

**PROVINCIA DE TUCUMÁN
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROINDUSTRIAL
“OBISPO COLOMBRES”**



**ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE CULTIVADA CON TRIGO
UTILIZANDO DATOS DEL SATELITE LANDSAT7 ETM+
EN LA PROVINCIA DE TUCUMÁN
Y ÁREAS DE INFLUENCIA
CAMPAÑA 2001**

**TUCUMÁN
Noviembre de 2001**

Instituciones Participantes:



Ministerio de la Producción de la Provincia de Tucumán

Consejo Federal de Inversiones

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes

Comisión Nacional de Actividades Espaciales

Ejecución del Proyecto:

Lic. Federico J. Soria

Ing. Agr. Carmina del V. Fandos

ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE CULTIVADA CON TRIGO UTILIZANDO DATOS DEL SATELITE LANDSAT7 ETM+ EN LA PROVINCIA DE TUCUMAN Y AREAS DE INFLUENCIA

INDICE:

	Página
1.- Introducción y objetivos	4
2.- Aspectos generales del cultivo de trigo	4
2.1.- Características de la campaña 2001	5
2.2.- Estadios del cultivo con significación para el procesamiento digital	5
3.- Metodología de trabajo	7
3.1.- Proceso de clasificación	8
3.1.1.- Selección de imágenes	8
3.1.2.- Obtención y selección de firmas espectrales	9
3.1.3.- Clasificación multiespectral	10
4.- Resultados	10
4.1.- Validación	12
5.- Conclusiones	12
6.- Bibliografía	14
ANEXO Figura 1: Aspectos de la cobertura del suelo durante el ciclo del trigo en la Provincia de Tucumán	16
ANEXO Datos Climáticos	17
ANEXO Planilla de campo Trigo 2001	18
ANEXO Estadísticas de firmas espectrales Trigo 2001	19
ANEXO Mapa Temático Trigo 2001	20

1.- Introducción y objetivos

Desde el año 1997 la Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombres” (EEAOC) viene utilizando imágenes satelitales LandSat para la estimación de superficie de los principales cultivos de la Provincia de Tucumán.

En el caso del cultivo de trigo, realizó una primera experiencia en el año 1999 estimando el trigo bajo riego con sistema de pivote central.

En la presente campaña el objetivo fue estimar el área triguera en la Provincia de Tucumán y sus 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.

2.- Aspectos generales del cultivo de trigo

El trigo se encuentra entre los cultivos tradicionales de la Provincia de Tucumán, aunque la extensión de la superficie cultivada anualmente está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales previas a la siembra.

El trigo es una planta anual cuyo tallo es erecto, cilíndrico y hueco con 5 a 7 nudos, presentando formación de macollos que son ramificaciones que se producen en la base y dan lugar a tallos que se desarrollan paralelamente al principal. Las hojas presentan 2 partes bien diferenciadas, la vaina, que es la sección que se inserta en el nudo y que envuelve al tallo y la lámina, de forma linear o linear lanceolada. La inflorescencia del trigo es una espiga con espiguillas sésiles. Mide generalmente de 7 a 10 cm y lleva en promedio de 15 a 20 espiguillas

Con respecto a su ubicación, la mayor superficie se reparte en las regiones agrológicas del Pedemonte y la Llanura Chacopampeana, restringiéndose el trigo con riego en pivote central a esta última región.

En la mayoría de los casos el trigo sucede a la soja y la época de siembra se extiende desde fines de abril a fines de junio dependiendo de las condiciones de humedad de los suelos y de la cosecha del cultivo de verano, siendo la cantidad de agua almacenada en los suelos a partir de las lluvias estivo-otoñales el factor que condiciona la intención de siembra. Si bien el régimen monzónico (con concentración de las lluvias en los meses estivales y un período invierno-primaveral seco), determina la necesidad de riego durante el ciclo del cultivo, la mayor parte de la superficie sembrada se realiza en condiciones de secano.

Según investigaciones de las Secciones Agrometeorología y Granos de la E.E.A.O.C., las lluvias acumuladas de febrero a mayo son las que proveen la humedad necesaria para la implantación y el posterior crecimiento y desarrollo del cultivo. Las lluvias de agosto-setiembre, que aportan humedad adicional en el momento de los máximos requerimientos del cultivo y el comportamiento de la temperatura en los meses invernales, terminan definiendo los resultados de producción.

El ciclo del cultivo oscila entre 120 y 150 días según la variedad sea de ciclo corto, intermedio o largo.

