



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE POR COSECHAR Y ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS DE SORGO EN EL CICLO OTOÑO-INVIerno 99-00 EN TAMAULIPAS, MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO GEORREFERENCIADO Y MUESTREO ESTADÍSTICO.

INFORME ACADÉMICO DE ACTIVIDAD PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A :

JORGE TELLO TORRES

ASESOR: LIC. ANA ELSA DOMÍNGUEZ CEBALLOS



CD. DE MÉXICO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

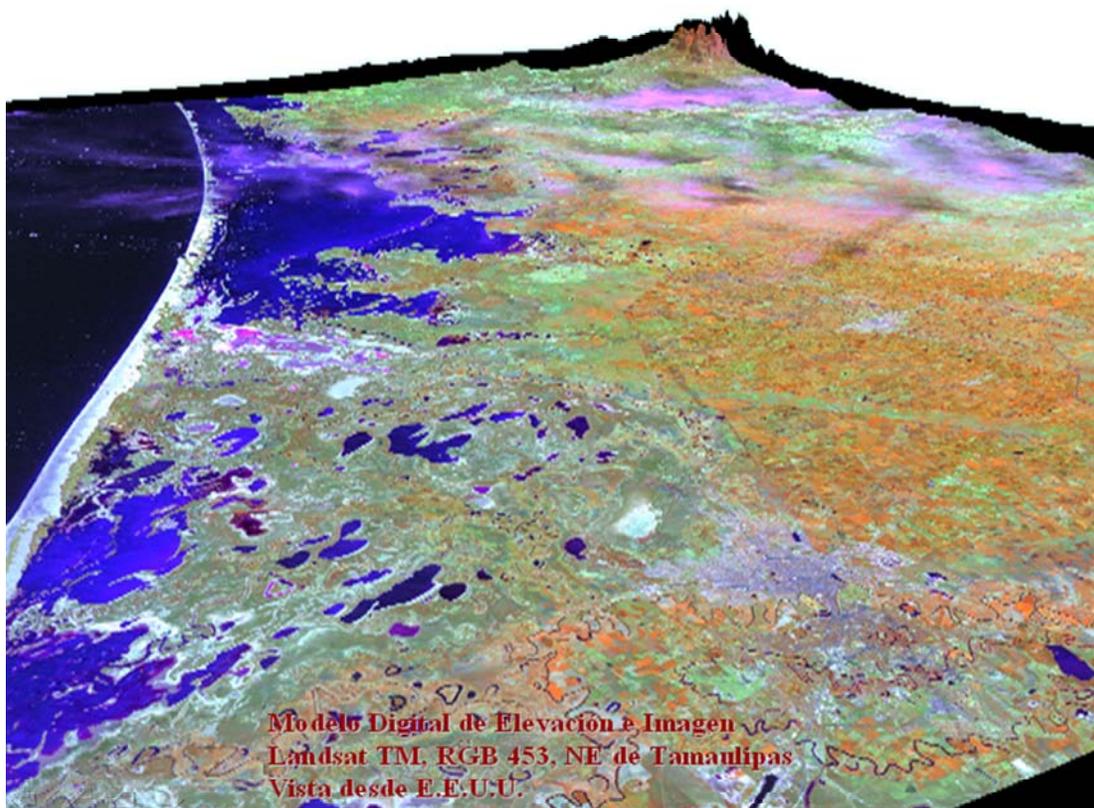
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERÍA Y
DESARROLLO RURAL
CENTRO DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE POR COSECHAR
Y ESTIMACIÓN DE RENDIMIENTOS AGRÍCOLAS
DE SORGO EN EL CICLO OTOÑO – INVIERNO 99-00
EN TAMAULIPAS
MEDIANTE TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO
GEORREFERENCIADO Y MUESTREO ESTADÍSTICO**



ÍNDICE

OBJETIVOS	6
CONTEXTO GEOGRÁFICO	7
Localización del área de estudio	7
Agricultura	8
Fisiografía	9
Climas	11
Hidrografía	14
Regiones Hidrológicas de Tamaulipas:	14
presas	17
ANTECEDENTES AGRÍCOLAS	18
Con respecto a la producción de Sorgo	19
PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL	21
Centro de Estadística Agropecuaria (CEA)	22
Delegación de la SAGAR en el Estado y Gobierno del Estado de Tamaulipas	22
Apoyos y Servicios a la comercialización Agropecuaria (ASERCA)	23
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP)	23
METODOLOGÍA	24
Preliminares al inicio del operativo de campo	25
Programación de Imágenes (área de Geografía)	25
Cálculo del tamaño de la muestra (procedimiento del Área de Encuestas)	25
Capacitación de técnicos de campo (Áreas de Geografía y Encuestas)	26
De la temporalidad de los trabajos de campo.	27
Fenología en la agricultura (conceptos generales)	27
Aspectos Metodológicos a Considerar	30
TRABAJO DE CAMPO	31
Reconocimiento y selección de rutas en áreas agrícolas	31
Selección de predio y delimitación de sitios	31
Levantamiento de información GPS y procesamiento de datos	35
Integración y transformación a coberturas compatibles con formatos de imagen	36
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	38
Vectores	40
Procesamientos de Imagen.	41
Inicio de los trabajos operativos	41
Programación PARA la adquisición de toma satelital	44
Referencia geográfica	46
TRABAJO de campo GPS	47
Procesamiento de información GPS	49

Cartografía Digital	51
RESULTADOS CONJUNTOS ENTRE EL ÁREA DE GEOGRAFÍA CON EL ÁREA DE ENCUESTAS	54
PROCESO DE IMÁGENES	56
Etapas del procesamiento de imágenes de satélite	58
Primera etapa:	60
a) Lectura-escritura	60
b) Pegado de Bandas:	60
c) Rectificación geométrica:	60
d) Recortes de áreas de interés (AOI's):	61
e) Sobreposición:	61
f) Fotoidentificación:	61
Segunda etapa:	62
g) Clasificación isodata:	62
h) Cuantificación de superficies:	63
i) Estimación por nubosidad.	64
Consideraciones:	66
Edición	66
RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES	67
Distrito Díaz Ordaz:	68
Distrito de Control:	68
Distrito de San Fernando:	69
Resultados Estatales	71
CONCLUSIONES	72
Aumento de la producción con respecto al registro histórico en la entidad.	73
BENEFICIOS	74
Para Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA)	74
Delegación de la SAGAR en el Estado de Tamaulipas	74
Instituto Nacional de Investigaciones forestales y Agropecuarias (INIFAP)	75
Centro de Estadísticas Agropecuarias (CEA)	75
ANEXO CARTOGRÁFICO	77
NOTAS	87
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	95
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS	96
ILUSTRACIONES	96
TABLAS	97

El trabajo se presentó el 28 de junio del 2000

INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO:

**DETERMINACIÓN DE SUPERFICIE POR COSECHAR Y PRODUCCIÓN DE SORGO A
OBTENER, PARA EL CICLO OTOÑO – INVIERNO 99- 2000 EN EL ESTADO DE
TAMAULIPAS, MEDIANTE TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA Y SISTEMAS
GEORREFERIDOS**

OBJETIVOS

General: Aplicar la tecnología de Sistemas de Posicionamiento Global, Método Estadístico, Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota para la identificación, cuantificación de área de cultivo, cálculo de rendimientos agrícolas, y la estimación de la producción en un territorio y tiempos determinados, para el cultivo de sorgo, en el ciclo O-I 99-00.

Particular A: Determinar la superficie sembrada por cosechar de sorgo y el rendimiento agrícola promedio, en los tres principales Distritos de Desarrollo Rural, Díaz Ordaz, Control y San Fernando, para el ciclo otoño-invierno 99-2000, mediante el levantamiento de información con equipos receptores GPS, y aplicación de métodos estadísticos de muestreo y análisis de laboratorio.

Particular B: Mediante el procesamiento de dos imágenes de satélite de la misma zona, se reafirman y complementan los resultados obtenidos a partir del muestreo estadístico y del propio de campo con el equipo GPS.

Particular C: Mediante esta experiencia sentar las bases para que el personal capacitado asimile el procedimiento e incorpore en su trabajo cotidiano, los métodos y la tecnología para obtener datos y resultados, tanto en proceso estadístico y GPS, como por medio de los procesos georreferenciados.

CONTEXTO GEOGRÁFICO

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

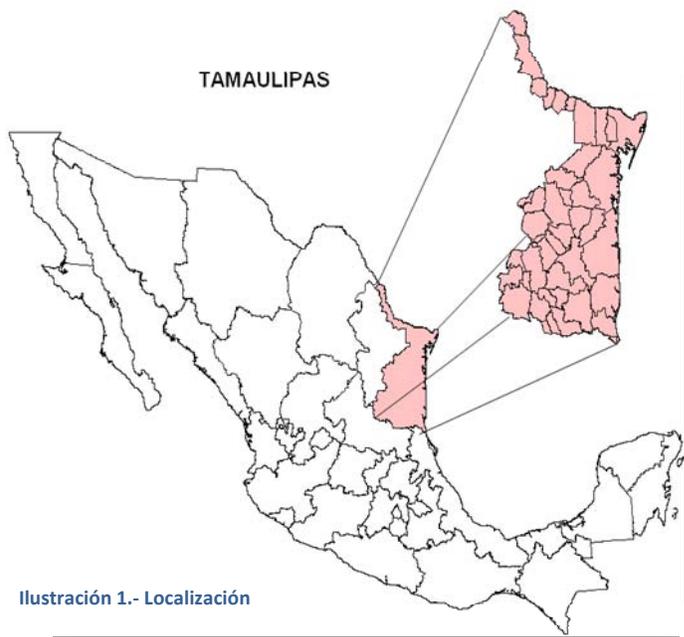


Ilustración 1.- Localización

Con una superficie territorial de 78,380 km². La longitud de su costa es de 439 km y la de su frontera es de 400 km al Noreste de la República Mexicana, el estado de Tamaulipas se enmarca entre los: 22° 12' 31'' y 27° 40' 42'' de latitud norte y los 97° 08' 38'' y 100° 08' 52'' de longitud oeste (ilustración 1)

Sus colindancias son con el estado de Texas de los E.U.A. al norte, al este con el Golfo de México, al sur con los estados de Veracruz y de San Luís

Potosí y al oeste con el estado de Nuevo León

Como datos adicionales, el territorio estatal en su mayor parte es poco elevado y el Trópico de Cáncer cruza el estado al sur de Cd. Victoria

AGRICULTURA

La actividad agropecuaria del estado está establecida en las zonas siguientes: la franja fronteriza y las zonas centrales y sur, cultivándose sorgo, maíz, caña de azúcar, algodón, soya, henequén y trigo, como los más importantes.

La superficie cultivada del estado representa el 20% de su territorio la zona de riego comprenden ocho distritos y pequeñas unidades de riego, entre los que sobresale el bajo Río Bravo, siguiéndole en importancia el bajo Río San Juan.

Como datos a resaltar en el año 2002 el estado produjo un total de 5,935,345 toneladas de productos agrícolas, de los cuales destaca la producción de sorgo, maíz, cártamo, soya, frijol, cebolla, sorgo forrajero, okra y chile verde.

En el estado se reconocen dos principales zonas agrícolas, al norte y al sur, siendo la del norte la que le da la principal importancia agrícola al estado de Tamaulipas en lo que al cultivo de sorgo se refiere, se caracteriza por su alta productividad y por ser una extensa zona de riego. Cabe mencionar que en esta zona se concentra el análisis realizado. (Ilustración 2)

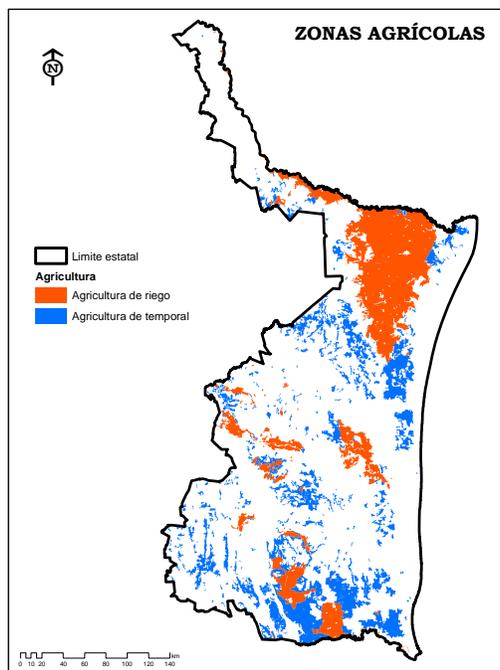


Ilustración 2.- Zonas agrícolas

En lo que se refiere a la actividad pecuaria, el estado de Tamaulipas también tiene una actividad importante, pero al no ser tema de este trabajo solo se presenta resumida en el cuadro siguiente.

LUGAR QUE OCUPAN LOS ESTADOS POR PRODUCTO 2006												
ESTADO	CARNE EN CANAL					GUAJOLOTE	LECHE		OTROS PRODUCTOS			
	BOVINO	PORCINO	OVINO	CAPRINO	AVE		BOVINO	CAPRINO	HUEVO PARA PLATO	MIEL	CERA EN GREÑA	LANA SUCIA
AGUASCALIENTES	26ª	19ª	22ª	25ª	5ª		9ª		18ª	22ª		
BAJA CALIFORNIA	4ª	31ª	26ª	23ª	28ª		14ª	16ª	14ª	30ª	24ª	
BAJA CALIFORNIA SUR	29ª	32ª	28ª	22ª	31ª		24ª	13ª	29ª	28ª	15ª	
CAMPECHE	25ª	24ª	18ª	27ª	22ª	12ª	27ª		22ª	2ª	23ª	
COAHUILA	13ª	21ª	20ª	1ª	13ª		2ª	1ª	8ª	27ª	19ª	12ª
COLIMA	28ª	28ª	32ª	26ª	20ª	18ª	26ª	20ª	26ª	26ª	17ª	
CHIAPAS	3ª	12ª	15ª	11ª	11ª	10ª	12ª		21ª	6ª	12ª	11ª
CHIHUAHUA	7ª	23ª	10ª	14ª	25ª	2ª	4ª	4ª	20ª	20ª	18ª	13ª
DISTRITO FEDERAL	32ª	30ª	30ª	32ª	3ª		30ª		31ª	32ª		
DURANGO	8ª	26ª	23ª	12ª	3ª		3ª	2ª	6ª	19ª	11ª	10ª
GUANAJUATO	19ª	3ª	12ª	10ª	7ª		6ª	3ª	5ª	18ª		
GUERRERO	18ª	11ª	21ª	5ª	21ª	7ª	22ª		16ª	5ª	2ª	
HIDALGO	21ª	13ª	2ª	15ª	15ª	8ª	8ª	18ª	17ª	15ª	14ª	1ª
JALISCO	2ª	1ª	9ª	8ª	2ª	20ª	1ª	5ª	1ª	3ª	1ª	
MEXICO	15ª	10ª	1ª	19ª	9ª	3ª	7ª		12ª	12ª	16ª	2ª
MICHOACAN	12ª	7ª	14ª	7ª	16ª	14ª	11ª	8ª	10ª	10ª	8ª	9ª
MORELOS	30ª	29ª	24ª	21ª	17ª		29ª			17ª		
NAYARIT	24ª	25ª	29ª	16ª	19ª		23ª	19ª	15ª	23ª	25ª	
NUEVO LEON	20ª	15ª	25ª	13ª	12ª		25ª	7ª	4ª	24ª	22ª	14ª
OAXACA	16ª	9ª	11ª	2ª	24ª	11ª	18ª		19ª	8ª	9ª	5ª
PUEBLA	17ª	5ª	4ª	3ª	6ª	4ª	10ª	14ª	2ª	7ª	5ª	7ª
QUERETARO	23ª	17ª	19ª	24ª	4ª	17ª	13ª	15ª	11ª	31ª	27ª	
QUINTANA ROO	31ª	27ª	31ª	28ª	23ª	16ª	32ª		28ª	9ª	10ª	
SAN LUIS POTOSI	10ª	20ª	6ª	6ª	14ª	19ª	16ª	9ª	24ª	14ª	21ª	6ª
SINALOA	6ª	14ª	7ª	11ª	8ª		21ª		9ª	16ª	6ª	
SONORA	5ª	2ª	17ª	20ª	26ª	5ª	17ª	12ª	3ª	25ª		
TABASCO	9ª	16ª	27ª	18ª	6ª		19ª		25ª	29ª	26ª	
TAMAILIPAS	11ª	8ª	8ª	9ª	30ª		28ª	17ª	30ª	21ª	13ª	
TLAXCALA	27ª	18ª	13ª	17ª	29ª	13ª	20ª	10ª	27ª	13ª	20ª	5ª
VERACRUZ	1ª	6ª	3ª	16ª	1ª	9ª	5ª	11ª	13ª	4ª	4ª	8ª
YUCATAN	22ª	4ª	16ª	10ª	10ª	1ª	31ª		7ª	1ª	7ª	
ZACATECAS	14ª	22ª	5ª	4ª	27ª	15ª	15ª	6ª	23ª	11ª	3ª	4ª

Tabla 1 Producción pecuaria

FISIOGRAFÍA

El estado de Tamaulipas se encuentra en 8 regiones fisiográficas, mismas que se ilustran en el mapa temático al respecto, mediante el cual se aprecia que la principal zona agrícola se localiza en la “Llanura Costera Tamaulipeca”, de hecho las zonas agrícolas se localizan principalmente en zonas de llanuras (ilustración 3).

