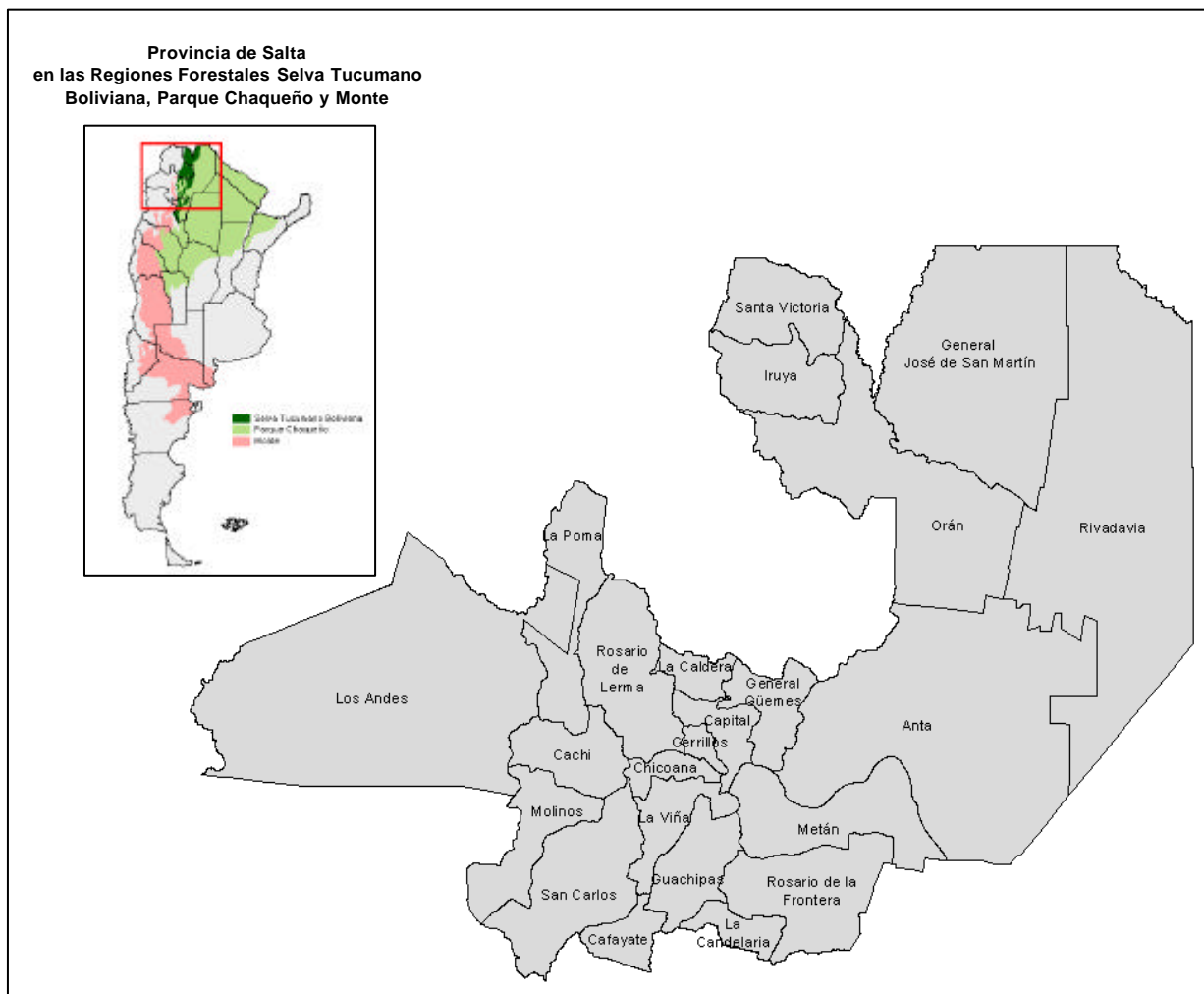
La provincia de Salta se encuentra ubicada en el sector noroeste de la República Argentina (Figura 1), y posee una superficie de 155.488 km<sup>2</sup> (IGM, 1997) con una población total en el año 2001 de 1.079.051 personas, de las cuales aproximadamente 179.000 son población rural (INDEC, 2003). Desde el punto de vista fitogeográfico, la provincia posee formaciones boscosas correspondientes a las regiones del Parque Chaqueño, Selva Tucumano Boliviana y Monte (Parodi, 1964; Ragonese, 1967; Cabrera, 1976) (Figura 1). El Parque Chaqueño se encuentra distribuido en las llanuras del Este de la provincia y entre las principales especies forestales de esta formación pueden nombrarse *Schinopsis lorentzii*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Ziziphus mistol*, *Bulnesia sarmientoi* y *Prosopis* spp.; también se extiende en los valles ubicados a “sombra de lluvia”, es decir, al oeste de cordones serranos con altura suficiente para interceptar las precipitaciones (es el caso de las zonas de la ciudad de Salta y el área de Rosario de la Frontera). Estas zonas son conocidas como Chaco Serrano y si bien presentan las especies mencionadas anteriormente, son frecuentes otras como *Schinopsis marginata*, *Ceiba chodatii* y *Anadenanthera colubrina*.

