


**PROVINCIA DE TUCUMÁN  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES**

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROINDUSTRIAL  
“OBISPO COLOMBRES”**



**ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE CULTIVADA CON  
SOJA Y MAIZ  
UTILIZANDO DATOS DE LOS SATELITES  
LANDSAT EN LA PROVINCIA DE TUCUMÁN  
Y ÁREAS DE INFLUENCIA  
CAMPAÑA 2001/2002**

**TUCUMÁN  
Abril de 2002**

**Instituciones Participantes:**



**Secretaría de Estado de Servicios y Actividades Productivas de  
la Provincia de Tucumán**

**Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombes”**

**Consejo Federal de Inversiones**

**Comisión Nacional de Actividades Espaciales**

**Ejecución del Proyecto:**

**Lic. Federico J. Soria**

**Ing. Agr. Carmina del V. Fandos**

**ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE CULTIVADA CON SOJA Y MAIZ  
UTILIZANDO DATOS DE LOS SATELITES LANDSAT EN LA  
PROVINCIA DE TUCUMÁN  
Y ÁREAS DE INFLUENCIA  
CAMPAÑA 2001/2002**

**INDICE:**

	<b>Página</b>
<b>I.- Introducción y objetivos</b>	<b>4</b>
<b>II.- Metodología de trabajo</b>	<b>4</b>
<b>1.- SOJA</b>	<b>5</b>
1.1.- Características de la campaña	5
1.2.- Proceso de clasificación	5
1.2.1.- Selección de imágenes	5
1.2.2.- Obtención y selección de firmas espectrales	6
1.2.3.- Clasificación multiespectral	7
1.3.- Resultados	7
1.4.- Validación	9
1.5.- Comparación entre las campañas 2000/2001 y 2001/2002	9
<b>2.- MAIZ</b>	<b>11</b>
2.1.- Características de la campaña	11
2.2.- Proceso de clasificación	11
2.3.- Resultados	12
2.4.- Validación	14
2.5.- Comparación entre las campañas 2000/2001 y 2001/2002	14
<b>3.- Conclusiones</b>	<b>15</b>
<b>4.- Bibliografía</b>	<b>17</b>
<b>ANEXO Datos Climáticos</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO Planillas de campo</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO Estadísticas de firmas espectrales</b>	<b>21</b>
<b>ANEXO Mapas Temáticos</b>	<b>22</b>

## **I.- Introducción y objetivos**

Desde el año 1999, la EEAOC realiza la estimación de superficies ocupadas con cultivos de soja y maíz mediante el empleo de imágenes satelitales LandSat, circunscribiéndose al área localizada en la Provincia de Tucumán.

Dado que en las estimaciones de superficies a nivel Provincial suelen involucrarse dentro de una misma región agroeconómica el oeste de la Provincia de Santiago del Estero y el sudeste de la Provincia de Catamarca, se consideró necesario la discriminación de las superficies ocupadas con soja y maíz en cada una de dichas áreas, tal como fuera realizado en la campaña triguera del año 2001.

Para la campaña 2001/2002 el objetivo fue estimar el área ocupada con cultivos de soja y maíz en la Provincia de Tucumán y en las zonas de influencia en el Oeste de la Provincia de Santiago del Estero y en la zona de Los Altos de la Provincia de Catamarca

## **II - Metodología de trabajo**

La metodología adoptada fue la de clasificación multiespectral supervisada. Dicha metodología se encuentra detallada en el Informe Final correspondiente al contrato de obra firmado entre el C.F.I. y la EEAOC, mediante el cual la E.E.A.O.C realizó el *“Relevamiento satelital de la Provincia de Tucumán. Determinación del área cultivada con citrus y granos, y producción de caña de azúcar”* (año 1999).

Los pasos seguidos durante el proceso se indican a continuación:

- Relevamiento a campo: selección y georreferenciación de lotes de control de soja y maíz.
- Confección de la base de datos con la información de los lotes de control.
- Selección y procesamiento de imágenes satelitales utilizando el software ERDAS Imagine, versión 8.4.

Para cada uno de los cultivos analizados se especifican las características inherentes al proceso de clasificación en la presente campaña.