De acuerdo a la fecha de siembra y la productividad del lote se define la variedad y la densidad de siembra. En siembras tempranas, desde el 20 de abril al 5 de mayo, se recomiendan variedades de ciclo largo; para siembras entre el 6 y el 20 de mayo, variedades de ciclo intermedio y para siembras tardías, variedades de ciclo corto. Con respecto a la densidad de siembra, en lotes con alto potencial de rendimiento y buen contenido de humedad se recomienda alta densidad (300 plantas por metro cuadrado). A medida que las condiciones ambientales y de suelo se empobrecen la densidad de siembra debe ser disminuida, hasta 140-120 plantas por metro cuadrado. (Sección Granos de la E.E.A.O.C.).

La cosecha de trigo se realiza desde mediados de setiembre a mediados de noviembre.

2.1.- Características de la campaña 2001

En la actual campaña, las abundantes precipitaciones registradas entre los meses de febrero y mayo determinaron un muy buen contenido de humedad en los suelos. Esta condición incrementó notablemente la intención de siembra por parte de los productores, favorecida además por la disponibilidad de lotes provenientes de soja de cosecha temprana en el mes de abril.

Las siembras se iniciaron a mediados de abril, se generalizaron en el mes de mayo y finalizaron en junio. El nacimiento, implantación y posterior evolución de los cultivos fueron en general muy buenos.

2.2.- Estadios del cultivo con significación para el procesamiento digital

Los estadios fenológicos en los que el trigo presenta características claramente diferenciadas, las cuales cobran importancia al momento de la clasificación digital, se

indican en los párrafos subsiguientes (Anexo: Figura 1 Aspectos de la cobertura del suelo durante el ciclo del trigo en la Provincia de Tucumán.)

La mayor parte de la superficie sembrada en Tucumán se realiza bajo el sistema de labranza conservacionista, principalmente siembra directa, por lo que, previo a la siembra, se realiza la aplicación de herbicidas para el “control” de las malezas, esto da al lote una coloración en la gama de los castaños, dependiendo del tipo de suelo y del rastrojo del cultivo anterior. El campo mantiene este aspecto alrededor de 30 a 40 días posteriores a la siembra. A partir de entonces las plantas adquieren mayor volumen por el desarrollo de los macollos.

El “cierre” del cultivo (cobertura completa del terreno por parte de las plantas), se produce entre los 80 a 90 días de iniciado el ciclo. En este momento el lote se presenta de color verde intenso (foto subsiguiente), que se mantiene incluso durante los estadios de floración y comienzo de maduración.



Huasa Pampa Norte (Depto. La Cocha),
Coordenadas aproximadas 3.534.996/6.937.697

Alrededor de los 100 a 120 días las hojas, tallos y espigas comienzan un proceso de “amarillamiento”, tonalidad que se generaliza aproximadamente 10 días antes de cosecha. Al momento de la cosecha el color amarillo brillante se opaca virando a la gama de los tonos grisáceos tal como se observa en la siguiente foto.



San Felipe (Depto. Capital),
Coordenadas aproximadas 3.577.614/7.025.940

3.- Metodología de trabajo

En la clasificación del año 1999 se utilizó el método analógico, realizando un análisis visual para la interpretación de las imágenes. Esta metodología resultó efectiva dadas las características que exhiben los cultivos bajo este tipo de riego, ya que, por un lado, al presentar formas circulares permiten su distinción y discriminación de los lotes rectangulares o irregulares de su entorno y por otro lado, su coloración contrasta con la de los campos circundantes, hecho que se acentúa en las campañas en que no se cultiva trigo en seco.

En el presente trabajo dadas las favorables características climáticas registradas al inicio de la campaña, se presuponía un marcado incremento de la superficie sembrada en seco razón por la cual se consideró apropiado efectuar el análisis digital de la información, adoptando la metodología de clasificación multiespectral supervisada. Dicha metodología se encuentra detallada en el Informe Final correspondientes al contrato de obra firmado entre el C.F.I. y la EEAOC, mediante el cual la EEAOC 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).

A continuación se enumeran los pasos seguidos durante el proceso y los detalles propios de la presente campaña.

- Relevamiento a campo: selección y georreferenciación de lotes de control.
- 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.

Las características inherentes al proceso de clasificación del cultivo de trigo se desarrollan a continuación.

3.1.- Proceso de clasificación

3.1.1 .-Selección de imágenes

Las imágenes disponibles para realizar la clasificación correspondieron a los estadios en que la mayoría de los campos de trigo presentan una coloración verde intensa debido a que las plantas ya cubrieron todo el terreno y todavía no se generalizó el proceso de maduración de los granos.

En el Cuadro 1 se consignan las imágenes utilizadas:

Orbital	Centro de imagen	Fecha de adquisición	Sensor
230	78	20/08/01	LandSat7 ETM+
230	79	20/08/01	LandSat7 ETM+
231	78	12/09/01	LandSat7 ETM+
231	79	12/09/01	LandSat7 ETM+

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

Las condiciones climáticas imperantes al momento de la adquisición de las imágenes se detallan en el Anexo: Datos Climáticos.