Los bosques de la región Selva Tucumano Boliviana se ubican en los faldeos de las sierras, entre los 400 y 2000 msnm. En esta provincia se encuentran grandes extensiones de Selva Tucumano Boliviana: en la Sierra de Metán, en la parte sur de las Sierras de Santa Bárbara y de Maíz Gordo, y en la Alta Cuenca del Río Bermejo, esta última incluida en la Reserva de Biósfera de las Yungas y que contiene la mayor superficie continua de este ecosistema. 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*, *Cedrela angustifolia*, *Juglans australis*, *Alnus acuminata*, *Anadenanthera colubrina*, *Blepharocalyx gigantea*, *Phoebe porphyria*, *Myrcianthes pungens*, *Podocarpus parlatorei*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Calycophyllum multiflorum*, *Enterolobium cortotisiliquum*, *Tipuana tipu*, *Pisonia zapallo*, *Astronium urundeuva*, *Tabebuia avellanadae*, *Jacaranda mimosifolia*, *Myroxylon peruiferum* y otras especies.

Por último, la región del Monte, la cual se extiende en sentido Norte-Sur en el área de los Valles Calchaquíes y está atravesada por gran parte del trazado de la Ruta Nacional N°40, en Salta. Esta región incluye poblaciones como Cafayate, La Poma y Cachi. La vegetación en general corresponde a pastizales y arbustales hallándose bosques de *Prosopis* spp. en los bordes de salinas y márgenes de los ríos.

La producción agrícola 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, encontrando una restricción natural debido a precipitaciones inferiores a 500 mm anuales. Una de las principales producciones agrícolas de la provincia es la soja, con un fuerte incremento en la superficie sembrada (aproximadamente 100.000 ha en 1990 y cerca de 300.000 ha en la actualidad). Esta producción se realiza principalmente en los departamentos de Anta, San Martín y Rosario de la Frontera, en el área que corresponde a la transición entre el pedemonte de

la Selva Tucumano Boliviana y el Parque Chaqueño. También es importante, entre las oleaginosas, el cultivo de poroto. En cuanto a la producción de frutales se destacan los cítricos especialmente pomelo, naranja y mandarina con una superficie estimada de 12.000 ha. Este tipo de producción se realiza en el área correspondiente al pedemonte húmedo de la Selva Tucumano Boliviana, en los departamentos de Orán, Güemes y San Martín. Los cereales principales que se cultivan son el trigo con 110.000 ha y el maíz con aproximadamente 40.000 ha. Por último, la producción de caña de azúcar llega a ocupar 20.000 ha, mayormente en el departamento de Orán (estos datos fueron obtenidos de las series estadísticas de la SAGPyA).