## **1. -SOJA**

### **1.1.- Características de la campaña 2001/2002**

La temprana disponibilidad de humedad en los suelos gracias al aporte de las lluvias de fines de octubre y comienzos de noviembre determinó un anticipado inicio de la campaña. En general, las tareas de siembra comenzaron en la primera quincena de noviembre y se prolongaron, prácticamente sin interrupciones, hasta fines de diciembre, época para la cual se había totalizado un 90% de la superficie sembrada. El resto se completó hasta la primera semana de enero.

En general el desarrollo del cultivo fue bueno en las distintas zonas de la Provincia ya que las lluvias estuvieron bien distribuidas durante el ciclo evolutivo en todas las regiones productoras. (Fuente: Sección Granos de la EEAOC)

### **1.2.- Proceso de clasificación**

#### **1.2.1.- Selección de imágenes**

En campañas anteriores las clasificaciones de los cultivos de soja se realizaron sobre imágenes correspondientes a dos fechas solamente, ya que fue posible la obtención de imágenes útiles, sin cobertura nubosa, en las áreas destinadas a la agricultura, tanto para el orbital 230 como para el orbital 231.

En la presente campaña, para la clasificación se utilizaron imágenes de tres fechas distintas, debido a la imposibilidad de adquirir imágenes libres de nubes en la totalidad del área a clasificar en los cuadros 78 y 79 del orbital 230, en una misma fecha de pasada del satélite.

Las características de las imágenes utilizadas se indican en el cuadro 1:

Orbital	Centro de imagen	Fecha de adquisición	Sensor
230	79	27/01/02	LandSat7 ETM+
230	78	08/03/02	LandSat5 TM
230	79	08/03/02	LandSat5 TM
231	78	27/02/02	LandSat5 TM
231	79	27/02/02	LandSat5 TM

Cuadro 1: Listado de las imágenes utilizadas para la clasificación del cultivo de soja, campaña 2001/2002.

Los parámetros climáticos de las fechas de adquisición se detallan en el Anexo: Datos Climáticos.

### 1.2.2.- Obtención y selección de firmas espectrales

El número de campos de control disponibles al momento de la selección de firmas espectrales de los cultivos de soja fue de 302 (Anexo: Planillas de Campo Granos 2002).

Para la selección de las parcelas donde se extractaron las firmas digitales se tuvo en cuenta su ubicación en las distintas regiones agroecológicas de la Provincia, las diferentes fechas de siembra y el espectro varietal, con el objeto de abarcar la mayor parte de situaciones presentes a campo.

Las bandas espectrales seleccionadas para el análisis digital fueron la 3,4 y 5. Para la visualización se utilizó la combinación de bandas denominada Pseudo Color Compuesto, con la asignación de filtros rojo, verde y azul a las bandas 4,5,3, respectivamente.

Los valores medios de los niveles digitales (ND) en las tres bandas analizadas para los distintos orbitales y fechas se aprecian en el histograma de la Figura 1.

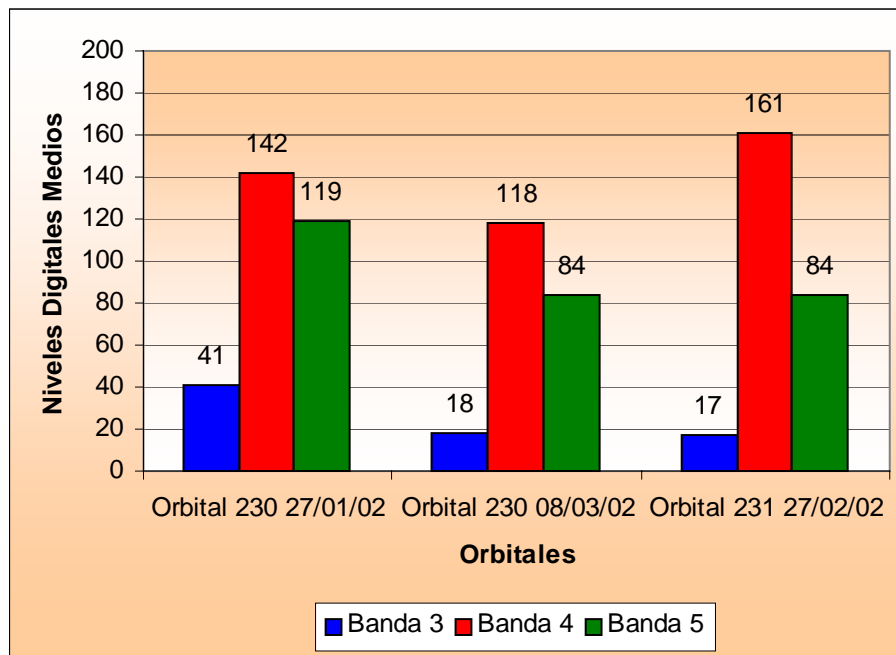


Figura 1: Histograma de los Niveles Digitales Medios para el cultivo de soja, campaña 2001/2002