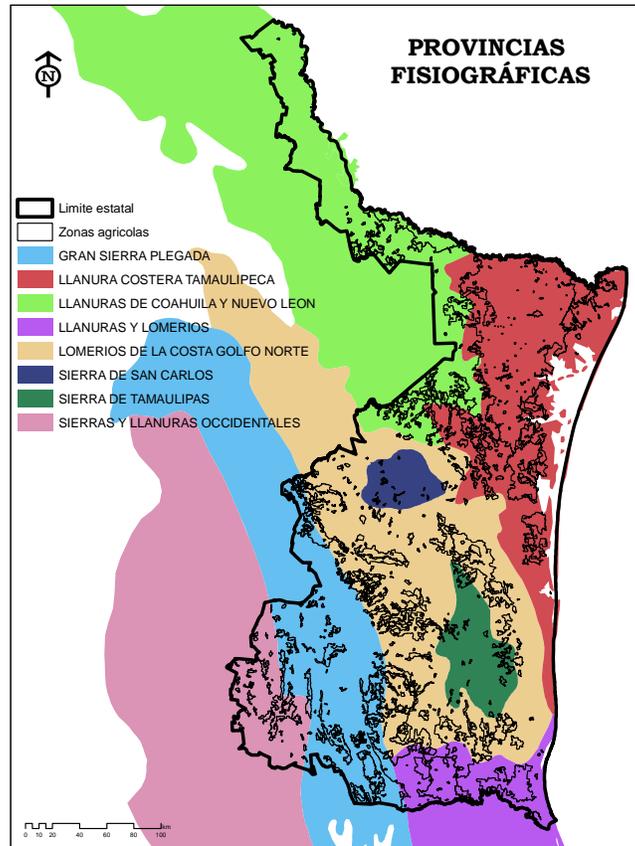


Ilustración 3.- Fisiografía

En lo que se refiere a la orografía el estado se caracteriza de la siguiente manera:

Gran parte de la Sierra Madre Oriental que penetra al sur de Tamaulipas por el lindero de San Luis Potosí cruza un sector del Estado con dirección del sureste-noroeste, conformándose por diversas cadenas de montañas, entre las que destacan las sierras de Tanchipa, Cucharas, Nicolás Pérez, Chamal, La Colmena y Tula.

Al dominar el suroeste de Tamaulipas, la Sierra Madre Oriental enriquece las cuencas de los ríos Tamesí y Soto la Marina con su “sombra pluvial”, fenómeno meteorológico en que las fajas montañosas recogen la humedad proveniente del Golfo de México, propiciando abundantes lluvias que favorecen ampliamente la agricultura estatal (ilustración 4).

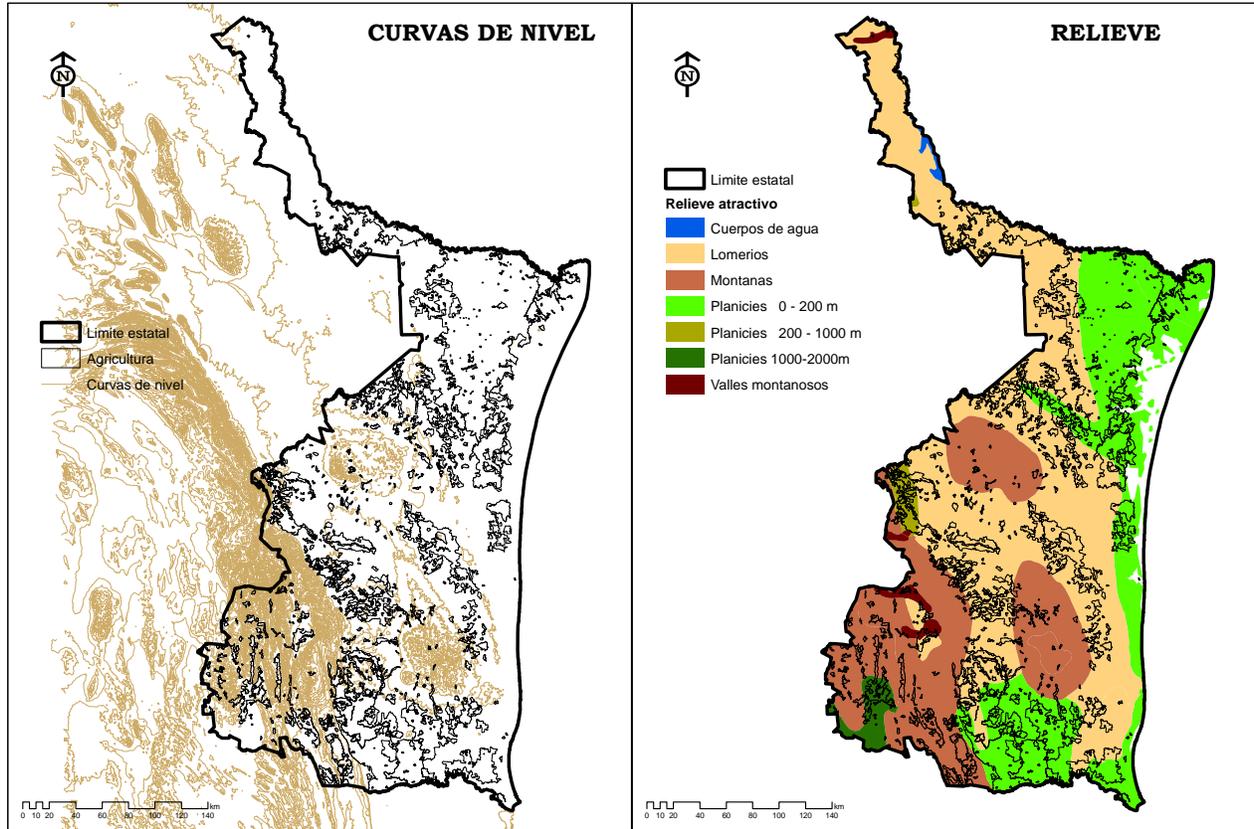


Ilustración 4.- Topografía

CLIMAS

No obstante que en Tamaulipas predomina un clima calido, de los tipo B especialmente hacia las regiones fronterizas y de la costa, clima tipo C en las partes altas y A en la parte central del estado. Existen en la entidad diferentes zonas climáticas que varían entre sí según tres elementos geográficos fundamentales: La latitud donde se encuentra el Estado, su vecindad con el Golfo de México y la altitud de sus tierras. Los distintos tipos de climas existentes en el estado se describen en el siguiente cuadro y que se complementan con el plano correspondiente (ilustración 5).

CLIMAS DEL ESTADO DE TAMAULIPAS	
CLIMA TIPO	DESCRIPCIÓN
BSohw	Arido, calido, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
BSo(h')(x')	Arido, calido, lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual
BSokw	Arido, templado, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
BSok(x')	Arido, templado, lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual
Aw1	Calido subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
Aw2	Calido subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
Awo	Calido subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
BS1(h')w	Semiarido, calido, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
BS1(h')(x')	Semiarido, calido, lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual
BS1hw	Semiarido, templado con lluvias en verano del 5 al 10.2% anual
BS1k(x')	Semiarido, templado, lluvias de verano mayores al 18% anual
BS1h(x')	Semiarido, templado, lluvias de verano mayores all 18% anual
(A)C(m)	Semicalido, templado humedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
(A)C(w1)	Semicalido, templado subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
(A)C(wo)	Semicalido, templado subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
(A)C(w2)	Semicalido, templado subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
(A)C(wo)x'	Semicalido, templado subhumedo, lluvias de verano mayores al 10.2 % anual
C(m)	Templado, humedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
C(w2)	Templado, subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
C(w1)	Templado, subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
C(wo)	Templado, subhumedo, lluvias de verano del 5 al 10.2% anual
C(wo)x'	Templado, subhumedo, lluvias en verano mayores al 10.2% anual

Tabla 2.- Climas

En las zonas centro y norte de la entidad prevalece un clima cálido con lluvias escasas; al sur se registra una temperatura más elevada y húmeda (el Trópico de Cáncer se constituye como referencia divisoria). Siguiendo una línea paralela a la Costa del Golfo de México, la presencia de la Sierra Madre Oriental impide en cierta medida que los vientos húmedos lleguen hacia los altiplanos del sureste, ocasionando un clima seco; las diferentes altitudes de la sierra determinan la temperatura cálida en la costa así como un clima templado en el sureste. Durante el verano, la cercanía del mar da lugar a vientos húmedos y ciclones que provocan la precipitación de gran parte de las lluvias anuales; en invierno, las masas de aire polar o “nortes” causan una alta humedad y lluvias que afectan las partes centro y norte del Estado.

Con base en las anteriores consideraciones, Tamaulipas cuenta con tres zonas climáticas:

Zona Centro-Norte

Climas semisecos y semi-cálidos con lluvias escasas todo el año.

Zona Sur-Sureste

Climas cálidos sub-húmedos y húmedos con lluvias en verano.

Zona Sierra Madre Oriental

Clima cálido hasta templado según la altitud y húmedo a seco de este a oeste. Por lo que se refiere a las precipitaciones de granizo, en Tamaulipas ocurren un promedio de dos veces por año, usualmente en verano. Las heladas, por su parte, tienen una frecuencia poco menor a los veinte días anuales.

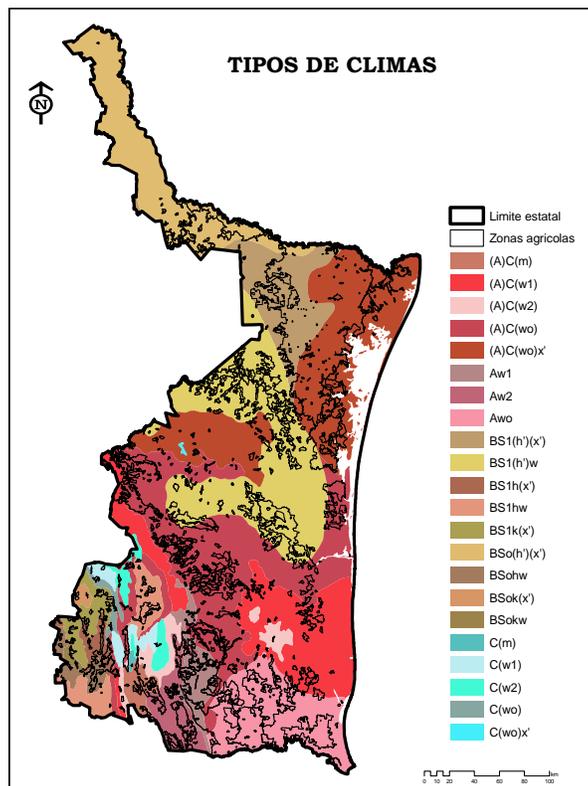


Ilustración 5.- Tipos de climas

HIDROGRAFÍA

Los ríos que descienden de las serranías tamaulipecas y corren a lo largo del Estado, tienen su origen en las altas cuencas nutridas fundamentalmente por las lluvias; las aguas describen un curso moderado al bajar entre valles y montañas, al atravesar por la llanura costera del Golfo de México, el flujo de su curso inferior es lento y tranquilo. El crecimiento de los caudales en estos afluentes se debe a la influencia de los ciclones que eventualmente transitan por el Golfo dando lugar a intensos aguaceros (la entidad se ubica en una región ciclónica). La hidrografía estatal cuenta con aspectos sobresalientes tanto por el considerable caudal y número de sus ríos y arroyos como por la riqueza de sus cuencas.

REGIONES HIDROLÓGICAS DE TAMAULIPAS:

Región del Bravo

Comprende toda el área norte hasta los alrededores de la Laguna Madre. Es de suma importancia ya que alberga al Río Bravo, cuyo recorrido comprende ciudades en pleno desarrollo como Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros.

Región San Fernando

Soto La Marina, Abarca la parte central del Estado y una porción sureste. En ella se registra la totalidad de los escurrimientos que van a dar al Golfo de México, situados entre las cuencas de los ríos Panuco y Bravo.

Región Pánuco

Por el área de terreno que ocupa, así como por el volumen de sus escurrimientos, esta región considerada fundamental en materia hidrológica. Incluye segmentos de los estados de San Luís Potosí, Querétaro e Hidalgo.

Región El Salado

Cubre una pequeña porción del suroeste del Estado a la altura del Trópico de Cáncer, el cual sé sitúa treinta kilómetros al sur de Ciudad Victoria. Está constituida por una serie de cuencas cerradas de diversas dimensiones.

Ríos más representativos de la entidad:

Río Bravo

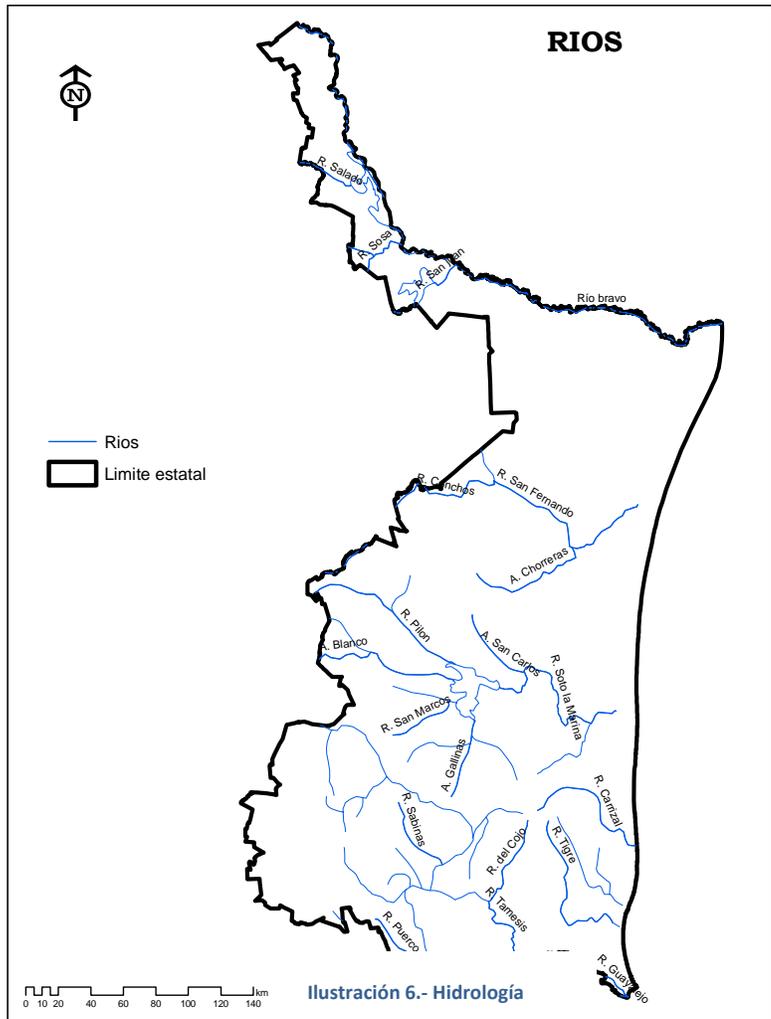
Comprende el lindero norte, límite fronterizo con los Estados Unidos de América desde las inmediaciones de Nuevo Laredo hasta su desembocadura en el Golfo de México. Tiene una longitud de 3,034 kilómetros, nace en las Montañas Rocallosas del país vecino y ha sido frontera internacional desde 1848. En su margen derecho se ubican las ciudades de Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Camargo y Río Bravo entre otras, y se les conocía en sus orígenes como las Villas del Norte, todas con amplia significación en la historia y la economía de la entidad.