**Figura 1.** Mapa con división política administrativa de la provincia de Salta, 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 periodo 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

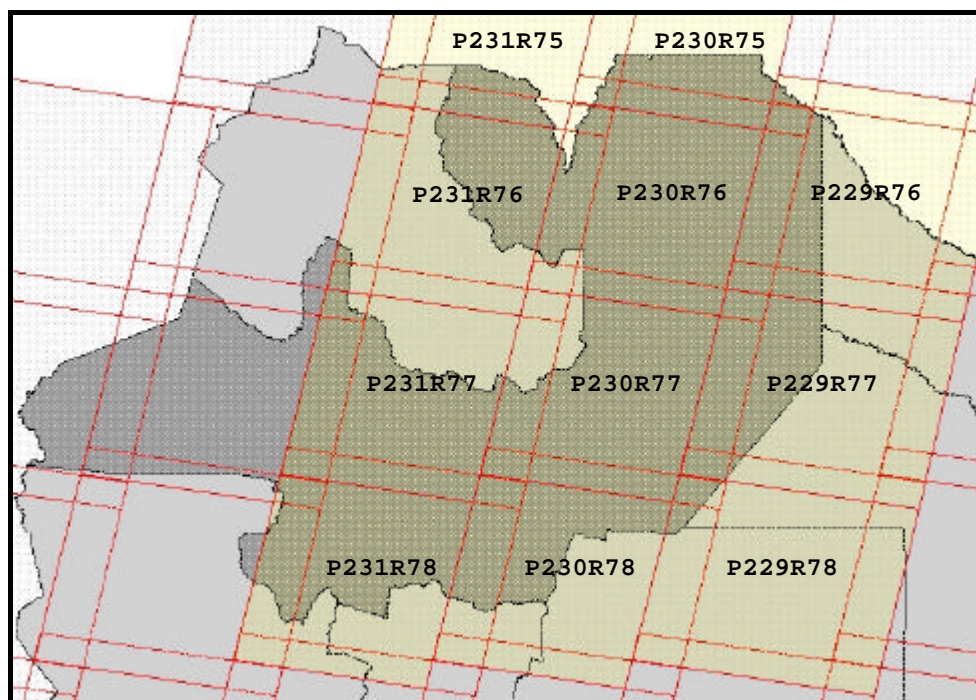
#### 3.2.1 Imágenes satelitales

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

Estudio	Sistema	Path	Row	Fecha
Cartografía y Superficie de Bosque Nativo (Diciembre 2002)	LANDSAT 5 TM	229	076	27/07/97
		229	077	17/01/98 - 21/02/99
		229	078	02/02/98
		230	075	20/10/97
		230	076	27/04/97
		230	077	27/04/97
		230	078	27/04/97
		231	075	04/12/99
		231	076	23/05/98
		231	077	23/05/98
		231	078	23/05/98
Mapa Forestal Provincia de Salta Actualización Año 2002	LANDSAT 7 ETM	229	076	28/07/01 - 09/03/02
		229	077	15/07/02 - 09/03/02
		229	078	28/07/01 - 09/03/02
		230	075	23/08/02
		230	076	14/04/01 - 23/08/02
		230	077	29/03/01 - 24/09/02
		230	078	20/06/02
		231	075	06/02/03
		231	076	29/07/02
		231	077	13/07/02
231	078	13/07/02		