### 1.2.3.-Clasificación multiespectral

Seleccionados los juegos de firmas espectrales para cada una de las imágenes utilizadas, se aplicó la metodología de clasificación multiespectral supervisada.

### 1.3.- Resultados

De la clasificación digital de las imágenes analizadas se obtuvo que la superficie bruta total cultivada con soja en la Provincia de Tucumán en la campaña 2001/2002 fue de 236.120 ha. El área con soja en la zona oeste de la Provincia de Santiago del Estero, se estimó en 91.960 ha, mientras que la superficie con soja en el sudeste de la Provincia de Catamarca fue estimada en 24.770 ha.

En el Anexo Mapas Temáticos se visualiza la distribución geográfica del cultivo de soja en la Provincia de Tucumán y sus áreas de influencia.

Por la resolución espacial del sensor (30 x 30 m) en la clasificación resultan involucradas zonas sin cultivo tales como la caminería interior de las fincas y sus áreas de servicios. Según investigaciones de la EEAOC, el área no cultivada de las fincas destinadas al cultivo de granos se pondera en promedio como un 7% del total de la propiedad.

Considerando dicho factor de corrección la **superficie neta** del área cultivada con soja en la Provincia de Tucumán fue de **219.590 ha**, en tanto que la superficie neta con soja para el área de influencia en el oeste de Santiago del Estero y sudeste de Catamarca fue de **85.530 ha** y **23.040 ha**, respectivamente.

El detalle de la **superficie neta** de soja de la Provincia de Tucumán, discriminada por Departamento se indica en el Cuadro 2.

<b>Departamento</b>	<b>Superficie Neta (ha)</b>
<b>Burruyacu</b>	102.040
<b>Cruz Alta</b>	34.370
<b>La Cocha</b>	31.770
<b>Leales</b>	28.830
<b>Graneros</b>	18.490
<b>Simoca</b>	1.890
<b>J. B. Alberdi</b>	1.620
<b>Chicligasta</b>	220
<b>Lules</b>	200
<b>Capital</b>	90
<b>Famailá</b>	70
<b>Total Tucumán</b>	<b>219.590</b>

Cuadro 2: Distribución departamental del cultivo de soja en Tucumán (Campaña 2001/2002)

La expresión porcentual de los resultados departamentales puede visualizarse en la Figura 2.

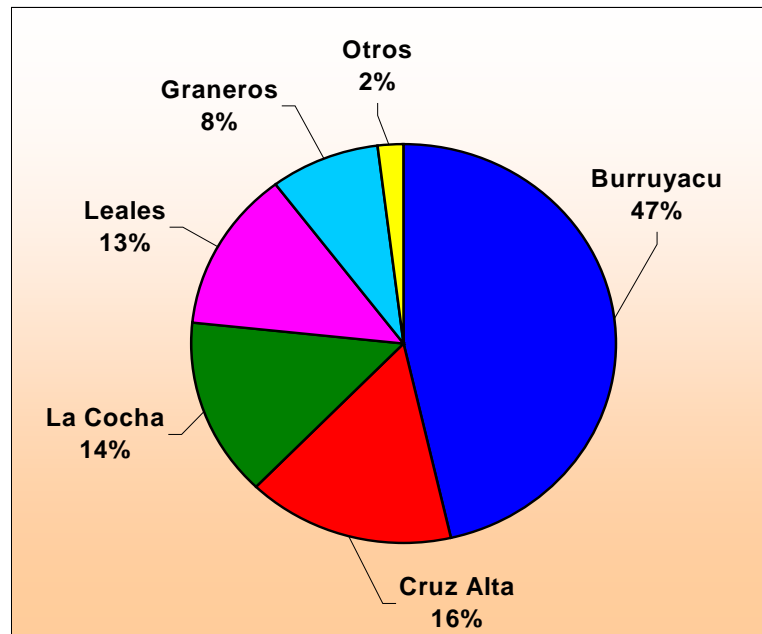


Figura 2: Distribución porcentual, por departamento de los cultivos de soja, campaña 2001-2002.