3.1.2 .- Obtención y selección de firmas espectrales

Para la selección de firmas espectrales se contó con la información de 175 campos de control (Anexo: Planilla de Campo Trigo 2001).

La base de datos generada se cargó con los siguientes ítems:

Área: región agrológica en la que se encuentra;

Ruta: ruta o camino de acceso a la finca;

Departamento: en la que se ubica la propiedad;

Localidad: en la que se ubica la propiedad;

Finca - Lote: nomenclatura de identificación de los lotes ;

Superficie: área del campo de control expresada en hectáreas ;

Variedad: nombre de la variedad cultivada en el campo de control;

Fecha de siembra: fecha en que el lote fue sembrado;

Manejo: sistema de labranza;

Latitud: coordenada geográfica en grados;

Longitud: coordenada geográfica en grados;

X: coordenada plana en metros;

Y: coordenada plana en metros.

En el proceso de extracción de las firmas espectrales se tuvieron en cuenta las variedades y fechas de siembra presentes en los lotes de control, como así también la distribución geográfica de los mismos.

Las diferencias entre los valores medios de los niveles digitales (ND) obtenidos en los distintos orbitales (Anexo: Firmas espectrales de Trigo 2001) pueden observarse en el histograma de la Figura 2.

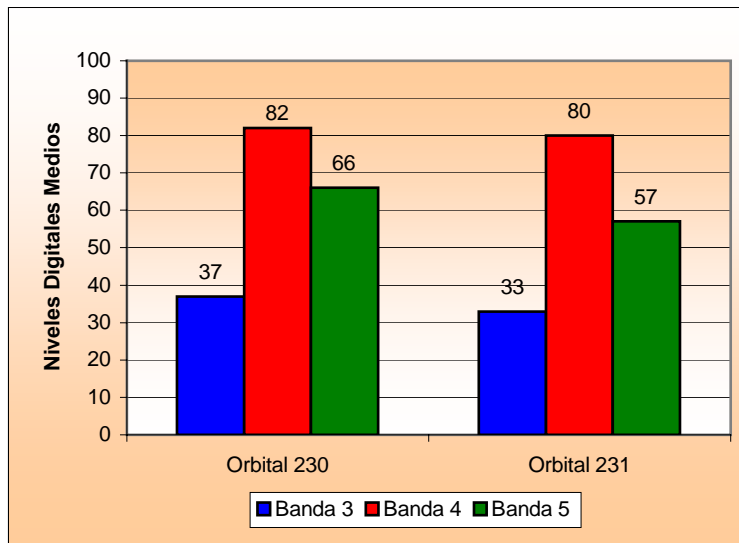


Figura 2: Histograma de los Niveles Digitales Medios para el cultivo de trigo, campaña 2001

3.1.3.- Clasificación multiespectral

Una vez que se definieron los juegos de firmas espectrales se ejecutó el proceso de clasificación sobre cada uno de los orbitales por separado. Los resultados obtenidos, gráficos y estadísticos, se exponen a continuación.

4.- Resultados

Con la imagen temática resultante se confeccionó un mapa en el que se muestra la distribución espacial del cultivo de trigo en la Provincia de Tucumán y sus zonas de influencia en la campaña 2001 (Anexo: Mapa temático de Trigo, campaña 2001)

La **superficie bruta** del área cultivada con trigo en la Provincia de Tucumán y sus áreas de influencia se calculó en 215.740 ha, correspondiendo 171.790 ha a la Provincia de Tucumán, 25.850 ha al área de influencia de la Provincia en Santiago del Estero y 18.100 ha al área de influencia en Catamarca.

Por la resolución espacial del sensor (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 Sección Granos 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 trigo en la Provincia de Tucumán y sus áreas de influencia se calculó en **200.640 ha**, correspondiendo **159.770 ha** a la Provincia de Tucumán, **24.040 ha** al área de influencia de la Provincia en Santiago del Estero y **16.830 ha** al área de influencia en Catamarca. El detalle de la superficie neta de la Provincia de Tucumán, discriminada por Departamento se indica en el Cuadro 2:

Departamentos	Superficie neta (ha)
Burruyacu	73.260
Cruz Alta	26.700
La Cocha	24.890
Leales	21.280
Graneros	10.990
Simoca	2.090
J. B. Alberdi	460
Capital	100
Total Tucumán	159.770

Cuadro 2: Distribución departamental del cultivo de trigo en la Provincia de Tucumán, campaña 2001

Del análisis del Cuadro 2 se desprende la preponderancia del Departamento Burruyacú ya que concentró casi el 50% de la superficie sembrada. Para una mejor visualización de los datos se graficaron los valores porcentuales de cada Departamento (Figura 3).