**Tabla 1.** Imágenes satelitales utilizadas, correspondientes a la provincia de Salta.

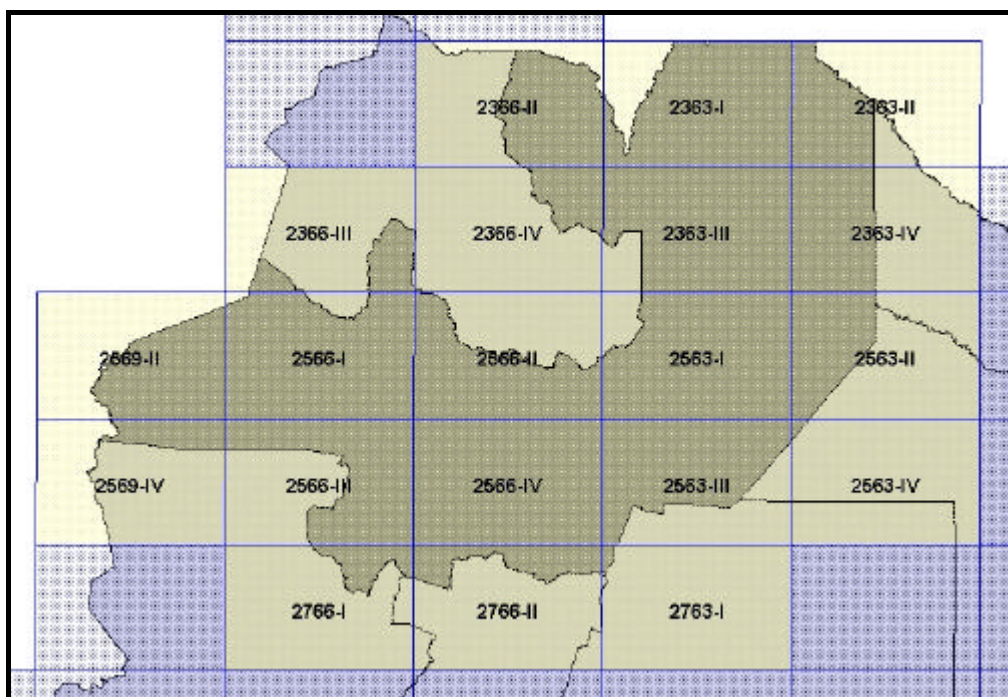
En la figura 2 se puede observar la ubicación de cada una de las distintas imágenes Landsat 5 TM y 7 ETM antes mencionadas.



**Figura 2.** Imágenes satelitales correspondientes a la provincia de Salta

### 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 Salta.

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

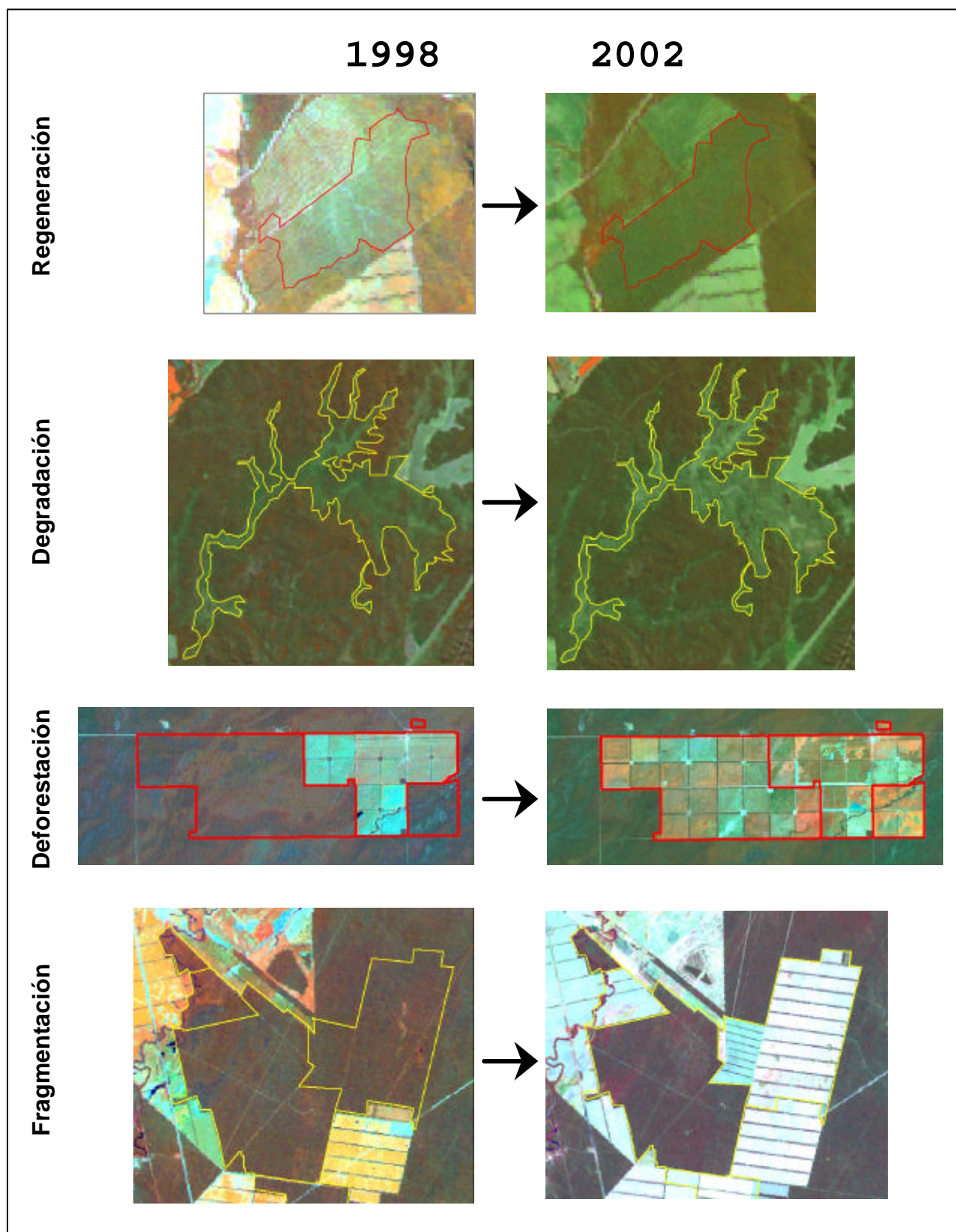
En primer término, se procedió al preprocesamiento de las imágenes satelitales, se importaron y georreferenciaron las imágenes Landsat 7 ETM seleccionadas para la Actualización de la Cartografía y Superficie de Bosque Nativo de la provincia de Salta (Tabla 1), en el sistema de proyección conforme Gauss 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 Salta, previo ajuste de la misma a las imágenes Landsat 7 ETM y su revisión. La actualización de la cobertura se realizó mediante interpretación visual de las imágenes satelitales, trabajando a una escala aproximada de 1:50.000, identificando las áreas de cambio 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 contratantes 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 un aglomerado de bosques de grandes dimensiones (mayores a 1000 ha).