#### 1.4.- Validación

Para validar los resultados obtenidos se recurrió a dos procedimientos distintos, el primero mediante la confrontación de los resultados con los datos de los campos de control no utilizados en la selección de firmas espectrales, y el segundo mediante la selección aleatoria de campos clasificados y su posterior chequeo a campo.

Para el primer procedimiento se dispuso de un total de 32.230 ha y los campos confirmados en terreno sumaron aproximadamente 2.000 ha.

En conjunto se verificó un 10%, aproximadamente, de la superficie total calculada, esta validación determinó un error de  $\pm 4\%$ .

#### 1.5.- Comparación entre las campañas 2000-2001 y 2001-2002

En la presente campaña la superficie cultivada con soja, en la Provincia de Tucumán, se incrementó en un **18%** con respecto a la campaña 2000-2001.

Al analizar los porcentajes de participación de cada departamento, se observa que se mantuvo la participación porcentual de cada departamento sobre el total cultivado,

destacándose Burruyacu, Cruz alta, La Cocha y Leales, quienes, al igual que en la campaña pasada, concentraron alrededor del 90% de la superficie cultivada Provincial.

De la comparación de los datos en ambas campañas surge que en los cuatro departamentos de mayor superficie cultivada se registraron incrementos que oscilan entre un 13% a un 27%. En los departamentos de menor participación se destacan los casos del departamento Graneros, el cual aumentó su superficie cultivada con soja en un 27% y del departamento Simoca, cuya superficie fue disminuida en un 13%. Por otra parte, si bien la contribución del departamento J. B. Alberdi al total Provincial es escasa vale la pena mencionar el gran incremento de área ocurrido en la presente campaña. (Figura 3).

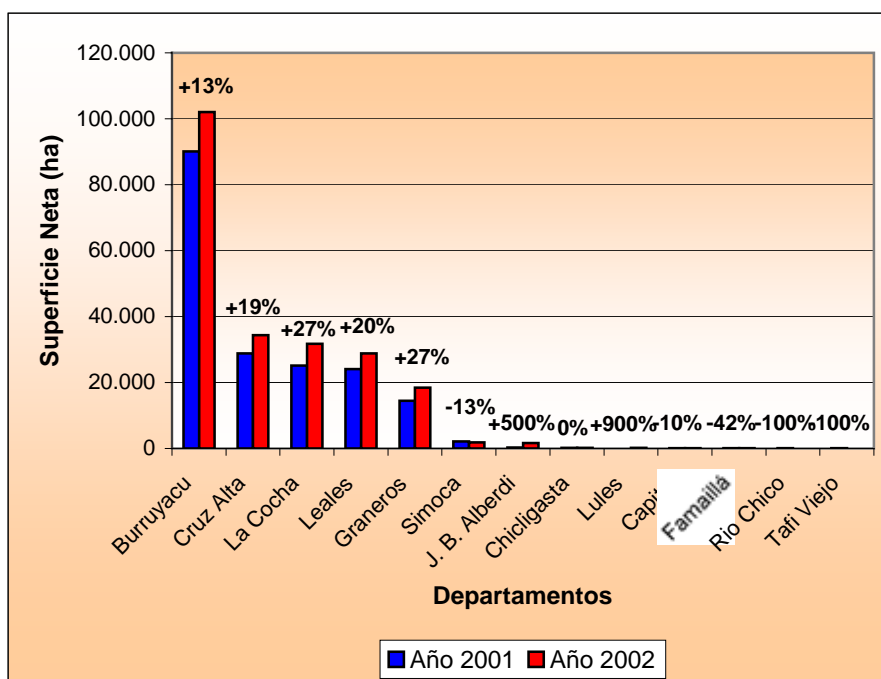


Figura 3: Variación porcentual de la superficie con soja a nivel departamental entre los años 2001 y 2002

## **2.- MAIZ**

### **2.1.- Características de la campaña 2001/2002**

En general la campaña de maíz se inició y se desarrolló normalmente. Las siembras se concretaron dentro de las fechas recomendadas, favorecidas por las lluvias del mes de noviembre y principios de diciembre, es así que la mayor proporción del área sembrada se completó entre mediados y fines de diciembre.