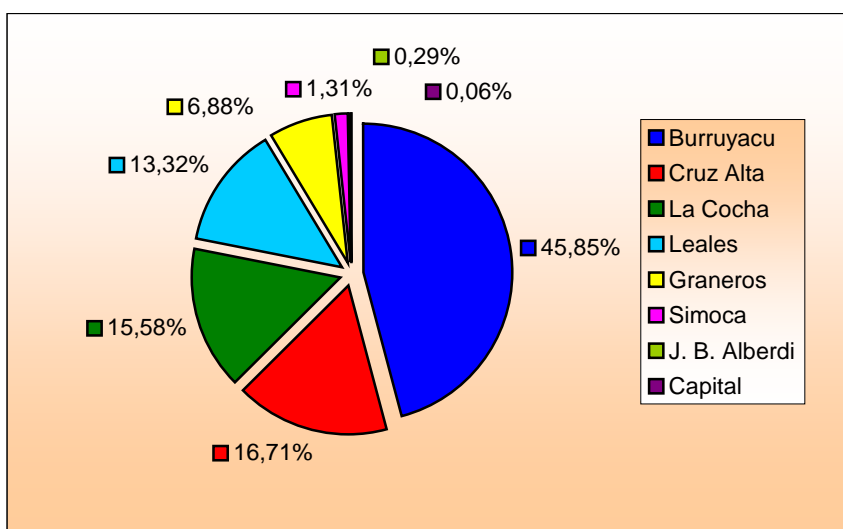


Figura 3: Distribución porcentual, por Departamento, de los cultivos de trigo, campaña 2001

4.1.- Validación

La validación del presente trabajo se realizó por dos vías diferentes, una utilizando la información de los campos de control no utilizados en la selección de las firmas espectrales, alrededor de 20.500 ha, lo que implicó un 10% de la superficie neta total calculada y la otra mediante el chequeo a campo de lotes, distintos a los campos de control, clasificados como trigo. De esta validación resultó un error de $\pm 5\%$.

El error de comisión fundamentalmente se dio en algunos campos ocupados con caña de azúcar que fue cosechada al inicio de zafra y con sectores de montes degradados que quedaron involucrados en la clasificación de trigo. En cuanto al error de omisión se verificó en algunos campos de trigo sembrados muy tardíamente (posteriores al 20 de junio).

5.- Conclusiones

- La superficie neta total dedicada al cultivo de trigo en la Provincia de Tucumán para la campaña 2001 fue de **159.770 ha**.
- La campaña triguera del año 2001 comparada con la del año 1997 resultó casi 10 veces mayor, ya que en dicha campaña la superficie neta total para la Provincia fue estimada en **15.040 ha** (Soria, F. J., C. Fandos. 2001, inédito). Este incremento estuvo estrechamente relacionado con el aumento de las precipitaciones estivo-otoñales en los últimos años (Punto 2, página 5).
- Los Departamentos que se destacan por la cantidad de hectáreas ocupadas con trigo son Burruyacú, que detenta 45.8% del área triguera provincial, al que le siguen, muy rezagados, los departamentos Cruz Alta (16.7 %) y La Cocha (15.5%).
- Las firmas espectrales tomadas para la clasificación digital fueron extractadas al momento en que el cultivo presentaba una cobertura vegetal uniforme. Los modelos resultantes solo son válidos para el juego de imágenes utilizado.

6.- Bibliografía

- Chuvieco, E.** 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid, España.
- Fontquer, P.** 1953. Diccionario de Botánica. España.
- Lamelas, C. M., D. E. Gamboa, J. Manzur y F. R. Perez.** 1991. Rendimiento del cultivo de trigo en Tucumán. Pub. Misc. E.E.A.O.C. Nº 89. 24 pp.
- Lamelas, C. M. y J. D. Forciniti.** 2001. El tiempo y los cultivos en el periodo Junio-Agosto 2001. Avance Agroindustrial 22 (3): 44-47.
- 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. – E.E.A.O.C. Tucumán. Argentina
- Soria, F. J., C. Fandos.** 2001. Estimación de superficies cultivadas y rendimientos productivos utilizando información de sensores remotos. C.F.I. – E.E.A.O.C. Tucumán. Argentina.

Estación Experimental Agroindustrial “Obispo Colombres”

AV. William Cross 3150

-4101- Las Talitas

Prov. de Tucumán

ARGENTINA

Tel.: 0381-4276561

Fax: 0381-4276404

E_mail: 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

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

ANEXO

- **Figura 1: Aspectos de la cobertura del suelo durante el ciclo del trigo en la Provincia de Tucumán**

Figura 1: Aspectos de la cobertura del suelo durante el ciclo del trigo en la Provincia de Tucumán



Referencias

- Suelos desnudos
- Suelos parcialmente cubiertos
- Suelos totalmente cubiertos con vegetación verde intensa
- Suelos totalmente cubiertos con vegetación verde-amarillenta o amarillo brillante
- Suelos totalmente cubiertos con vegetación amarillo-grisácea