En último término, se confeccionó el mapa forestal, integrando las coberturas 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:

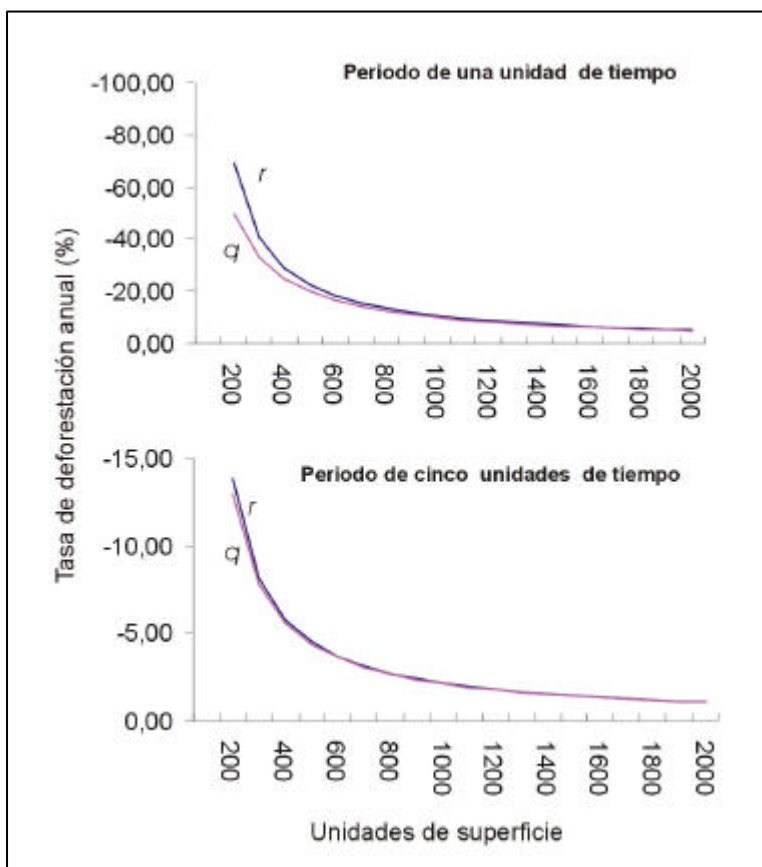
$$A_2 = A_1 e^{rt} \quad (3)$$

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 Salta.