Sólo en ciertos lotes situados en la parte este de la Provincia, las siembras se demoraron hasta la primera quincena de enero a raíz de la suspensión de las precipitaciones en la segunda quincena de diciembre.

El conveniente aporte de las lluvias durante todo el ciclo del cultivo determinaron que el crecimiento y el desarrollo de las plantaciones de maíz fueran en general buenos. (Fuente: Sección Granos de la EEAOC)

### **2.2.- Proceso de clasificación**

Para la clasificación de maíz se utilizaron imágenes de fecha 27 de febrero para el orbital 231 y 8 de marzo para el 230.

En el caso del orbital 230, si bien se disponía de una imagen del día 27 de enero, en la misma gran parte de los lotes cultivados con maíz presentaban todavía un escaso desarrollo que implicaba ausencia de clasificación, por lo que se decidió utilizar la imagen del 8 de marzo, en la cual los campos de maíz presentaban en general buen desarrollo, incluso los sembrados en enero.

En el cuadro 3 se detallan las imágenes empleadas:

Orbital	Centro de imagen	Fecha de adquisición	Sensor
230	78	08/03/02	LandSat5 TM
230	79	08/03/02	LandSat5 TM
231	78	27/02/02	LandSat5 TM
231	79	27/02/02	LandSat5 TM

Cuadro3: Listado de las imágenes empleadas para la clasificación del cultivo de maíz, campaña 2001/2002.

En la selección y obtención de firmas espectrales se tuvieron en cuenta los mismos criterios utilizados en el proceso de clasificación del cultivo de soja, contando con la información de 42 campos de control (Anexo: Planillas de Campo Granos 2002).

En la Figura 4 se pueden observar los ND medios correspondientes a los cultivos de maíz para cada orbital:

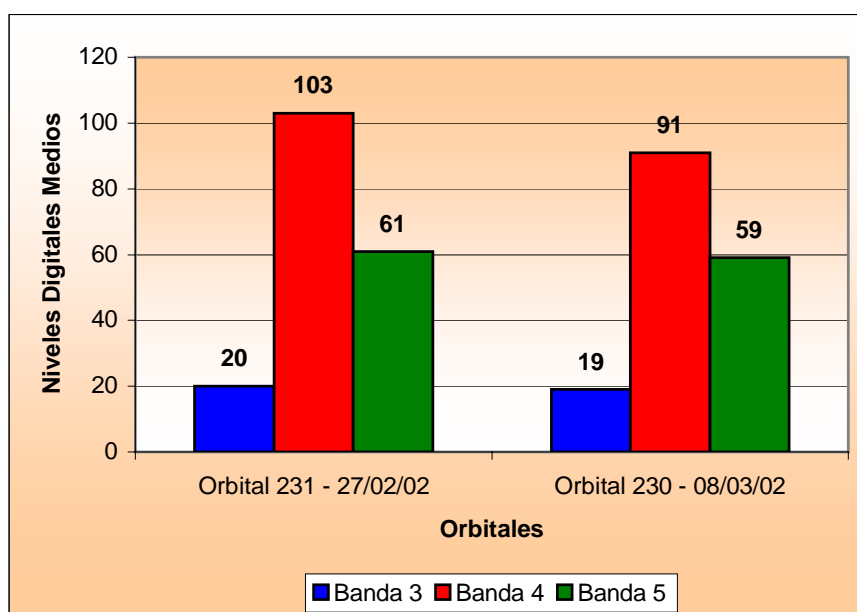


Figura 4: Histograma de los Niveles Digitales Medios para el cultivo de maíz, campaña 2001/2002

### 2.3.- Resultados

La superficie bruta total cultivada con maíz en la Provincia de Tucumán fue determinada en 34.600 ha. Para las áreas de influencia en las Provincias de Santiago del Estero y Catamarca los valores de superficie bruta fueron 19.500 ha y 2.140 ha, respectivamente.

Los resultados gráficos de la clasificación pueden apreciarse en el Anexo: Mapas Temáticos.

Considerando el factor de corrección para cultivos de granos mencionado en párrafos anteriores la **superficie neta** del área cultivada con maíz en la Provincia de Tucumán fue de **32.180 ha**, correspondiendo al área de influencia en Santiago del Estero, **18.130 ha**, y a la zona de influencia en Catamarca, **1.990 ha**.