Río San Juan

Es un caudaloso afluente del Río Bravo y sus volúmenes de agua son aprovechados en terrenos agrícolas de los municipios de Mier, Miguel Alemán, Camargo, Reynosa y Río Bravo. Nace en las entidades vecinas de Coahuila y Nuevo León. Tiene como afluentes al río Pesquería Grande que a su vez se alimenta por el río Salinas y por la corriente de Santa Catarina y a los ríos Ramos, Pilón, de Rayones y La Laja.

Río Purificación o Soto la Marina

Su principal corriente alimentadora es la del río Blanco, que nace en la Sierra Madre Oriental para unirse a los manantiales del Río Purificación en su curso superior. Al confluir con los ríos Pilón y Corona en la Presa Vicente Guerrero, cambia su denominación por la de Soto la Marina.



Río Guayalejo o Tamesí

Integra una riquísima cuenca agrícola y se origina entre las montañas que forman el valle de Palmillas, en la Sierra Madre. Recibe primeramente el nombre del río Jaumave al pasar por esta municipalidad, confluye luego con el río Chihue y entra al municipio de Llera por el Cañón de Santa Rosa.

El Guayalejo es el límite entre Tamaulipas y Veracruz desde el municipio de González hasta su unión con el Pánuco; Los distritos de riego del Mante y Xicotencatl donde funcionan sendos ingenios azucareros, se benefician con sus aguas y su cuenca se identifica con la región natural de la Huasteca.

Río Pánuco

Luego de recibir las aguas del Río Tamesí a la altura del Puente del Moralillo en la ciudad de Tampico, el Pánuco se constituye como límite con el Estado de Veracruz, a lo largo de ocho kilómetros aproximadamente hasta desembocar en el Golfo de México.

Río Conchos o San Fernando

Nace en la Sierra Madre Oriental en Nuevo León y sus corrientes formadoras son los ríos Potosí y Linares. Al entrar a Tamaulipas por el municipio de Burgos recibe como tributarios al río San Lorenzo y a los arroyos Fresno y Burgos. Su cuenca tiene una extensión de 15,640 kilómetros y toma el nombre de Río San Fernando al pasar por la localidad del mismo título; desemboca en la Laguna Madre.

Río Corona

Llamado río Santa Engracia en su curso superior, el Corona se enriquece con las aguas de los ríos Caballeros, San Pedro y San Marcos que provienen de la Sierra Madre Oriental, al igual que con las aguas del arroyo Grande o de Croix, que también abastece el caudal en la Sierra Madre.

Río Pílon

Se forma con las corrientes que provienen de la Sierra Madre Oriental y de la Sierra de San Carlos. Atraviesa los municipios de Mainero, Villagran e Hidalgo con una dirección inicial de poniente a oriente que varía más adelante y es alimentado por los ríos Santa Lucía y San Carlos al igual que por los arroyos Trinchera y Torrecillas.

PRESAS

Presa Internacional Falcón

Se construyó a ciento veinte kilómetros río abajo de Nuevo Laredo, con el propósito de regular las corrientes del río Bravo e irrigar tierras de cultivo, distribuyéndose entre México y los Estados Unidos la capacidad útil de la presa de acuerdo con El Tratado Internacional de Aguas de 1944. Ambos países aprovechan también la energía producida en una planta hidroeléctrica construida en las riberas cercanas e inaugurada en 1953. Beneficia una superficie mayor a las doscientas mil hectáreas en Tamaulipas.

Presa Marte R. Gómez

También conocida como presa El Azúcar, se localiza dieciséis kilómetros más arriba de la población de Camargo, sobre el Río San Juan. La superficie que beneficiaba, el distrito de riego del Bajo San Juan, es de setenta mil hectáreas.

Presa Vicente Guerrero

Con un vaso de cuatrocientos kilómetros cuadrados que irriga cuarenta y dos mil hectáreas de terrenos agrícolas en Abasolo y Soto La Marina, esta presa desagua sus escurrimientos en el Golfo de México a la altura del poblado La Pesca. Es la segunda en importancia en la entidad y se alimenta de los ríos Pílon, Purificación y Corona, y se sitúa a 54 km al noreste de Cd. Victoria, Tamaulipas.

El litoral tiene una longitud de 439 kilómetros desde la desembocadura del Río Bravo hasta el Río Pánuco, en el litoral tamaulipeco se forman numerosos cuerpos de agua que conforman un importante sistema hidrológico, principalmente la Laguna Madre, del que límite es muy cercano a la desembocadura del río Soto La Marina y tiene una superficie de 9,053 kilómetros cuadrados. Se extiende a lo largo de la costa y en ella confluyen varios escurrimientos, entre ellos el San Fernando o Conchos, que ayuda a disminuir su salinidad y a diversificar, en consecuencia, la fauna acuífera (el ciclo vital de más del sesenta por ciento de esta tiene relación con la Laguna Madre). Otras albuferas o lagunas de relevancia son las de Almagre, San Andrés y Altamira.

ANTECEDENTES AGRÍCOLAS

A lo largo de los años, en la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural(SAGAR) la estimación de la producción de los diversos cultivos, se ha realizado por un lado, en base a la experiencia de los técnicos de campo que la secretaría tiene en cada una de sus delegaciones, en sus Distritos de Desarrollo Rural (DDR) y en los Centros de Atención al Desarrollo Rural (CADER); la estimación sólo se realizaba en base a la observación repetitiva de los rendimientos agrícolas, de acuerdo al conocimiento cotidiano, de la misma disposición de riego y presencia de lluvias en la zona.

Una segunda forma de obtener y reportar la información de la producción de cultivos, la ha constituido el reporte que entregan los propios productores a las unidades administrativas del ramo. El orden de ambos métodos no significa de ninguna manera su importancia de uno sobre otro, en todos los casos ambas formas de obtener información datos se combinaban, para obtener mayor aproximación.

En la SAGAR se cuenta con diversas áreas que se encargan de darle seguimiento a las cifras agrícolas, una de ellas se encuentra en lo que en un tiempo se llamó “Centro de Estadística Agropecuaria” (CEA), que hoy en día se llama “Centro de Estadística Agroalimentaria y Pesquera” siendo el Área de Encuestas, la encargada de aplicar en forma periódica, a lo largo del año, y en diferentes estados, diversos instrumentos de captación de información, para la estimación de la producción agrícola.

No obstante la aplicación de dichos instrumentos se vieron afectados año tras año, debido al retiro voluntario y continuo de trabajadores y personal técnico y menor posibilidad que tiene el gobierno de contratar nuevas plazas, ya que dichas encuestas se aplicaban con el apoyo del personal técnico operativo de las diversas delegaciones y sus áreas que las conforman. Además dicha problemática no es exclusiva de las diversas entidades, también en oficinas centrales se ha presentado tal situación.

Es en este contexto, el uso de nuevas técnicas en el procesamiento y generación de información y datos basado en el uso de tecnología de procesamiento georreferenciado, resultan por demás muy oportunas y adecuadas, tanto en generación, tratamiento de información, como en la presentación de resultados, basados en métodos científicos que además buscan también la reducción de costos de operación, la adopción de metodologías alternas para la generación de información, y por ende creando y justificando al mismo tiempo la necesidad de un cambio tecnológico en el personal de la Secretaría. Es bajo esta justificación que se creó en el año de 1994 el área de Geografía, que en este proyecto y otros más participo en la generación y aplicación de nuevos métodos de captación de información.

Es en este sentido y con el objeto de proponer una alternativa a la forma tradicional de obtener información agrícola y a su vez y de manera simultánea contar con datos actualizados y oportunos sobre la superficie sembrada en espacio y tiempo definidos, que se lleva a cabo el "Operativo Tamaulipas 2000", en el que se hace uso de las técnicas de Percepción Remota, Sistemas de Información Geográficos (SIG), Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), y procedimientos estadísticos para la determinación de superficie por cosechar y del volumen de la producción del cultivo de sorgo en la entidad (Distritos de Desarrollo Rural involucrados).

CON RESPECTO A LA PRODUCCIÓN DE SORGO

El estado de Tamaulipas se ubica en el 4to. lugar a nivel nacional en lo que a superficie sembrada se refiere, con 1'433,726 has. (Datos de la SAGAR 2002).

La producción nacional de sorgo estimada para el ciclo otoño-invierno 1999/2000 es del orden de 2.393 millones de toneladas, con base en la información reportada por las Delegaciones a través de la Red Agropecuaria al 31 de marzo del año 2000. De este total, el 80% es aportado sólo por el Estado de Tamaulipas, en donde se estima alcanzar 1'921,751 toneladas de sorgo, en una superficie establecida de 875,069 has.

En el estado de Tamaulipas durante los últimos 5 ciclos Otoño-Invierno la superficie sembrada ha variado de 515 a 835 mil hectáreas con un rendimiento promedio de 1.74 a 2.60 ton/ha, por lo que la producción se ha situado entre 690 mil y 1 millón 850 mil toneladas. (Ver tabla no. 2)

ESTADO DE TAMAULIPAS

SUPERFICIE SEMBRADA, COSECHADA Y PRODUCCIÓN DE SORGO

HISTÓRICO 94/95 - 99/00

CICLO OTOÑO-INVIerno 1999/2000

CONCEPTO	94/95	95/96	96/97	97/98	98/99
SUPERFICIE SEMBRADA	515,041	812,686	826,801	864,207	835,612
SUPERFICIE COSECHADA	394,546	713,012	782,724	763,319	776,848
PRODUCCIÓN	686,021	1,850,755	1,813,619	1,848,136	1,600,604
RENDIMIENTO	1.74	2.60	2.32	2.42	2.06

Tabla 3.- Siembra histórica

Con el propósito de estimar la superficie cosechable y la producción obtenible del ciclo agrícola Otoño-Invierno (O-I) 99-00, en el mes de mayo del 2000, el Centro de Estadística Agropecuaria, en coordinación con otros organismos como: Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Gobierno del Estado y la Delegación de la SAGAR, realizaron un trabajo conjunto mediante la aplicación de técnicas de sistemas de información geográfica, percepción remota, posicionamiento global y de mediciones físicas en el cultivo.

PARTICIPACIÓN INSTITUCIONAL

En el sector agropecuario intervienen diversas instituciones tanto de índole federal como estatal, todas con el fin de aportar conocimiento, técnicas y recursos, que permitan mejorar las condiciones del sector, así como su administración.

En este sentido la obtención y manejo de la información es uno de los objetivos que buscan las instituciones, pero la simple adquisición de información en sí, no es el propósito a lograr, esta para que sea de utilidad, debería cumplir con ciertas características como son: Precisión, oportunidad, certidumbre, verificable y comprobable.

Además con el desarrollo de tecnología, se busca la adopción por parte del sector gobierno en sus diversos ordenes, de nuevos métodos de trabajo, que den como resultado el abatimiento de los costos para la generación de información, y la oportunidad con que se genera, situación que resulta por demás importante en los tiempos actuales en que las instituciones ya no cuentan con los recursos financieros y de personal como en el pasado, además ya no se justifica hacerlo de la forma tradicional.

Es en este sentido las instituciones participantes contribuyen en la medida de los ámbitos de su competencia con lo siguiente:

CENTRO DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA (CEA)

- Capacitación:
 - a) en el uso de herramientas de posicionamiento global para la delimitación de segmentos (elaboración de poligonal) para el levantamiento y medición física del cultivo en el predio.
 - b) en la generación de poligonales mediante el uso de paquete informático tipo CAD.
- Definición del marco área.
- Asignación de técnicos para el levantamiento de información en campo y el análisis de laboratorio de muestras físicas del cultivo.
- Asignación de equipos GPS y vehículos para el levantamiento en campo.
- Procesamiento de la imagen de satélite
- Integración a SIG y procesamiento de información de la encuesta para emitir resultados, antes de que finalice el periodo de cosecha.

DELEGACIÓN DE LA SAGAR EN EL ESTADO Y GOBIERNO DEL ESTADO DE TAMAULIPAS

- Proporciona información para la construcción del marco área.
- Asignación de personal técnico a nivel de Delegación y DDR para recibir capacitación en manejo de equipo GPS, en la generación de poligonales y el levantamiento de información en campo y análisis de muestras en laboratorio.
- Adquisición de la imagen de satélite para su procesamiento con recursos del programa Alianza para el Campo.
- Asignación de vehículos con sus respectivos gastos operativos con recursos del programa "Alianza para el campo".

APOYOS Y SERVICIOS A LA COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (ASERCA)

- Proporciona información de superficie registrada en PROCAMPO para la formación del marco área.
- Participa en la definición del marco área.
- Asigna personal técnico para recibir capacitación en el uso de equipo GPS y procesamiento de información en programa CAD, así como para participar en los trabajos de campo.
- Asigna vehículos para la movilización del personal en los trabajos operativos.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS (INIFAP)

- Proporciona el laboratorio para el análisis de las muestras físicas del cultivo, obtenidas en campo.

METODOLOGÍA

Durante varios años las dos áreas operativas citadas en el presente trabajo (Geografía y Encuestas) habían realizado por separado diversos estudios o análisis en diversas entidades, y en la búsqueda de lograr una metodología conjunta que resulte ser muy práctica y fácil de asimilar por el personal de las delegaciones estatales de la SAGAR, así como el personal del gobierno del estado, se planteó la participación y procesamiento de datos en forma conjunta, con el fin de generar un procedimiento completo, que arroje información objetiva y oportuna, que apoye por un lado a las autoridades en la planeación como al personal técnico operativo en la generación de información.

Previo al presente trabajo, se había probado el método en un ciclo agrícola anterior para el mismo cultivo del sorgo, haciendo los ajustes necesarios y aplicándolo nuevamente para el ciclo que corresponde al presente trabajo.

En lo que en su momento se denominó, transferencia de tecnología hacia los estados, el CEA tuvo como propósito proporcionar los diversos métodos de procesamiento georreferenciado, para obtener y trabajar con información y datos, a las entidades que lo solicitaran, por medio de diversas capacitaciones y es en este sentido, que el presente trabajo tuvo como propósito el proporcionar la metodología paso a paso para **estimar** el volumen de la producción de sorgo, incluso antes de que termine el periodo de cosecha, tan solo con el uso de procedimiento estadístico, combinado con el de posicionamiento global.

Ambos métodos no requieren de una gran inversión, y resulta una muy buena e innovadora técnica para obtener información sobre un cultivo, que en el caso que nos ocupa es sobre el sorgo (grano), por un lado se requieren de equipos GPS, del nivel de navegadores y por otro de método estadístico y de análisis de laboratorio para las muestras del cultivo.

Los resultados de este procedimiento, se comprobaron con un tercer procedimiento que fue el de procesamiento a distancia, comúnmente conocido como percepción remota, (procesamiento de imágenes de satélite).

PRELIMINARES AL INICIO DEL OPERATIVO DE CAMPO

PROGRAMACIÓN DE IMÁGENES (ÁREA DE GEOGRAFÍA)

De los pasos programados del satélite Landsat 5 (cada 16 días) sobre la zona de interés, se busca obtener una toma que permita identificar las zonas agrícolas, con los cultivos en su etapa final de desarrollo, casi a punto de entrar al periodo de cosecha, identificado dicho periodo para el mes de mayo, para tal fin la imagen satelital debe cumplir con dos requisitos que permita identificar:

1. El desarrollo fonológico final del cultivo de sorgo, en el momento previo a la cosecha, es decir que el cultivo este en pie y en el máximo de su desarrollo al momento de la toma.
2. Que la cobertura de nubes sea la mínima posible, para que no obstruya la visibilidad de las áreas de interés y no dificulte o imposibilite el análisis a realizar. Se recomienda que la nubosidad sea menor al 10%

CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA (PROCEDIMIENTO DEL ÁREA DE ENCUESTAS)

Con el fin de conocer el número de predios a visitar, se calculó la varianza del rendimiento obtenido por predio de la encuesta de Rendimiento Objetivo, realizada en el Estado de Tamaulipas en ciclo homólogo anterior.