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación <sup>1</sup> 1998-2002	
<b>Tierras forestales</b>	<b>7.100.789</b>	<b>6.878.006</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-186.495</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>-12.601</b>
			Regeneración	+9.917
			Degradación	-18.209
			Rectificación	-95.438
			Edición	+80.043
<b>Bosques rurales</b>	<b>55.379</b>	<b>53.699</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-7.894</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>+12.601</b>
			Regeneración	+1.059
			Degradación	-381
			Rectificación	-6.590
			Edición	-475
<b>Otras tierras forestales</b>	<b>900.108</b>	<b>872.301</b>	OTF a OT***	-11.614
			Recuperación	+6.407
			Regeneración	-7.471
			Degradación	+18.590
			Rectificación	-17.359
			Edición	-16.360
<b>Otras tierras</b>	<b>2.466.389</b>	<b>2.705.815</b>	Deforestación	+194.389
			OTF a OT	+11.614
			Regeneración	-3.505
			Recuperación	-6.407
			Rectificación	+119.387
			Edición	-76.052

\* 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.

<sup>1</sup> Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

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 Salta.

<b>Tipo de cobertura</b>	<b>Año 1998*</b>	<b>Año 2002**</b>	<b>Fuentes de variación<sup>2</sup> 1998-2002</b>	
<b>Tierras forestales</b>	<b>4.790.607</b>	<b>4.620.445</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-145.664</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>-7.164</b>
			Regeneración	+4.891
			Degradación	-4.290
			Rectificación	-95.957
			Edición	+78.022
<b>Bosques rurales</b>	<b>41.801</b>	<b>40.184</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-7.136</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>+7.164</b>
			Regeneración	+1.031
			Degradación	-22
			Rectificación	-1.591
			Edición	-1.063
<b>Otras tierras forestales</b>	<b>799.063</b>	<b>792.385</b>	OTF a OT***	-5.606
			Recuperación	+5.581
			Regeneración	-3.393
			Degradación	+4.312
			Rectificación	+8.631
			Edición	-16.203
<b>Otras tierras</b>	<b>1.782.359</b>	<b>1.948.317</b>	Deforestación	+152.800
			OTF a OT	+5.606
			Regeneración	-2.529
			Recuperación	-5.581
			Rectificación	+88.917
			Edición	-73.255

\* ver Tabla 2

\*\* ver Tabla 2

<sup>2</sup> Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

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

Tipo de cobertura	Año 1998*	Año 2002**	Fuentes de variación <sup>3</sup> 1998-2002	
<b>Tierras forestales</b>	<b>2.310.182</b>	<b>2.257.561</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-40.831</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>-5.437</b>
			Regeneración	+5.026
			Degradación	-13.919
			Rectificación	+519
			Edición	+2.021
<b>Bosques rurales</b>	<b>13.578</b>	<b>13.515</b>	<b>Deforestación</b>	<b>-758</b>
			<b>Fragmentación</b>	<b>+5.437</b>
			Regeneración	+28
			Degradación	-359
			Rectificación	-4.999
			Edición	+588
<b>Otras tierras forestales</b>	<b>101.045</b>	<b>79.916</b>	OTF a OT***	-6.008
			Recuperación	+826
			Regeneración	-4.078
			Degradación	+14.278
			Rectificación	-25.990
			Edición	-157
<b>Otras tierras</b>	<b>684.030</b>	<b>757.498</b>	Deforestación	+41.589
			OTF a OT	+6.008
			Regeneración	-976
			Recuperación	-826
			Rectificación	+30.470
			Edición	-2.797