La discriminación departamental de la superficie neta ocupada con maíz en la Provincia de Tucumán se indica en el Cuadro 4.

<b>Departamento</b>	<b>Superficie Neta (ha)</b>
<b>Burruyacu</b>	19.340
<b>Leales</b>	3.810
<b>Cruz Alta</b>	3.090
<b>La Cocha</b>	2.120
<b>Graneros</b>	1.670
<b>Simoca</b>	1.330
<b>Trancas</b>	820
<b>Total Tucumán</b>	<b>32.180</b>

Cuadro 4: Distribución departamental del cultivo de maíz en Tucumán (Campaña 2001/2002)

Los datos expresados en valores porcentuales se exponen en la Figura 5.

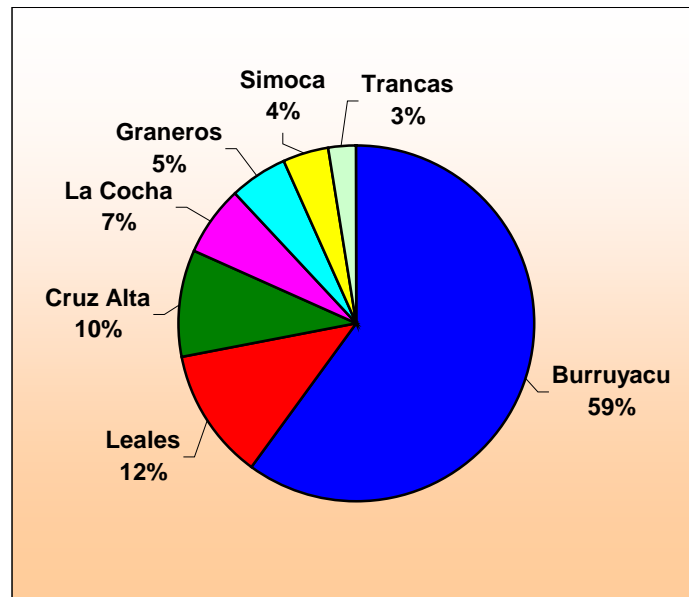


Figura 5: Distribución porcentual, por departamento de los cultivos de maíz, campaña 2001-2002.

### 2.3.- Validación

La metodología de validación fue la misma que la utilizada en el cultivo de soja, en este caso se dispuso de alrededor de 9200 has de campos de control no utilizados para la extracción de firmas digitales y de 500 ha de campos seleccionados al azar. Sumadas las hectáreas verificadas representaron aproximadamente un 18% de la superficie bruta total calculada. De esta validación resultó un error de  $\pm 5\%$ .

### 2.4.- Comparación entre las campañas 2000-2001 y 2001-2002

La superficie sembrada con maíz, en la Provincia de Tucumán, aumentó un **10%** en relación a la campaña pasada.

Al examinar la participación porcentual de cada departamento en el total Provincial, surge que, al igual que en la soja, aproximadamente el 90% del área sembrada con maíz en las dos campañas analizadas se concentró en 4 departamentos (Burruyacu, Leales, Cruz Alta y La Cocha).

Observando la variación porcentual de la superficie con maíz en cada departamento en relación a la campaña 2000-2001 (Figura 6), se concluye que en 3 de los 4 departamentos de mayor superficie cultivada se registraron incrementos que varían entre

el 11% y el 28%, correspondiendo este último valor a La Cocha, mientras que sólo Cruz Alta presentó una marcada disminución (35%). En cuanto a los departamentos de menor participación, es notable el decrecimiento de Graneros y el pronunciado incremento registrado en Simoca.