El Área de encuestas realizando los cálculos que para el caso se requerían, determinó un tamaño de muestra de 312 predios a analizar en forma aleatoria. Con la varianza calculada, se fijo un nivel de confiabilidad del 95% y un error de muestreo del 5%.

Este tamaño de muestra, se distribuyó en los 4 distritos en forma proporcional tomando como criterio la superficie sembrada y el porcentaje que corresponde a cada uno de los DDR con respecto de la superficie total de la suma de la superficie de los cuatro distritos, quedando el resultado como se muestra la tabla no. 2:

ASIGNACIÓN PROPORCIONAL DE SITIOS MUESTRA 4 DDR's			
DDR	SUPERFICIE SEMBRADA (has.)	PORCENTAJE	NUMERO DE PARCELAS A MUESTREAR
San Fernando	345771	41.42	129
Control	304250	36.44	114
Díaz Ordaz	163821	19.62	61
Abasolo	21107	2.52	8
totales	834949	100	312

Tabla 4.- Asignación de muestreo

La forma de seleccionar un predio o parcela, se aborda en párrafos adelante, ya que el procedimiento fue elaborado en forma conjunta con el personal de cada CADER (Centro de apoyo al Desarrollo Rural).

CAPACITACIÓN DE TÉCNICOS DE CAMPO (ÁREAS DE GEOGRAFÍA Y ENCUESTAS)

Para llevar a cabo los trabajos de muestreo estadístico y levantamiento de información con equipo GPS, es necesario preparar un grupo de profesionales y técnicos estatales que conformen las brigadas de campo que participarían en los levantamientos, por lo que fue necesario programar un evento de capacitación (con duración de una semana), días antes al inicio de los operativos de campo. Dicha capacitación se dio en los siguientes temas:

- Determinación de la muestra estadística, de acuerdo a la superficie agrícola de los distritos involucrados.
- Procedimiento para la recolección de la muestra (selección de predio, selección de sitio y corte de cultivo).
- Procedimiento de levantamiento de información con equipo de medición satelital, y delimitación de polígonos.
- Transferencia de información del GPS a equipo de cómputo en gabinete y generación de polígonos e integración por CADER y Distrito de Desarrollo Rural de polígonos individuales (312).

DE LA TEMPORALIDAD DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Para estimar la producción agrícola de un cultivo o cultivos, mediante técnicas de muestreo y de procesos georreferenciados, las fechas de cosecha juegan un papel de suma importancia, ya que se buscan varias condiciones específicas y necesarias para lograr una buena estimación estadística e identificación del cultivo en imagen, mismas que se listan a continuación (tabla no.3):

- Que el cultivo esté en su máximo desarrollo fenológico (ver la descripción de fonología).
- Que el cultivo en la medida de lo posible esté en pie.
- Que la fecha del muestreo en campo esté muy cercana a la fecha de corte.

FENOLOGÍA EN LA AGRICULTURA (conceptos generales)

La fenología, la cual formo parte integral de las antiguas prácticas agrícolas, aún mantiene una muy cercana relación con la agricultura moderna a través de sus valiosas contribuciones.

Los eventos comúnmente observados en cultivos agrícolas y hortícolas son: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Los eventos adicionales observados en ciertos cultivos específicos incluyen: presencia de yema, aparición de hojas, maduración de frutos, caída de hojas esto último se aplica a varios árboles frutales.

El periodo entre dos distintas fases es llamado Estado Fenológico (Villalpando y Ruiz, 1993). La designación de eventos fenológicos significativos varía con el tipo de planta en observación.

Por ejemplo los estados fenológicos del sorgo pueden identificarse como se aprecia en el siguiente gráfico para un análisis realizado en el 2004 (tabla no. 4):

4. Superficie Estimada por Etapa de Desarrollo Fenológico.							
Superficie Total Sorgo (Has.)	Superficie por Etapa de Desarrollo Fenológico					Cosechado	Siniestrado
	1	2	3	4	5		
	Plántula	Desarrollo	Floración	Fructificación	Senescencia		
537,505	5,690	296,733	192,010	31,563	185	2,015	9,309

Tabla 5.- Desarrollo fenológico

Se debe considerar que un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas (aparición de nueva hoja, floración, inicio de desarrollo del fruto, fin de desarrollo del fruto y madurez del fruto), si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen (Ruiz, 1991).

El uso de imágenes de satélite con fines agrícolas nos obliga a considerar el desarrollo fonológico, debido a la búsqueda de que la vegetación que se está analizando (cultivo de sorgo) tenga su máxima expresión vital al momento de la toma, esto contribuye en gran medida a la diferenciación de clases vegetales en una zona determinada.

Es por lo anterior que las fechas de cosecha juegan un papel muy importante en el proceso, el siguiente cuadro ilustra las fechas probables de cosecha del cultivo en los distritos donde se realizará el trabajo (tabla 5).

Aclaración.- Es importante resaltar que el trabajo y la metodología presentada solo aplica para el estado de Tamaulipas y para el cultivo del sorgo, ya que las zonas agrícolas donde se desarrollaron los trabajos prácticamente es de un solo tipo de cultivo, el sorgo, la aplicación de esta metodología para otros estados requiere de ajustes particulares e importantes a cada uno de ellos y de la presencia y cobertura que cada tipo de cultivo y vegetación natural presente.

ESTADO DE TAMAULIPAS				AL 31 DE MARZO/2000	
SUPERFICIE SEMBRADA DE SORGO, CICLO O-I, 99/00.					
DDR	MUNICIPIO	SUPERFICIE SEMBRADA (ha.)			FECHAS PROBABLES DE COSECHA
		IRIEGO	TEMPORAL	TOTAL	
SAN FERNANDO	SAN FERNANDO		267,439	267,439	10 AL 30 DE MAYO
	BURGOS		5,900	5,900	
	MÉNDEZ		62,662	62,662	
	CRUILLAS		9,770	9,770	
	SUMA		345,771	345,771	
CONTROL	MATAMOROS	64,780	79,605	144,386	2 da. QUINCENA DE MAYO
	VALLE HERMOSO	33,932	6,828	40,760	
	RÍO BRAVO	68,185	49,357	117,541	
	REYNOSA	1,563		1,563	
	SUMA	168,460	135,790	304,250	
DÍAZ ORDÁZ	MIER		1,017	1,017	2 da. QUINCENA DE MAYO
	MIGUEL ALEMÁN		4,480	4,480	
	CAMARGO		12,985	12,986	
	DÍAZ ORDÁZ		9,303	9,303	
	REYNOSA	633	110,708	111,340	
	RÍO BRAVO		24,695	24,695	
SUMA	633	163,188	163,821		
ABASOLO	ABASOLO	12,557	1677	14,233	10 AL 30 DE JUNIO
	SOTO LA MARINA	2,619	30	2,650	
	JIMÉNEZ	758	27	785	
	SAN CARLOS	541	33	574	
	NUEVO PADILLA	2,865		2,865	
	SUMA	19,340	1,767	21,107	
SUB TOTAL		188,433	646,516	834,949	
OTROS				40,120	
TOTAL				875,069	

FUENTE: Información proporcionada por los Jefes de Fomento Agropecuario de los DDR.

Tabla 6.- Fechas de cosecha

Por las anteriores consideraciones, la realización del levantamiento de información en campo se realizó durante el mes de mayo, en el cual tradicionalmente se levanta el 52% de la cosecha en los 3 distritos seleccionados. El inicio de los trabajos de campo fue el 8 de mayo concluyendo el día 23 con la obtención total de los resultados derivados de los análisis en laboratorio. En la gráfica siguiente se observa en que meses, se concentra la cosecha en la entidad, de ahí la importancia de la oportunidad en tiempo de llevar a cabo los trabajos en las fechas citadas.

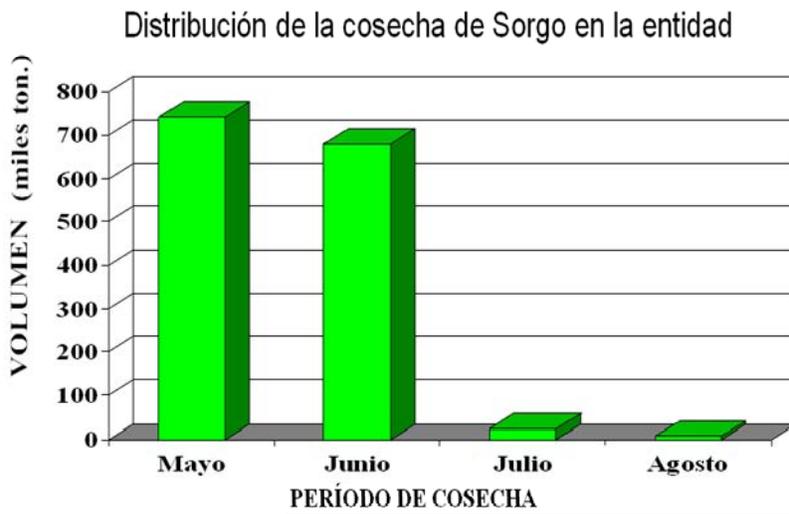


Tabla 7.- Período de cosecha

ASPECTOS METODOLÓGICOS A CONSIDERAR

Los trabajos se enfocaron en 3 de los 9 DDR, por ser estos los que principalmente contribuyen en la producción estatal de sorgo, siendo éstos los siguientes: San Fernando, Díaz Ordaz y Control (Ilustración 7).



Ilustración 7.- DDRs

De estos tres, el que más producción aporta es el de Control según se aprecia en la parte superior de la tabla 7.

Con respecto a la producción estatal los tres DDR citados, a su vez participan con aproximadamente el 90% de la superficie sembrada del estado, como se puede apreciar en la parte inferior de la misma tabla 7.

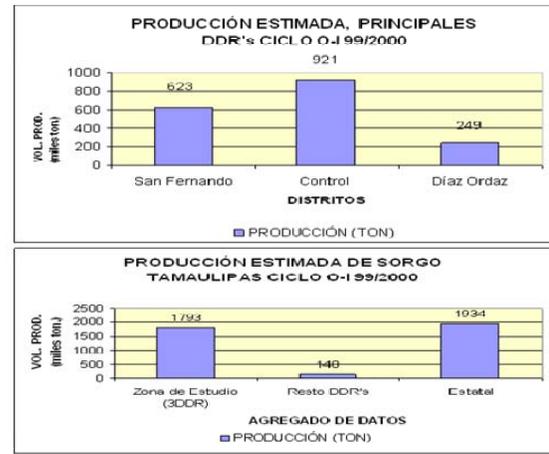


Tabla 8.- Producción estimada

TRABAJO DE CAMPO

El proceso de muestreo en campo proporciona datos sobre las condiciones fenológicas de los cultivos, la ubicación de los predios a partir de los cuales se obtuvieron las muestras físicas del cultivo. El mismo posicionamiento de los predios sirvió en procesos posteriores para llevar a cabo la clasificación supervisada de la imagen satelital, además de proporcionar información geográfica territorial para la corrección geométrica de la misma toma satelital, todo esto mediante el uso intensivo de equipos navegadores GPS. Para que esto fuese posible fue necesario realizar una serie de actividades previas al inicio del operativo y durante el mismo; estas actividades se resumen a continuación:

RECONOCIMIENTO Y SELECCIÓN DE RUTAS EN ÁREAS AGRÍCOLAS

Esta actividad se llevó a cabo conjuntamente con el personal de la Delegación Estatal de la SAGAR y de sus correspondientes Distritos de Desarrollo Rural y CADERS, ya que las zonas de cultivo no solamente se encuentran a la orilla de las carreteras, sino que éstas también se encuentran insertadas en zonas que dependen del acceso por medio de caminos de terracerías y brechas, siendo el personal local el que cuenta con el conocimiento adecuado para la programación de rutas y la optimización de los tiempos.

Al interior del CADER, con ayuda del jefe y personal técnico, se establecen rutas de recorridos a lo largo y ancho del área territorial sembrada de sorgo, y con base a la distancia total de caminos y brechas transitables a recorrer, y en función al número de muestras asignadas, se determina que a un número determinado de kilómetros se debe detener el movimiento del vehículo y se aplique la metodología en la parcela que toque en ese momento.

SELECCIÓN DE PREDIO Y DELIMITACIÓN DE SITIOS

Una vez recorrida la distancia al predio muestra, se calculan las dimensiones de éste con apoyo del GPS, y se hace la identificación visual de la figura del predio, con el fin de localizar una esquina de que se ha denominado de arranque la cual debe cumplir con las siguientes características:

- Ser la esquina más cercana al acceso al predio que se va a muestrear, es decir determinar cuál es la primera esquina de predio una vez que se ha llegado al mismo por cualquier vía de acceso.

- Garantizar que todo el predio sea susceptible de ser medido, es decir que se pueda recorrer el perímetro que define el límite de la parcela, para que por medio del uso de equipo GPS, se realice la delimitación.
- Se seleccionan dos pares de números aleatorios para cada sitio, los cuales están entre 1 y el rango del ancho, y 1 y el rango del largo. Es decir si el primer número aleatorio es 23 nos indica que nuestro punto de ingreso a la parcela es el surco 23 a partir de la esquina de arranque, y el segundo número aleatorio nos indica el número de pasos que hay que dar al interior del predio.

En detalle lo que se hace en el sitio es lo siguiente:

Una vez elegida la esquina de arranque, se camina en la orilla contando el número de surcos que indique el primer número aleatorio, colocando un listón rojo en la primera espiga del surco. A partir de ahí, y 45 centímetros fuera del límite del predio, se cuenta el número de pasos indicados por el segundo número aleatorio que es el que dará la ubicación ya en el interior de la parcela y a partir de aquí se realizan las siguientes actividades (Ilustración 8).



- El surco seleccionado y el siguiente a la derecha, son los surcos 1 y 2 respectivamente.
- En el sitio en donde se contó el último paso, se coloca una regla en la punta del zapato, formando un ángulo de 90° entre el surco 1 y 2.
- A partir de la regla de madera, se miden 2 metros en ambos surcos, la primera y última espiga de cada surco, se marca con un listón rojo. También, se mide la distancia que existe entre el surco 1 y el 2, y entre el 1 y el 5.
- A continuación se cuenta el número de panojas (fruto- conglomerado de granos de color rojizo) existentes dentro de los dos metros en ambos surcos, cortando las 10 primeras del surco 1 depositándolas en una bolsa y el resto en otra, amarrando con una liga y etiquetando la primera bolsa. En caso de no haber 10 panojas en el surco 1 y se toman las faltantes del surco 2.
- Posteriormente, se pesa por separado cada bolsa y se anotan los datos en un formato especial. La bolsa conteniendo el resto de panojas se pesa (con liga y etiqueta) y se

vacía en el predio. La bolsa que contiene la muestra (10 panojas) se manda al laboratorio para su secado, trillado y pesado (Ilustración 9).



Ilustración 9.- Foto campo 2

Para cada predio muestra, se pesa la bolsa del sitio 1 junto con la del sitio 2, descontando el peso de la bolsa, liga y etiqueta. Previamente se deben pesar 20 bolsas obteniéndose el promedio por bolsa, así como 20 ligas y 20 etiquetas.



Ilustración 10.- Secado de panojas

Una vez pesadas las muestras, las panojas se deben contar con el fin de comprobar que sean 20 panojas por predio muestra, y posteriormente se tienden para su secado (Ilustración 10).

Una vez secas las panojas, se trillan, limpian, pesan y se calcula el factor de humedad que contienen (Ilustración 11).



Ilustración 11.- Humedad foto 4, 5, 6

Con la información de campo así como la del laboratorio, se procede a estimar el rendimiento por predio muestra con los siguientes pasos.

A.- Cálculo.- Con la información de campo así como la de laboratorio, se procede a estimar el rendimiento por predio muestra. ⁽¹⁾

I.- Se calcula el número de panojas por hectárea con la siguiente fórmula:

$$N = (NM_{11} + NM_{21} + NM_{12} + NM_{22}) \frac{10,000}{(S15_{1} + S15_{2})} \quad (2.0) \frac{10,000}{2}$$

Donde.- NM=número de panojas de los respectivos surco y sitios.
 S15_1=Medida Del surco 1 al surco 5, del sitio 1.
 S15_2= Medida Del surco 1 al surco 5, del sitio 2.