\* ver Tabla 2

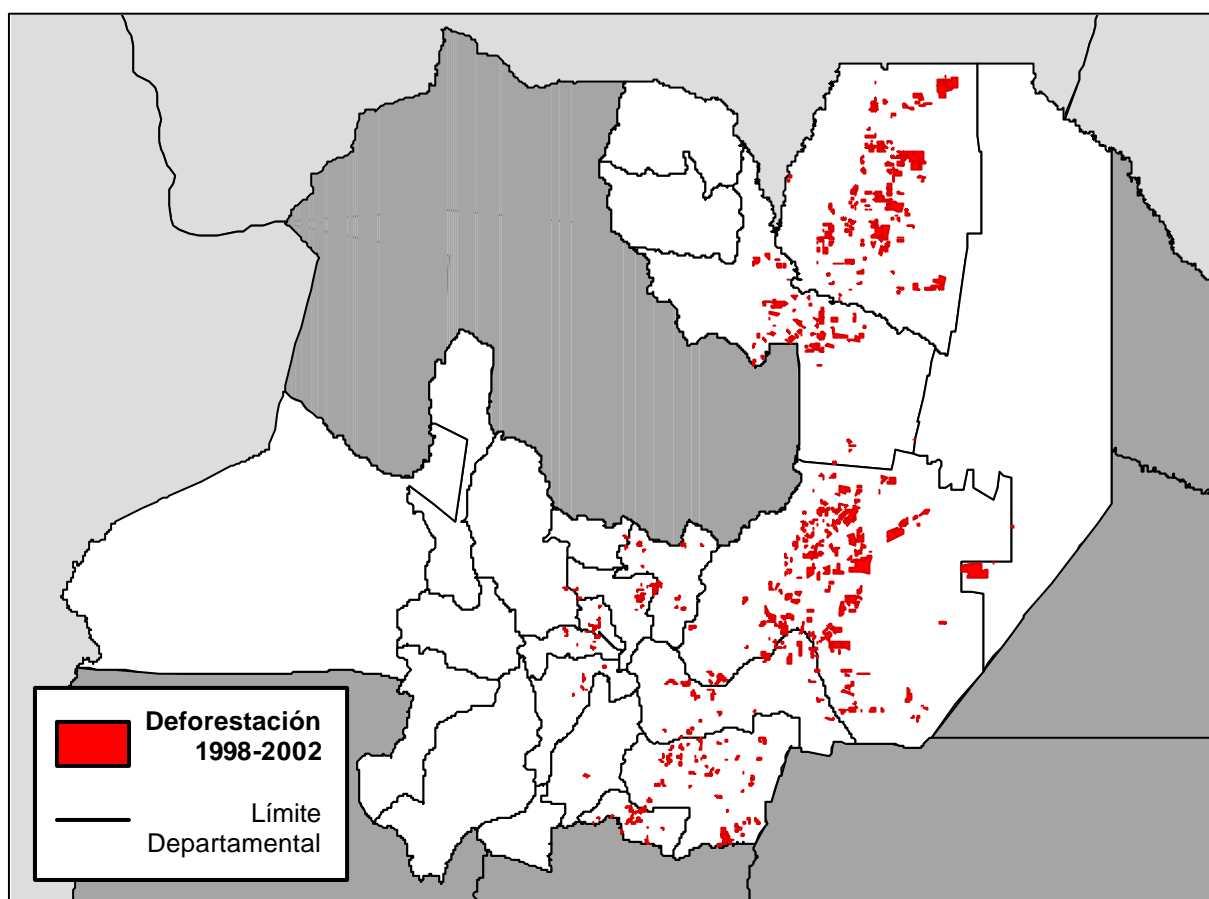
\*\* ver Tabla 2

<sup>3</sup> Ver aclaraciones de términos en el Glosario.

La deforestación en la Provincia de Salta entre los años 1998 y 2002 es de 194.389 hectáreas (siendo de 152.800 y 41.589 hectáreas para Parque Chaqueño y Selva Tucumano Boliviana respectivamente).

Como resultado de la deforestación en la provincia, las **Tierras forestales** han 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**.

La mayoría de las áreas desmontadas están localizadas en los departamentos de Anta, Orán y San Martín (Figura 6 y Tabla 5).