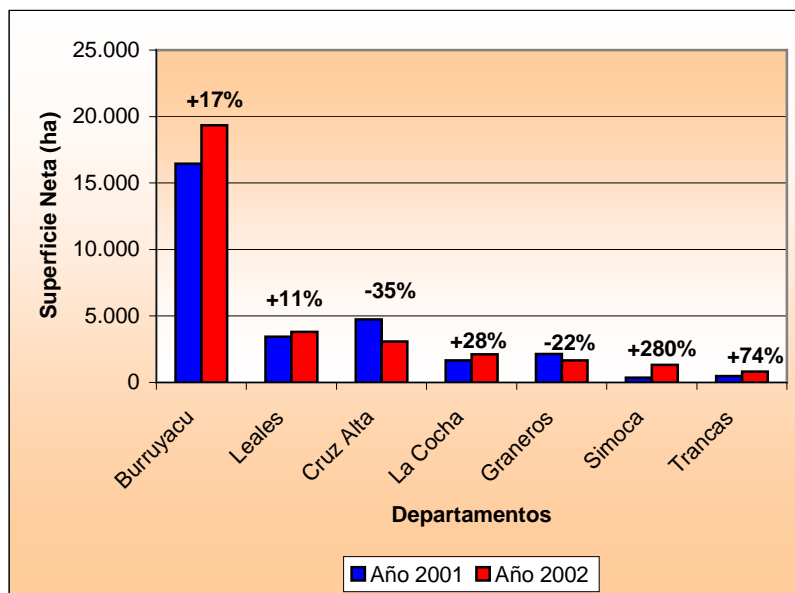


Figura 6: Variación porcentual de la superficie con maíz a nivel departamental entre los años 2001 y 2002

### 3. Conclusiones

- Del estudio realizado se concluye que las superficies ocupadas con soja y maíz se vieron incrementadas en un 18% y un 10% respectivamente en relación a la campaña anterior. El aumento en las superficies cultivadas este año se suma al incremento que se viene registrando en las últimas campañas.
- Entre los factores que propiciaron el crecimiento de áreas sembradas se destacan las buenas condiciones climáticas, la utilización de nuevas tecnologías y las favorables condiciones de mercado.
- Las condiciones climáticas favorecieron, por un lado la mejora de los rendimientos obtenidos al disponer de buena humedad en los momentos claves del cultivo y por otro lado la incorporación de tierras anteriormente consideradas “marginales” para los cultivos de soja y maíz, tal es el caso de fincas situadas en el este de la llanura tucumana en donde habitualmente se cultivaba poroto.

- Las nuevas tecnologías de manejo tales como siembra directa y uso de materiales genéticamente modificados permitieron disminuir los costos de producción y generaron incrementos considerables en los rendimientos lo que posibilitó la mejora en la rentabilidad, principalmente en el cultivo de soja.
- La mejor rentabilidad del cultivo de la soja determinó un predominio en la intención de siembra de dicho cultivo en relación al cultivo de maíz. Si bien las condiciones de mercado no eran óptimas para el cultivo de maíz , su incremento de superficie puede haberse debido a la necesidad de rotación de cultivos necesaria en las prácticas agrícolas y a la implementación de nuevos desmontes.
- Los modelos resultantes solo tienen validez para las imágenes utilizadas en el presente trabajo.

#### **4.- Bibliografía**

- Lamelas, C. M. y J. D. Forciniti.** 2002. El tiempo y los cultivos en el periodo Diciembre 2001-Febrero 2002. Avance Agroindustrial 23 (1): 37-40.
- Soria, F. J., C. Fandos.** 2000. Relevamiento satelital de la Provincia de Tucumán, determinación del área cultivada con citrus y granos, y producción de caña de azúcar. C.F.I. – EEAOC Tucumán. Argentina
- Soria, F. J., C. Fandos.** 2001. Estimación de superficies cultivadas y rendimientos productivos utilizando información de sensores remotos. C.F.I. – EEAOC Tucumán. Argentina.

## **Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombes”**

AV. William Cross 3150

-4101- Las Talitas

Prov. de Tucumán

ARGENTINA

Tel.: 0381-4276561

Fax: 0381-4276404

E\_mail: [srysig@eeaoc.org.ar](mailto:srysig@eeaoc.org.ar)

## **Consejo Federal de Inversiones**

San Martín 871

-1004-Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ARGENTINA

Tel.: 011-43170700

Fax: 011-43170793

E\_mail: [bbakarcic@cfired.org.ar](mailto:bbakarcic@cfired.org.ar)

## **Comisión Nacional de Actividades Espaciales**

Paseo Colon 751

-1097- Ciudad Autónoma de Buenos Aires

ARGENTINA

Tel.: 011-43310074

Fax: 011-43313446

E\_mail: [jizaurra@conae.gov.ar](mailto:jizaurra@conae.gov.ar)