II.- Se calcula el peso del grano con la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{(PM_{10_1} + PMR_{10_1} + PM_{10_2} + PMR_{10_2})}{(NM_{11} + NM_{21} + NM_{12} + NM_{22})} \frac{(PGL)}{(PP - PB)} \left(1 - \frac{H}{100} \right) \cdot 0.860$$

Donde: PG=peso promedio del grano por panoja.
PM10_1=peso de las diez primeras panojas del surco 1.
PMR_1=peso del resto de las panojas del surco 1
PGL=Peso del grano de todas las panojas enviadas al laboratorio, las de los dos sitios.
PP=peso promedio de panoja
PB=peso de bolsas, ligas, etiquetas
H=porcentaje de humedad de los granos, medido en el laboratorio
0.860=factor de ajuste de conversión de la humedad a14%

Que en forma simplificada, queda como sigue:

$$P_G = \frac{P_T}{N_c} \frac{P_{GL}}{P_{TL}} \frac{\left(1 - \frac{H}{100}\right)}{0.860}$$

Donde: P G=peso promedio del grano por panoja
PT=peso de campo de las panojas cosechadas en los dos sitios
P GL=peso del grano de todas las panojas enviadas al laboratorio,
N C=número de panojas cosechadas de los dos sitios
P TL=peso de las panojas en el laboratorio, menos el peso de ligas, bolsas y etiquetas. Se incluyen las panojas de los dos sitios.

III.- El rendimiento se obtiene mediante la expresión: **R = N X PG**

Donde: R= rendimiento neto en toneladas por hectárea
N= numero de panojas en promedio por hectárea
PG= peso promedio del grano por panoja

LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN GPS Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Para cuando las cuotas de muestras a levantar, poligonales a generar y rutas a recorrer estén ya definidos, cada una de las brigadas ya debe contar con la capacitación correspondiente en el manejo del equipo GPS⁽²⁾ para la delimitación de polígonos, en la toma de la muestra física del cultivo, en el llenado del formato correspondiente y hasta el proceso que se realiza en el laboratorio, ya en campo y en la parcela los brigadistas es necesario que registren información adicional como:

- Si el predio es de riego o de temporal
- Si en la parcela se utilizó paquete tecnológico del INIFAP para elevar el rendimiento
- Si es de riego, ¿Cuántos riegos han sido vertidos en el predio? Para el presente ciclo
- El dato aproximado del técnico o del propietario con respecto a la expectativa del rendimiento agrícola a obtener.

INTEGRACIÓN Y TRANSFORMACIÓN A COBERTURAS COMPATIBLES CON FORMATOS DE IMAGEN

Una vez concluidos los trabajos operativos en la entidad de Tamaulipas (en los predios) y solamente quedando pendiente la conclusión de los análisis de laboratorio, en gabinete en oficinas centrales se da inicio a los trabajos de integración y organización de la información obtenida en campo. A continuación se presenta el cuadro resumen de la metodología diseñada para el presente trabajo.

ACTIVIDADES CALENDARIZADAS DEL LEVANTAMIENTO

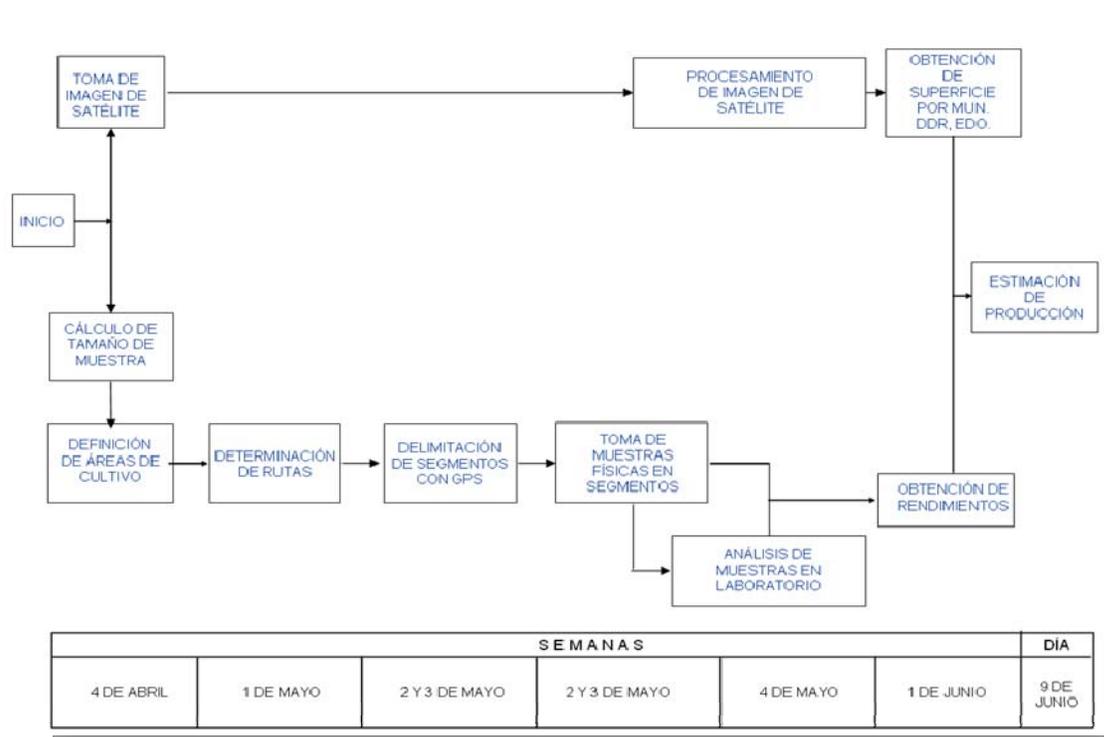


Ilustración 12.- Calendario de actividades

El conjunto de información vectorial y datos asociados a predios se preparan de forma tal que sean compatibles tanto para ser asociados a vectores como sobrepuestos al formato raster (imagen satelital), mediante los procedimientos que se describen en el siguiente apartado.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para definir de manera sencilla lo que son los conocidos Sistemas de Información Geográfica (SIG), diremos que es:

“Un sistema que comprende personal especializado, hardware, software y procedimientos, diseñados para soportar la captura, manejo, mantenimiento, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados (georeferenciados) para la solución de los problemas de manejo y planificación territorial.”

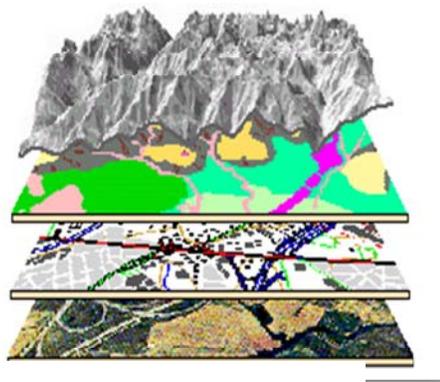


Ilustración 13.- Sobreposición de capas

La información geográfica con la cual se trabaja en los SIG, puede encontrarse en dos tipos de estructuras de datos o formatos: 1) formato vectorial y 2) formato raster

Con respecto al primero se subdivide en.- líneas, puntos y polígonos, rasgos mediante los cuales es posible representar cualquier rasgo del medio físico, social, infraestructura, económico, entre otros, algunos ejemplos se dan a continuación.

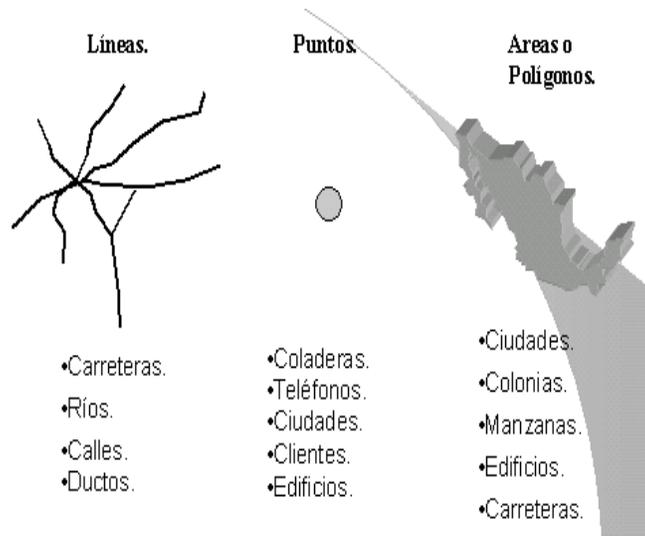


Ilustración 14.- Tipos de rasgos e los SIG

En lo que se refiere al segundo caso, lo conforman los archivos de tipo imagen de entre las cuales encontramos:

- Las tomas obtenidas desde plataformas satelitales (ejemplo de imagen de satélite tipo Quik bird en modo pancromático con una resolución espacial de 70 cm.- Matamoros Tamaulipas- Ilustración 15). A este respecto también encontramos imágenes satelitales con fines meteorológicos y que tienen pixel de 1km.

Para el caso del estudio que nos ocupa la imagen tipo raster utilizada fue del sensor Landsat, las cuales tienen un pixel de 30 metros. (ver tabla 8 cuadro correspondiente a las imágenes ópticas)

- Aquellas que se obtienen desde una plataforma montada en aviones y que generan la conocida fotografía aérea

IMÁGENES ÓPTICAS DE ALTA RESOLUCIÓN							
Sensor	COMPANÍA / SATELITE						
	QUICKBIRD	SPOT4	SPOT5	EROS1	LANDSAT7	ORBIMAGE	IRS
Fecha de lanzamiento	18 Octubre 2001	23-Mar-98	2002		Dic-98	2002	
Resolución espacial en modo pancromático	0.70 m	10 m	2.5 / 5 m	1.80 m	15 m	1 m	5.8 m
Resolución espacial en modp multiespectral	2.8 m	20 m	10 m	no disponible	30 m	4 m	23.5 m
Resolución temporal		4 días			16 días		24 días
Resolución radiométrica	11 bits	8 bits		8 bits	8 bits	11 bits	7 bits
Ancho de escena	16.5 km	60 km	60 km	12.5 km	185 km	8 km	

Tabla 9 .- Tipos de imágenes ópticas HR



Ilustración 15.- Imagen Quick Bird (ejemplo)

VECTORES

La información vectorial aporta elementos cartográficos y territoriales de referencia como apoyo en el procesamiento digital que se realiza en las imágenes satelitales, así como en el despliegue y mapeo de resultados, y la consulta sistematizada y territorializada de los mismos.

En este sentido fue necesario realizar actividades previas y posteriores a los trabajos operativos de campo y los propios de gabinete, dichas actividades se listan a continuación:

- Compilación de información cartográfica impresa y digital, así como de datos tabulares o estadísticos existentes de la zona a trabajar y que sean considerados de interés. (corresponde a una actividad previa)
- Delimitación y digitalización de los distintos niveles de desagregación; Estatal, Municipal, Distrito de Desarrollo Rural. (corresponde a una actividad previa)

- Integración digital y codificación de la información recabada en campo. (corresponde a una actividad posterior)
- Transformación a formatos compatibles para el proceso de clasificación de imagen y para el despliegue de resultados en SIG. (corresponde a una actividad posterior)

PROCESAMIENTOS DE IMAGEN.

El procesamiento de imágenes involucra una serie de procesos técnicos y especializados, para poder identificar las superficies agrícolas de cultivos y cuantificar las áreas productivas del cultivo de sorgo, estos procesos se listan a continuación en forma general:

- Lectura / Escritura y pegado de bandas.
- Corrección Geométrica.
- Digitalización cartográfica y cortes de áreas de interés.
- Realces Espectrales.
- Clasificación.
- Edición y Verificación de Datos.
- Integración de la información.

Estos procesos listados se detallan con mayor amplitud más adelante.

INICIO DE LOS TRABAJOS OPERATIVOS

A) Previo a la realización de los levantamientos de campo, se realizó un evento de capacitación dentro del marco del Programa de Transferencia de Tecnología , con la finalidad de dar a conocer la metodología para la generación de polígonos, con uso de navegadores GPS y la transferencia de información de estos a los equipos de computo, con el propósito de que todo debe ser integrado y trabajado en la Proyección Universal Transversa de Mercator⁽⁴⁾ (UTM), siendo éste tipo de proyección cartográfica la apropiada para hacer mediciones y cuantificaciones de superficies, por manejar sus unidades en metros y sus deformaciones ser mínimas al considerarse como una proyección ortogonal (conserva ángulos de 90 grados).

En términos generales los conceptos procesos técnicos involucrados en la capacitación fueron los siguientes:

- Que es la tecnología GPS, uso y aplicaciones.
- Configuración de equipos GPS navegadores, 12XL de garmin.
- Condicionantes de precisión para el registro de puntos en el terreno (waypoints).
- Uso y configuración del Track (Huella).
- Transferencia de información del receptor GPS a equipo de computo.
- Menús y comandos del programa Autocad.
- Generación de polígonos.
- Generación de archivos de intercambio (.dxf).
- Metodología para el levantamiento de muestras físicas del cultivo en campo
- Relación resultados de laboratorio con polígono de campo.

La capacitación fue recibida por personal de las siguientes instituciones de la entidad:

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA),
- Delegación estatal de la SAGAR,
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP),
- Gobierno del Estado a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario,

El personal estatal que participó en el operativo de campo ascendió a 15 personas, sumándose otro tanto igual de personas procedentes de oficinas centrales del Centro de Estadísticas Agropecuarias.

B) Se efectuó la programación de las rutas a recorrer en los diversos Distritos de Desarrollo Rural de interés en coordinación con el personal de los DDR's y Cadets, junto con las propias de las áreas de Geografía y Encuestas de oficinas centrales a fin de aplicar la metodología de levantamiento, que consiste básicamente en las siguientes actividades:

- Selección de insumos cartográficos, donde se identifican los diversos accesos a las zonas agrícolas
- Selección de rutas a seguir en áreas agrícolas (carreteras y brechas).
- Determinación de distancias de muestreo en forma aleatoria.
- Medición de polígono parcelario o de grupo de parcelas en condiciones homogéneas con equipo GPS, para la obtención de información de cultivo y cuantificación de superficies.
- Determinación del personal y recursos que se asignan como apoyo para las actividades con equipo GPS.

PROGRAMACIÓN PARA LA ADQUISICIÓN DE TOMA SATELITAL

Para este operativo se programó la toma de una escena satelital que cubriera la principal zona agrícola donde el sorgo es el cultivo principal.

La fecha de toma juega un papel importante por las razones ya expuestas anteriormente, en consecuencia la solicitud de imagen se realizó con las consideraciones expuestas en la tabla no. 8.

En la ilustración no 16. Se aprecia la cobertura real de la imagen en la zona agrícola del norte de Tamaulipas.

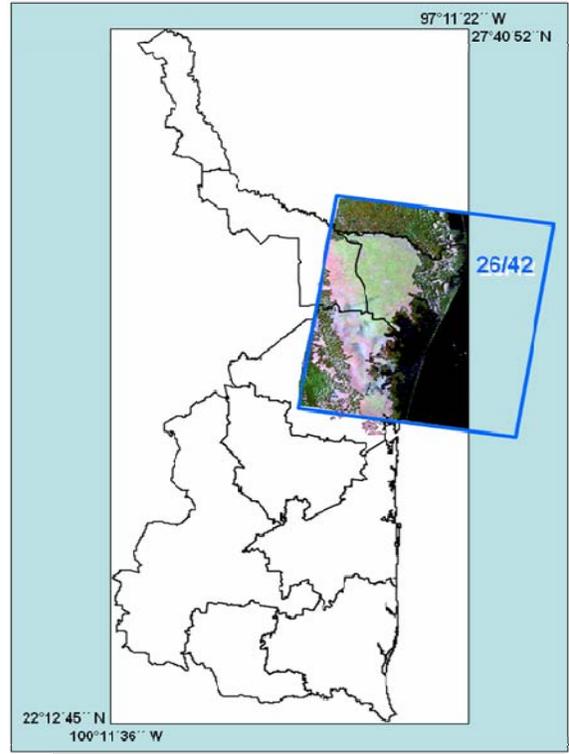


Ilustración 16.- Imagen satelital

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LA TOMA REQUERIDA		
WRS EOSAT	FECHA DE TOMA	OBSERVACIÓN
026-042	15-abril-2000	Recorrida 40% al sur

Tabla 10.- Características imagen de la imagen utilizada

En cuanto a la imagen de Satélite Landsat Thematic Mapper (TM) para este ejercicio, se programó la adquisición de una sola escena que cubriera en la medida de lo posible los tres principales Distritos de Desarrollo Rural productores de sorgo en el estado: Díaz Ordaz, Control y San Fernando, lo que da como resultado que no se contará con los 3 distritos citados cubiertos en su totalidad, lo que plantea una dificultad adicional en el proceso de estimación.