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

Departamentos	Superficie deforestada (ha)	
	Selva Tucumano Boliviana	Parque Chaqueño
Anta	8.044	70.911
Cachi	0	0
Cafayate	0	0
Capital	16	2.229
Cerrillos	0	518
Chicoana	120	272
General Güemes	0	1.049
General José de San Martín	24.461	38.682
Guachipas	0	179
Iruya	0	0
La Caldera	67	61
La Candelaria	138	1.881
La Poma	0	0
La Viña	0	680
Los Andes	0	0
Metán	1.019	6.573
Molinos	0	0
Orán	7.224	13.716
Rivadavia	0	8.137
Rosario de la Frontera	477	7.786
Rosario de Lerma	23	126
San Carlos	0	0
Santa Victoria	0	0

**Tabla 5.** Superficie deforestada durante el período 1998 – 2002 de los distintos departamentos que componen la provincia de Salta.

#### 4.2. Tasa anual de deforestación - Período 1998-2002

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

$$r = - 0.69 \%$$

El valor calculado para la provincia es el triple que el 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 Salta se encuentra por encima del promedio mundial (Tabla 6).

Antes se señaló que el proceso de 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 Salta:

$$r \text{ de Selva Tucumano Boliviana} = - 0.45 \%$$

$$r \text{ de Parque Chaqueño} = - 0.81 \%$$

Si bien las superficies deforestadas y la tasa de deforestación en la Selva Tucumano Boliviana son menores a los valores obtenidos para Parque Chaqueño debe observarse que en este caso particular el proceso de deforestación se concentra particularmente en las selvas pedemontanas ubicadas en suelos profundos, sin producirse significativamente en el resto de los tipos forestales ubicados en terrenos quebrados o faldeos montañosos. Un proceso de deforestación de esta magnitud podría resultar en la pérdida de la selva pedemontana que es de gran importancia en cuanto a su riqueza biológica y su extensión relativamente pequeña en nuestro país.

En la tabla 6 se presentan valores de  $r$  calculados en otros trabajos junto con los de la provincia de Salta.

**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
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

## 5. Discusión y Conclusiones

En la provincia de Salta 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 de bosque tienen importante significado puesto que con ellos aumenta la pérdida de biodiversidad y la probabilidad de que se inicien procesos de desertificación. La tasa de deforestación de la provincia de Salta se encuentra por encima del promedio mundial a pesar de que aún dispone de grandes extensiones de bosque. Las áreas con mejor aptitud para uso agrícola ya han sido transformadas o se encuentran en franco proceso de transformación. La deforestación dentro de la provincia se produce de manera localizada en los departamentos de Rosario de la Frontera, Anta, San Martín y Orán. Las grandes extensiones de bosque remanente se ubican en sitios donde existen limitaciones para la agricultura: en los faldeos de las sierras en Selva Tucumano Boliviana y en áreas con precipitaciones muy bajas en Parque Chaqueño. Existe evidencia científica que indica una tendencia a un aumento de las precipitaciones del NOA en los últimos años (Villalba et al., 1998) lo cual puede causar un aumento del área con precipitaciones adecuadas para la agricultura al desplazarse las isohietas hacia el Este en el Parque Chaqueño. Como consecuencia, esta expansión de superficies cultivables se vería acompañada por un aumento de la deforestación de los bosques del Parque Chaqueño.

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 aclarar 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. En este sentido, el valor obtenido de degradación es una aproximación a lo que está sucediendo en la actualidad con los bosques nativos.

Futuros puntos a considerar para profundizar el análisis son:

- Discriminar los tipos forestales para luego analizar si alguna de las comunidades vegetales está siendo más afectada que otras por la expansión agrícola. En principio es claro el caso de la deforestación concentrada en la Selva pedemontana de la Región Selva Tucumano Boliviana. Sin embargo no debe descartarse la ocurrencia de un proceso similar en el Parque Chaqueño debido a que la expansión agrícola se produce sobre los bosques que se encuentran en los suelos de buena calidad, que seguramente presentan características diferentes a los bosques de suelos con limitantes.

- 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.; 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.

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

**Coordinación Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas**  
Ingeniero Forestal Sergio La Rocca