El sensor Landsat genera imágenes digitales con una resolución espacial mínima de 30 metros en píxel (unidad mínima de información) para cada una de las 6 bandas principales (una imagen satelital es un conjunto de imágenes individuales que aportan información en una franja específica del espectro electromagnético para resaltar diversos rasgos del terreno) y se complementa con una banda térmica adicional de 120 metros de resolución espacial en píxel. En general una escena de este tipo tiene una cobertura territorial de 180 por 180 kilómetros, lo que equivale a una superficie de 32,400 km², dependiendo de la ubicación de la traza del satélite sobre la zona de estudio, se puede solicitar algún porcentaje de corrimiento al sur como fue el caso de la imagen que se compró.

Es importante considerar la calidad de la imagen con respecto a la presencia de nubosidad en el área agrícola de interés. A este respecto en el norte de Tamaulipas se presentó una temporada de lluvias extraordinarias por encima del promedio histórico (grafica no. 3), esta situación provocó nubosidad adicional sobre la zona de trabajo, lo que retrasó en varias ocasiones la toma de la escena, por tal razón fue inevitable solicitar la toma 026/042 (imagen), a pesar de su alto contenido de nubosidad por ser la fecha del 15 de abril el último paso del satélite sobre la zona de interés y la última toma posible, donde la mayoría de los cultivos estaban todavía en pie.

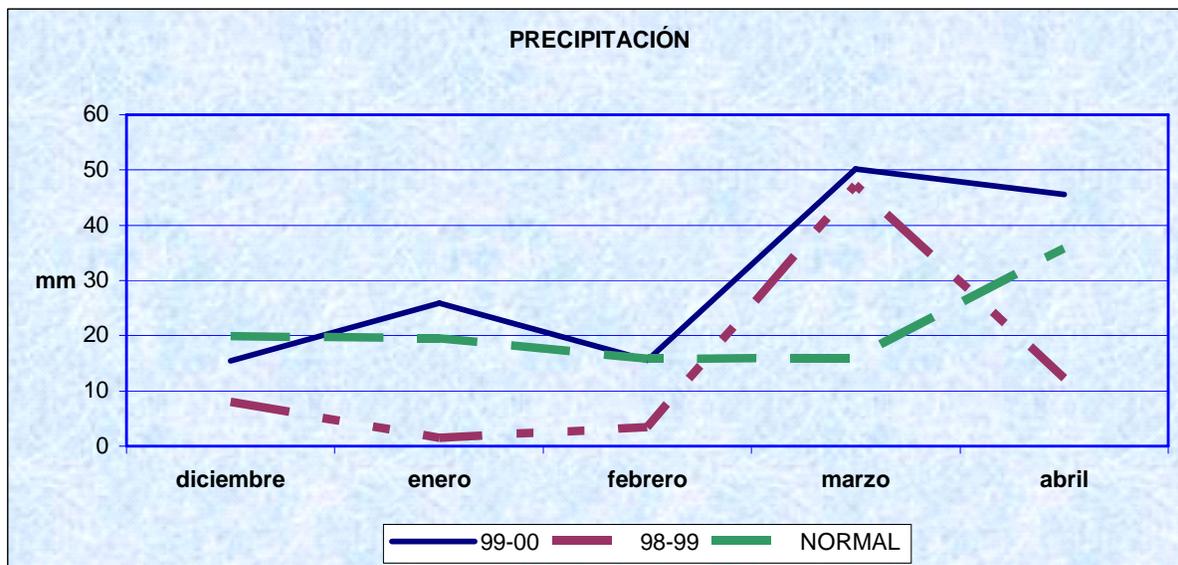


Tabla 11.- Comparativo precipitación

Dicha imagen se requirió con un desplazamiento al sur del 40% con la finalidad de cubrir el mayor territorio de interés posible en una sola imagen y no considerar la posibilidad de requerir 2 tomas satelitales.

REFERENCIA GEOGRÁFICA

Consiste en la recopilación de información cartográfica disponible, para el territorio estatal y de la zona de estudio, las coberturas obtenidas se enuncian a continuación:

- Cartografía básica y temática escalas 1: 250 000 y 1:50 000 sobre uso de suelo y Vegetación, topográfica. (INEGI)
- Inventarios de uso de suelo relativos a la cobertura vegetal, (UNAM)
- Atlas carretero de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Regionalización por DDR's (Archivos digitales CEA)
- División municipal INEGI.
- 1 imagen Landsat TM. (15 de abril del 2000)

Se diseñó el mapa digital de la entidad empleando el plano estatal elaborado por el INEGI (digitalizado) en archivos CIMA (en código ASCII) al formato del Sistema de Información Geográfica ARC/INFO, para integrar las diferentes coberturas de información que serán sobrepuestas en las imágenes de satélite. Las coberturas que se utilizan son: división estatal y municipal; áreas de riego y temporal; vías de comunicación y la referencia del nombre de los municipios.

TRABAJO DE CAMPO GPS

Durante el segundo mandato del Presidente de los Estados Unidos Bill Clinton, autorizó que la precisión de la señal satelital GPS en modo autónomo, pasara de los 20 a 30 metros de error a los 4 a 6 metros (en condiciones optimas, -libre de obstáculos y buena señal-), lo que derivó en beneficios importantes en relación con la precisión del levantamiento.

Para el trabajo que se describe no hay que olvidar que se utilizaron equipos navegadores garmin 12 XL, estos equipos no tienen la posibilidad de realizar el proceso conocido como corrección diferencial, por lo que la precisión depende y está en función directa, de que el sitio a medir esté libre de obstáculos, de que en la ventana de captura de información satelital se presencia de más de 4 satélites en forma simultánea y colocados en cada uno de los cuadrantes de orientación (puntos cardinales).

Derivado del trabajo de campo y de la utilización de equipos de Posicionamiento Global (GPS) en su modalidad de navegadores, se levantaron 312 polígonos de parcelas de sorgo, que corresponden a aquellas donde también se levantaron 2 muestras físicas del cultivo, dicho trabajo se realizó en un período comprendido entre el 2 y el 16 de mayo del año 2000.

Para llevar a cabo la medición con los posicionadores satelitales se plantearon varias condiciones necesarias, para lograr la mayor precisión posible que este tipo de equipos permite obtener en forma autónoma:

- Tener configurado el equipo para que obtenga información en de 3 dimensiones. Esto le permite al equipo incorporar la señal de más de 4 canales, es decir puede en un momento dado utilizar 12 satélites en forma simultánea, y mejorar la calidad y precisión de los datos obtenidos de los satélites.

- El equipo debe estar configurado en el sistema de coordenadas UTM, y con el datum geodésico WGS 84, con lo que se obtienen coordenadas en valores métricos (X, Y). Si bien en los procesos de digitalización muchas fuentes corresponden al datum NAD27, al ser incorporados en el Sistema de Información Geográfica, se transformaron al datum de referencia WGS84.
- Para fijar un punto en un vértice que corresponda a un predio o incluso para registrar un rasgo útil para apoyar la corrección geométrica, es necesario que el error de posición ($epe = pdop$) en campo abierto esté por debajo de los 6 ó 5 metros y aplicar la función de promedio para bajar el error a 4 ó 3 metros. Es importante señalar que este proceso se debe efectuar permaneciendo quieto en el punto específico o vértice seleccionado del predio, pero no por más de 5 segundos, con la finalidad de evitar que la señal divague en un radio mayor al de 2 o 3 metros.
- Además de tomar puntos en campo, se estableció como requisito usar un elemento que los equipos GPS registran una vez habilitada la opción, que es el llamado "Track", que básicamente es el registro de la huella del recorrido realizado por medio de segmentos continuos de líneas (definidos por tiempos⁽³⁾). Dicho elemento es útil para delimitar los linderos del predio o de la zona a medir y que al realizarse en movimiento compensa el error ya que genera vectores, resultando que se conservan las superficies y formas, solo teniendo diferencias mínimas en la posición. Al utilizar el track y conjugándolo con los puntos aumenta la certidumbre del posicionamiento para la delimitación de polígonos.

Los 312 polígonos delimitados dieron como resultado una superficie de 10,975.66 has. de sorgo medidas en campo durante el operativo, las que serán utilizadas tanto para la estimación de la producción agrícola del cultivo en la entidad, como para llevar a cabo la clasificación supervisada en la imagen.

Además al obtener los resultados del laboratorio por cada muestra y al contar cada una con el código o ID que liga la muestra a su correspondiente polígono, el resultado es asociado en la base de datos cartográfica a su correspondiente polígono. De esta forma se obtiene incluso el rendimiento agrícola por predio medido.

PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN GPS

A) Utilizando los datos obtenidos del GPS, el llamado Track y los puntos (waypoints), se digitalizaron, los 312 polígonos parcelarios, a fin de obtener de cada uno la superficie aproximada en hectáreas, dicha actividad fue desarrollada en gabinete en la entidad y con personal de la misma, para realizar este proceso se utilizó el programa AutoCad. Como ya se mencionó, todas las poligonales y productos extraídos de los GPS, se trabajaron en la Proyección UTM la cual maneja sus unidades y coordenadas en metros, siendo este el sistema adecuado para el cálculo de superficies.

Esta actividad se desarrolló con el apoyo del personal de la entidad, de ASERCA y de la Delegación estatal de la SAGAR, con la finalidad de que la metodología quede plenamente asimilada y pueda ser replicada por los técnicos estatales en cualquier momento y se incorpore a sus procedimientos habituales a fin de sustituir los tradicionales por otros que implican el uso de tecnología.

B) Una vez generados todos los polígonos levantados por día y por brigada, son integrados a un solo archivo digital para el cálculo en forma automática de las superficies en hectáreas y darle el tratamiento correspondiente para su integración dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc/Info y de esta forma poder cuantificar en forma general la superficie correspondiente al levantamiento de la muestra, así como preparar la cartografía para la asociación de datos tabulares.

El conjunto de polígonos integrados y su ubicación en el contexto territorial del estado de Tamaulipas, se puede apreciar en la figura no. 6, que ilustra la cobertura y distribución del muestreo realizado (polígonos).

C) En el SIG, cada polígono es codificarlo de acuerdo al número de folio que le corresponde a cada predio de acuerdo al formato de campo utilizado, lo que permite el cruce de información de los resultados del análisis de las muestras en laboratorio con los datos y observaciones necesarias registradas en las bitácoras de campo de cada brigada.

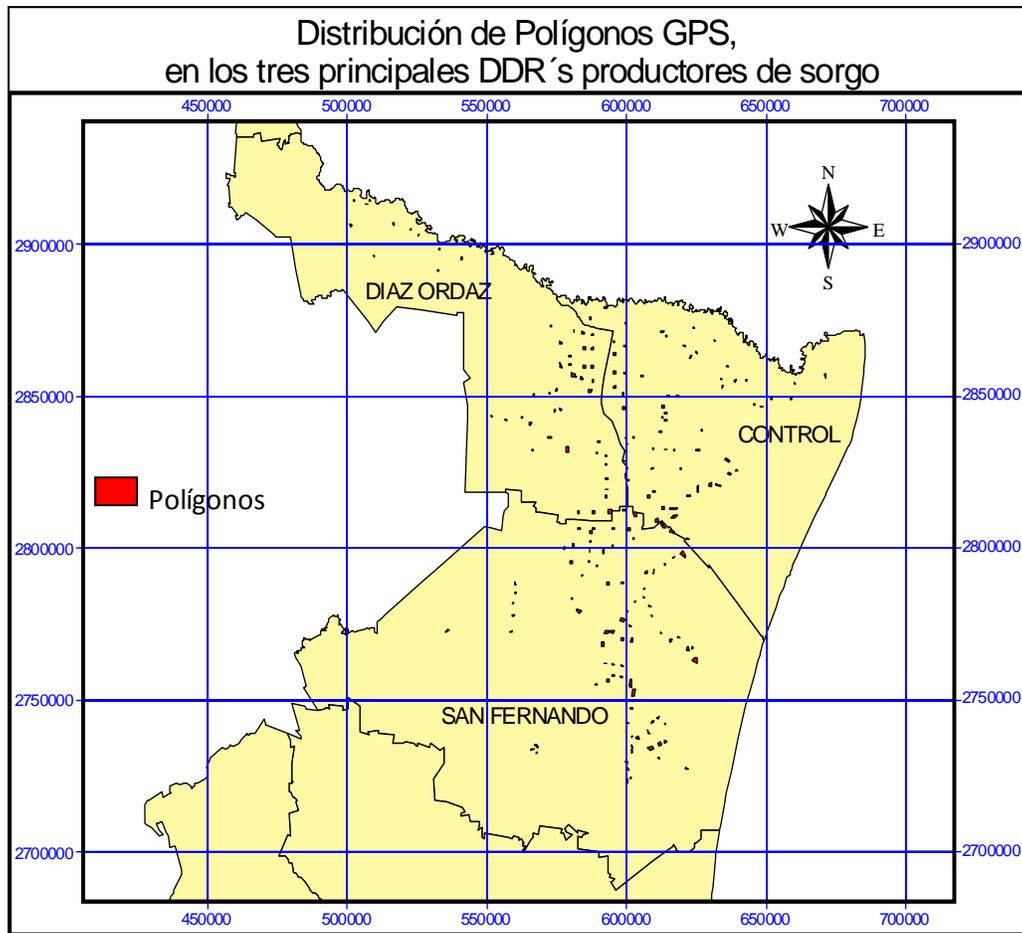


Ilustración 17.- Distribución polígonos GPS

- D)** La cobertura que contiene el conjunto de polígonos es procesada en ArcInfo con la finalidad de ser incorporada al programa de procesamiento de imágenes satelitales ERDAS a fin de apoyar los procesos posteriores, concernientes a la delimitación de superficie agrícola sobre la imagen, y dar paso a la generación de polígonos o parcelas de entrenamiento, útiles en los procesos de clasificación supervisada.
- E)** La imagen satelital requiere de ser tratada con procedimientos adicionales a los que ya tiene cuando es entregada por el proveedor, para su correcta utilización un primer proceso es el conocido como "corrección geométrica" y consiste en darle la máxima aproximación y correspondencia de rasgos identificables entre la imagen con su correspondiente en el terreno, para ello se utilizaron las coordenadas de rasgos levantados durante la campaña de trabajo de campo con equipo GPS. Este procedimiento tiene el propósito de que los polígonos de campo y la imagen se integren y se posicionen correctamente como se puede apreciar en la figura no. 7.

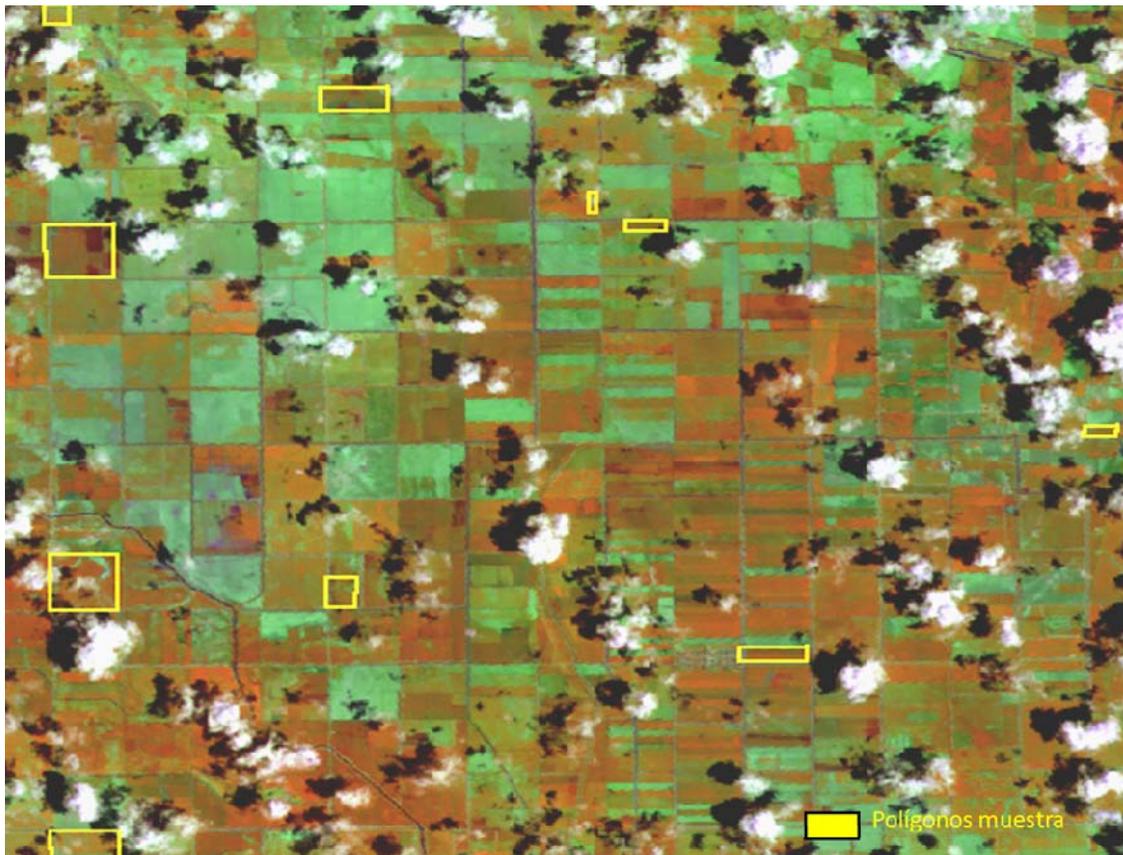


Ilustración 18.- Polígonos gps-imagen

CARTOGRAFÍA DIGITAL

Se utilizó la cartografía digital elaborada de proyectos previos para la entidad; se adicionó la cobertura de áreas de riego y de temporal para el Estado de Tamaulipas en formato vectorial del INEGI como referencia de apoyo en los trabajos de identificación con imagen, a estas coberturas se suma la propia del levantamiento de campo (Ilustración 19).

Las coberturas utilizadas fueron las siguientes:

- a) División estatal y municipal
- b) División por Distrito de Desarrollo Rural
- c) Áreas de riego y temporal
- d) Levantamiento de polígonos en campo

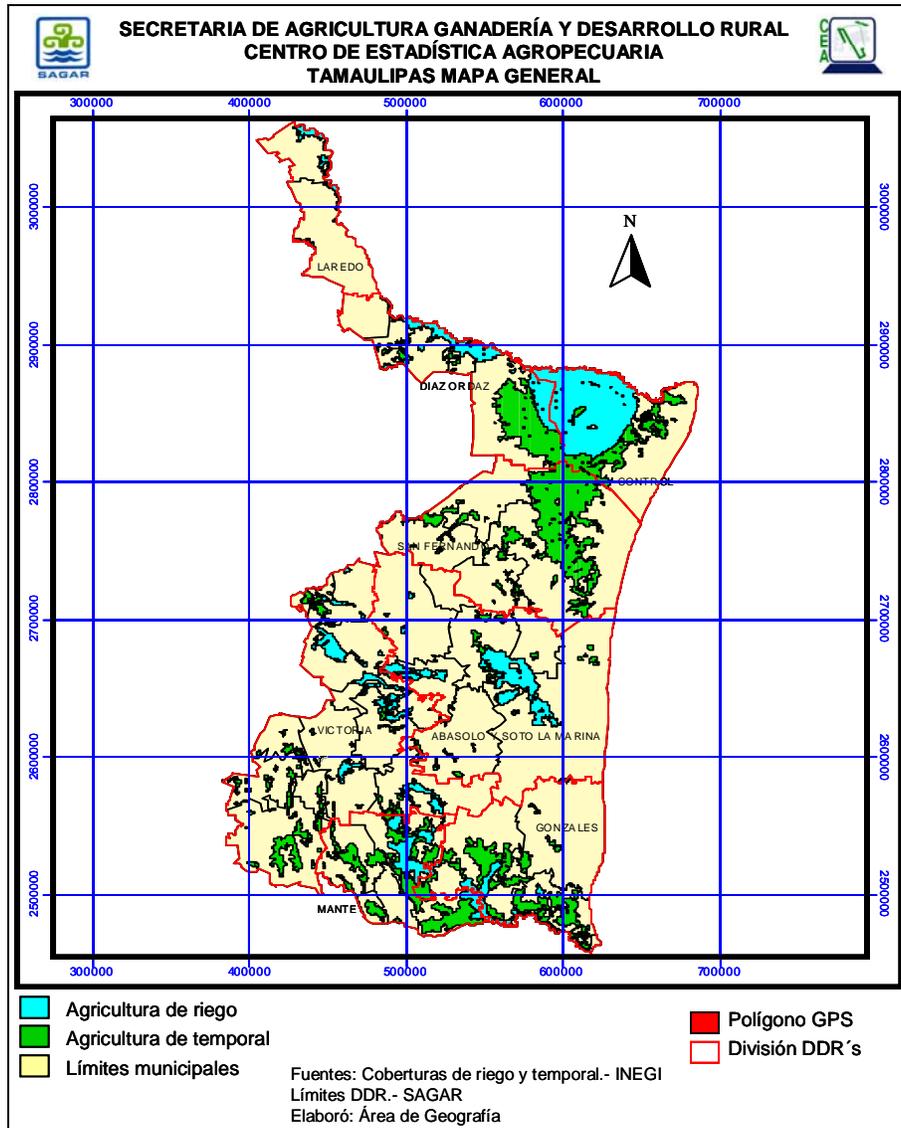
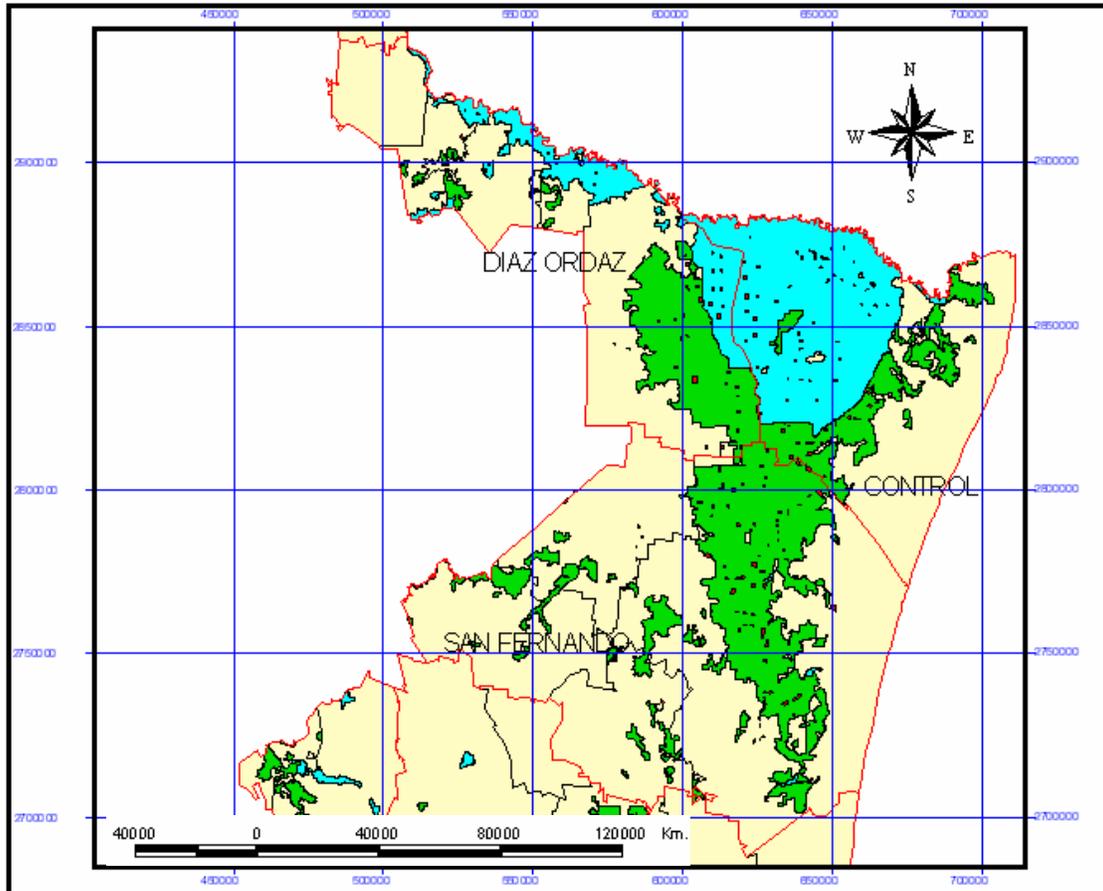


Ilustración 19.- Coberturas vectoriales

Si bien la ilustración no. 19 corresponde a un contexto estatal y en consecuencia no se aprecia con claridad el detalle del levantamiento de campo, en la ilustración no. 20 se muestra un acercamiento donde además es más clara la distribución de los diversos polígonos tanto en áreas de riego como de temporal.



**SECRETARIA DE AGRICULTURA GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL
CENTRO DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA
MAPA GENERAL DE 3 DDR's PRODUCTORES DE SORGO**



- Agricultura de riego
- Agricultura de temporal
- Límites municipales

Fuentes: Coberturas de riego y temporal.- INEGI
Límites DDR.- SAGAR
Elaboró: Área de Geografía

- Polígono GPS
- División DDR's

Ilustración 20.- Distribución del trabajo de campo

RESULTADOS CONJUNTOS ENTRE EL ÁREA DE GEOGRAFÍA CON EL ÁREA DE ENCUESTAS

Para estimar el rendimiento del cultivo de sorgo por DDR y concluir con la estimación a nivel estatal, primero se obtiene un factor de expansión, el cual nos permite estimar con las muestras de campo de los distritos donde se realizaron los levantamientos, la superficie sembrada en la totalidad de los distritos donde se tiene presencia del cultivo del sorgo y de esta manera estar en posibilidad de estimar la producción estatal.

La suma de la superficie y de la producción por DDR permite estimar el rendimiento de cada distrito y al final la suma de ellos, arrojan la siguiente información:

- Se tuvo una estimación temprana al 11 de junio.
- Se calculó una producción de 1,572 mil toneladas.
- La producción final y el cierre del ciclo fue al 30 de septiembre (casi 3 meses después)
- La producción oficial fue de 1,600 mil toneladas.
- La producción obtenida fue 1.7% mayor a la estimada con esta metodología.
- Se comprueba la confianza de la metodología utilizada.
- La oportunidad de contar con suficiente anticipación con resultados, mucho antes del cierre del ciclo, y tener certeza de los recursos a destinar a los distintos programas y apoyos.
- Este ahorro de tiempo resulta fundamental para el ejercicio de recursos económicos, que se tenían que radicar, para los diversos apoyos que da la Secretaría a los productores a través de los diversos programas.
- Los apoyos otorgados cuentan con el respaldo de información obtenida a través de una metodología basada y fundamentada en método científico.

Como dato a considerar en el ciclo O-I 98-99 a través del PROCAMPO se apoyaron 760,416 hectáreas, 91% de la superficie sembrada en la entidad.

Estos resultados agrupan solo el proceso en campo y el cálculo estadístico para expandir el resultado a los 3 principales DDR, no es el reportado a nivel estatal que al final se presentará en la correspondiente tabla más adelante.

Los resultados presentados consideran solamente el método estadístico combinado con el uso de la herramienta GPS y la diversidad de información que se puede registrar, el proceso de imagen satelital solo es una comprobación y una tercera vía de obtener información.

PROCESO DE IMÁGENES

Para el análisis del cultivo del sorgo en la entidad de Tamaulipas, el tratamiento en general de la imagen, tuvo que modificarse sustancialmente al programado originalmente debido a las condiciones adversas que se presentaron y que tuvieron que ver directamente con la misma escena satelital y su calidad. Las dificultades se describen a continuación:

- A)** La fecha de recepción de la imagen, fue hasta 4 días antes de la entrega formal de resultados (05 de junio del año en curso), este retraso obedeció a que en ese año las condiciones de nubosidad fueron considerables y constantes sobre el territorio del estado de Tamaulipas, situación que se convirtió en un elemento adverso y que impactó directamente en el procesamiento. Mas el propio tiempo administrativo de entrega de imagen de la propia empresa que comercializa dicho insumo.

Considerando que el satélite pasaba cada 16 días por un mismo sitio, esto también constituyó un factor de consideración importante, ya que la fecha de corte del cultivo y la fecha de presentación de resultados dejaban muy poco margen de actuación como para esperar una nueva fecha donde el cielo estuviese despejado, así que necesariamente se tuvo que decidir por una fecha, fuesen las condiciones que fuesen en relación a la nubosidad.

- B)** La segunda se refiere necesariamente a que las condiciones atmosféricas no fueron las óptimas por la excesiva presencia de nubes, factor que complicó en gran medida la determinación de la superficie sembrada, con este insumo. En consecuencia se tuvo la necesidad de considerar el uso de imágenes de archivo, que se tenían de la zona producto de trabajos anteriores en la entidad.

El uso de una cobertura de imagen satelital alterna, permitiría la complementariedad entre zonas cubiertas por nubes en una imagen con aquellas que no tuvieran la misma condición y de este modo, lograr una especie de fusión entre las dos imágenes a fin de lograr una delimitación certera de la zona agrícola y su frontera con

respecto a otras coberturas vegetales y aquellas que corresponden a las áreas urbanas.

En la ilustración no. 21 se muestra la delimitación del área agrícola derivada del corte de la imagen satelital y del aislamiento cartográfico que se realizó sobre las imágenes de satélite tanto en la programada como en la de archivo, para los DDR's de interés.

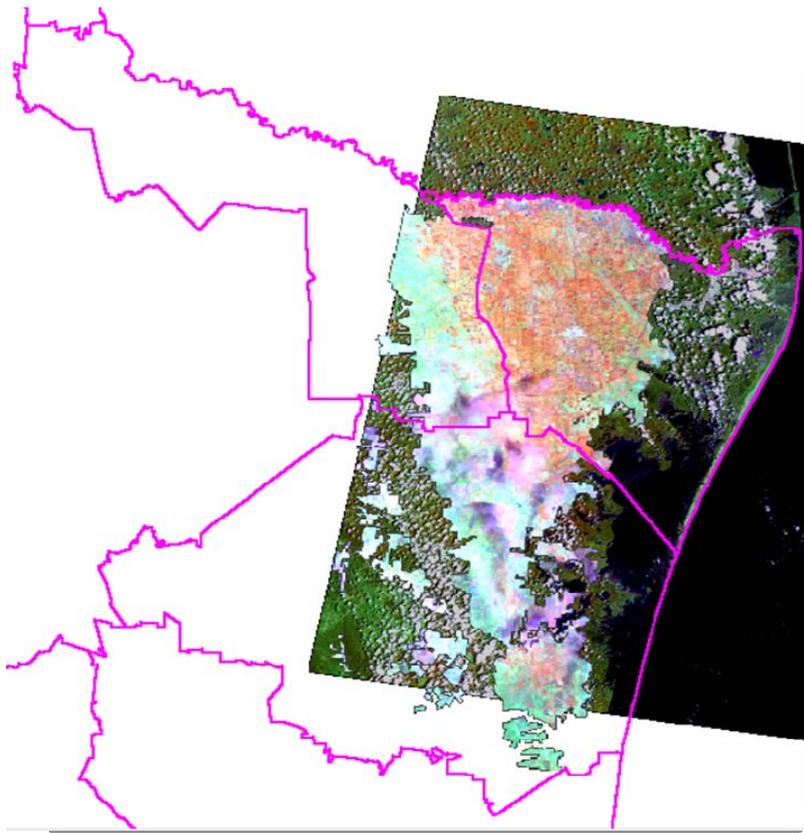


Ilustración 21.- Sobreposición imágenes y áreas agrícolas

ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE SATÉLITE

A manera de introducción diremos que Percepción Remota (teledetección), conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia, sin contacto material con los mismos. El registro se realiza a partir de aparatos embarcados en un vehículo aéreo o espacial.

La percepción remota utiliza radiaciones que van desde el ultravioleta a las microondas y restituye las medidas en forma de imágenes (ver ilustración 22).

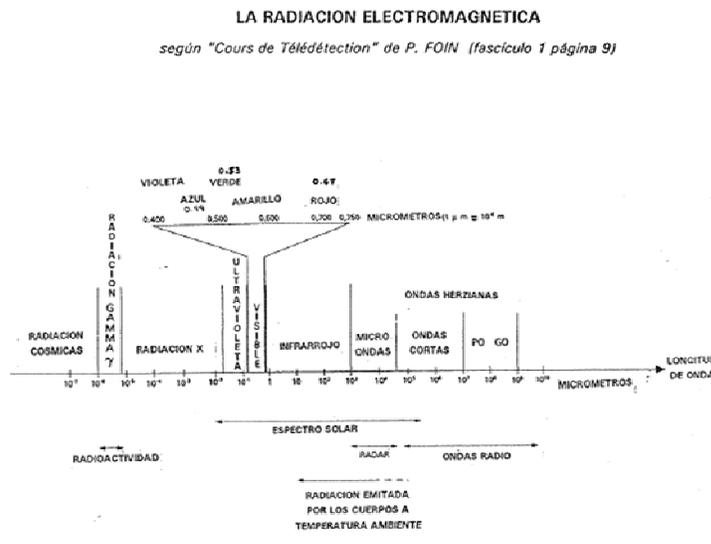


Ilustración 22.- Espectro electromagnético

Otra definición que podemos citar es la siguiente.- Percepción Remota es el grupo de técnicas para la obtención de información confiable sobre las propiedades físicas de ciertas superficies u objetos y su entorno, desde una distancia relativamente grande, sin contacto físico con ellos. Implica analizar imágenes de satélite para producir datos que pueden aplicarse en agricultura, geografía, geología, ecología, oceanografía, espacios urbanos, entre otros propósitos, (como los militares).

Emplean la medida electromagnética como medio de detección y medida de las características de los objetos, este tipo de energía incluye: La luz, el calor, las ondas de radio, para el ojo humano de la amplitud del espectro electromagnético solo una pequeña parte de este es detectado por el ojo humano, las otras frecuencias son invisibles para

nosotros, y es por esto que nos valemos del uso de instrumentos para captar dichas frecuencias y convertirlas en imágenes visibles, factibles de representar en un despliegue RGB, que es el que se usa en equipos de computo. No es la finalidad de este trabajo abundar en conceptos e historia de la percepción remota, por lo que se recomienda consultar bibliografía para tales fines.

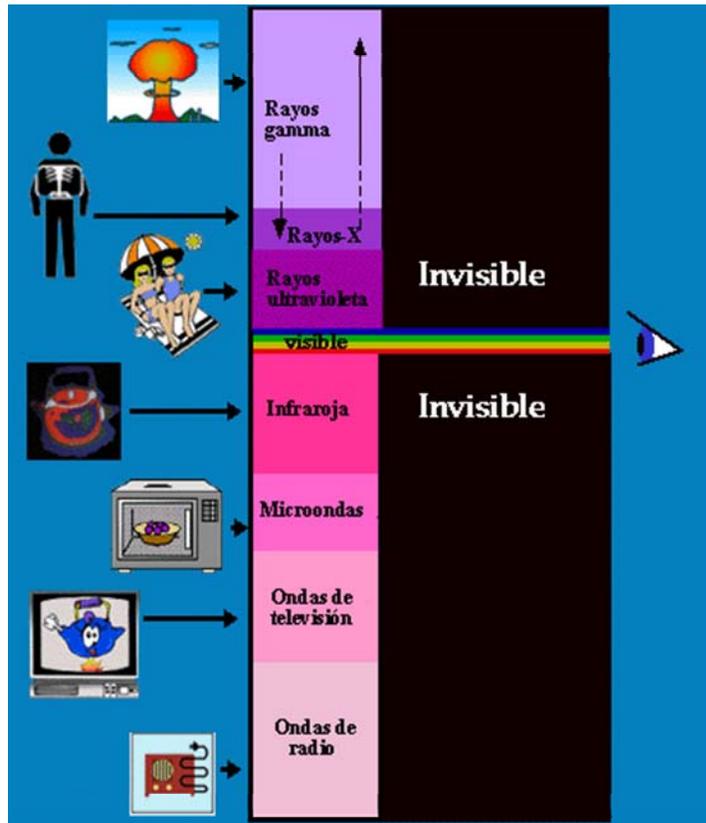


Ilustración 23.- Frecuencias y usos

En lo que se refiere al presente trabajo diremos que, el procesamiento de las imágenes satelitales se dividió en dos etapas, la primera obedece a la conjunción o unificación de las oportunidades que presentan ambas imágenes de satélite, en relación a lograr una imagen que permitiera delimitar área y frontera agrícola, a fin de determinar con precisión las áreas de cultivo por DDR. Y la segunda etapa, corresponde al procesamiento digital de clasificación e identificación de cultivos que se realiza utilizando las parcelas de entrenamiento para que, en el equipo de computo se corra el procedimiento donde se detecta a todo lo largo y ancho de la imagen el tipo de respuesta espectral que da cada uno de los cultivos o cobertura vegetal existente en la zona.

PRIMERA ETAPA:

A) LECTURA-ESCRITURA

Para cada imagen se lee e imprime el archivo *Header.dat* (encabezado) que contiene la información de origen útil para el armado de la imagen, con esta información se procedió a integrar los archivos de cada banda, y para ello nos valemos del uso del sistema ERDAS (software especializado en el proceso de imágenes satelitales).

Cada banda seleccionada se transforma de su formato original (BSQ = Band sequential) a uno propio dentro de ERDAS (.img). Por lo regular se eligen 5 de las 7 posibles bandas que contiene la imagen en la entrega original y cruda que hace la empresa que la comercializa, se desprecia las térmicas y la de 120 metros de píxel.

B) PEGADO DE BANDAS:

Una vez que todas las bandas han sido cargadas en el sistema ERDAS por separado, se procede a su pegado para obtener un solo compuesto con toda la información de las 5 bandas seleccionadas.

Aunque el despliegue es en el formato RGB (rojo, verde y azul) de tres bandas, el compuesto que se arma, puede contener 5 bandas espectrales para ser usadas y combinadas según convenga.

C) RECTIFICACIÓN GEOMÉTRICA:

Es el procedimiento de asignarle a la imagen de satélite datos de posición que permitan aproximar lo visualizado con su posición real en el terreno, también se le conoce como georreferencia, la primera aproximación se realiza con los datos del encabezado y la segunda y definitiva se lleva a cabo utilizando atributos del terreno como son cruces carreteros, bordes de ríos, cuerpos de agua, o rasgos al interior de zonas urbanas, muchos de estos, son posicionados y registrados durante la campaña de trabajo de campo mediante el uso de los equipos GPS.

Además de los rasgos utilizados derivados del trabajo de campo, se contaba también con la propia referencia de la imagen de archivo, misma que fue utilizada para precisar la corrección

geométrica, realizando de georreferencia de imagen a imagen. Con la finalidad que tengamos un ajuste preciso de parcela de una imagen con la otra y a su vez con el trabajo de campo.

D) RECORTES DE ÁREAS DE INTERÉS (AOI'S):

Previamente han sido seleccionadas bandas específicas, que por sus características espectrales favorecen el contraste de los diversos cultivos en una zona agrícola. Los cortes de áreas específicas en imágenes de satélite se les llaman AOI's, y consisten en delimitar un grupo de píxeles que su firma espectral corresponde a un mismo tipo de cobertura vegetal, (de acuerdo al trabajo de campo y otras fuentes de información como el inventario forestal), para cada tipo de vegetación se definen de 5 a 10 delimitaciones, con la finalidad de que, mediante el uso del software se agrupen aquellos píxeles que presentan el mismo patrón de reflectancia y que ha sido identificado para un tipo de cultivo o vegetación.

El resultado fue el corte preciso de las áreas agrícolas y delimitando aquellas que son de riego y de temporal, que un vez identificadas plenamente se reconocen como agrícolas diferenciándose del resto de las coberturas presentes en la región, acto seguido se procede a generar el límite vectorial que se define la frontera agrícola y que es a partir de esta delimitación que se hará el corte digital en la imagen satelital (para definir área agrícola en la imagen satelital).

E) SOBREPOSICIÓN:

Una vez realizado el corte digital del total de la zona agrícola se procede a generar los AOI's específicos por cada uno de los DDR involucrados en el trabajo, a partir de estos se realizó una sobreposición con los obtenidos en el trabajo realizado en la imagen del 1998 en el operativo correspondiente, a fin de validar nuevamente la delimitación obtenida con imagen del 2000, y de esta forma poder depurar incluyendo o excluyendo áreas específicas.

De esta manera se logró obtener un comparativo multi-temporal y garantizar que no se excluya ninguna superficie dedicada a la siembra de cultivo alguno.

F) FOTOIDENTIFICACIÓN:

Este proceso de fotointerpretación se realizó haciendo un barrido visual en ambas imágenes, a fin de rectificar la correcta inclusión o la posible exclusión de áreas agrícolas, esto con la finalidad de contar con una delimitación precisa de la zona de cultivos y su frontera.

Contar con dicha delimitación es importante ya que en primera instancia se hace un comparativo con las cifras de superficie sembrada por CADER y DDR, que reporta la

Delegación; si ambos datos son coincidentes en términos generales, se puede considerar que las estimaciones tradicionales han sido las adecuadas.

Los procesos descritos enseguida, pertenecen a la segunda parte del proceso de cuantificación de la superficie de sorgo en el estado, y constituyen un análisis complementario para validar la información de superficie reportada en primera instancia, mediante el método estadístico y de GPS.

SEGUNDA ETAPA:

G) CLASIFICACIÓN ISODATA:

Cada escena es procesada mediante la técnica de interacción automática por ordenamiento analítico de datos o isodata. A partir de las matrices de datos espectrales de cada banda, se crea una imagen con un número determinado de clases (90 en este caso) para conformar grupos, es decir, la computadora separa y agrupa por si misma grupos de píxeles con características similares.

A partir de aquí se realiza una clasificación adicional que consiste en la agrupación estadística de píxeles, asociados a los diferentes valores numéricos de nivel digital o valor espectral, mediante el cálculo de medias y desviaciones estándar.

Posteriormente, para conformar las clases, ERDAS utiliza el criterio de distancia mínima espectral, el proceso se inicia con el cálculo de medias, de acuerdo al número de clases determinado o puede hacerlo a partir de una matriz existente de firmas espectrales (*signature set*).

Acto seguido se realiza la asignación de cada clase definida por grupos de píxeles a un rasgo específico de cobertura sobre la superficie ya sean cultivos de sorgo maíz o algodón, vegetación natural, cuerpos de agua, áreas urbanas y pastizales, entre otros posibles, haciendo un barrido sobre toda la imagen, hasta conformar la lista definitiva de clases.

Es en este momento donde pasa de ser una clasificación no supervisada a una supervisada, al utilizar o asignar valores de la cobertura real que existe sobre el terreno para la asociación de zonas similares en todo lo largo y ancho de la imagen satelital.

H) CUANTIFICACIÓN DE SUPERFICIES:

Como se mencionó anteriormente, el procesamiento de datos a partir de imagen satelital tuvo que ser apoyado con el uso de una escena del año de 1998 de la misma zona, ya que la imagen del 15 de abril del 2000, presenta un gran porcentaje de cobertura de nubes. Sobre esta imagen de archivo se procedió a realizar los siguientes procesos:

- a) Recorte digital por Distrito de Desarrollo Rural de la superficie cubierta por la imagen (imagen 2000).
- b) Sobre estos cortes individuales (AOI's) en imagen 2000, es digitalizada el área agrícola definida en la imagen de 1998, a fin de realizar la extracción o aislamiento exclusivamente del área agrícola.
- c) Se sobreponen los límites de áreas agrícolas de riego y temporal del INEGI, a fin de contar con la división de las dos modalidades de un cultivo.
- d) Sobre el producto resultante de la clasificación supervisada, se sobreponen todos los polígonos obtenidos de la campaña GPS de este año y de trabajos anteriores realizados en la zona, a fin de que se utilicen como un medio de validar la certidumbre del trabajo realizado sobre las imágenes, siendo el resultante arriba del 90% de confiabilidad, lo que resulta muy satisfactoria para este tipo de procedimientos.

Ya que se ha validado la clasificación realizada, se procede a cuantificar superficies por tipo de cobertura, esto se logra gracias a las consideraciones siguientes:

- En las imágenes de satélite la unidad mínima de procesamiento es lo que se conoce como píxel.
- En las imágenes tipo landsat estos deben tener la dimensión de 30 x 30 metros, es decir 900m², este valor la imagen lo adquiere una vez que es asignada la georreferencia por medio de coordenadas X y Y (corrección geométrica).

- Al agrupar conjuntos de píxeles con atributos similares, estos pueden ser cuantificados y así obtener superficies por cobertura.

I) ESTIMACIÓN POR NUBOSIDAD.

La excesiva presencia de nubes sobre la zona de trabajo requirió de un cálculo adicional para estimar la superficie de cultivo que no era visible al sensor, por la obstrucción de la nubosidad (hay que recordar que el sensor landsat es de tipo pasivo, lo que significa que solo capta la luz solar que refleja un objeto).

Este cálculo adicional consistió en lo siguiente:

- Conocer para cada DDR, todos los tipos de cultivos que son sembrados y las superficies que ocupan cada uno. Con estos datos se calcula el porcentaje de presencia que tiene cada cultivo por distrito.
- Conocer la superficie de cultivos bajo cobertura de nubes, por cada distrito, al dato resultante se la asigna la proporcionalidad que le corresponde al cultivo de sorgo, y de esta manera se logra una cifra estimada del cultivo de sorgo que se halla bajo cobertura de nubes.
- A esta superficie estimada bajo nubes se le aplica el valor de rendimiento obtenido en la zona y así se obtiene la producción en toneladas por hectárea, según sean superficies de riego o de temporal.

Un diagrama que resume las etapas de procesamiento en lo que se refiere al manejo de imágenes de satélite es el que a continuación se presenta (ilustración 24):

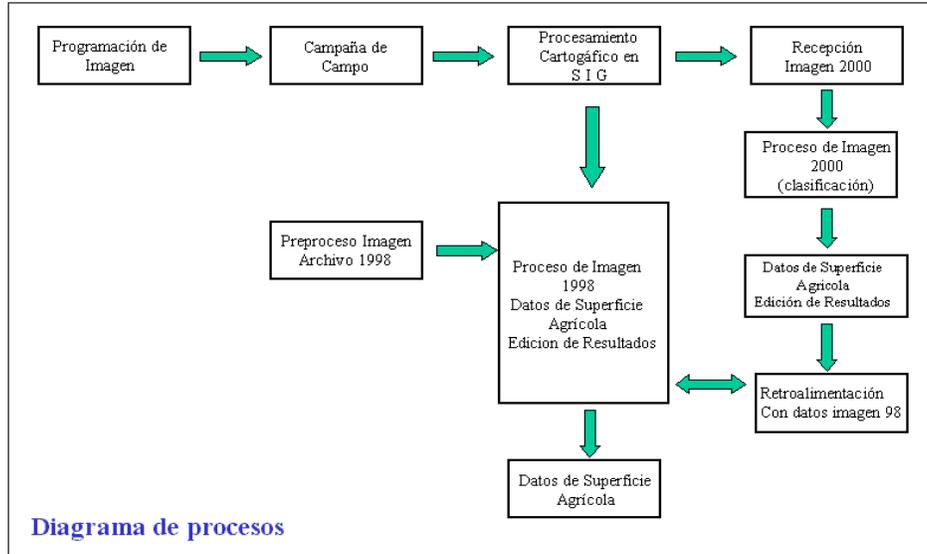


Ilustración 24.- Diagrama de procesamiento georreferenciado

Los resultados obtenidos de este proceso se pueden observar en la tabla no 5.



Tabla 12.- Resultados proceso imágenes

CONSIDERACIONES:

El estado de Tamaulipas ofrece varias ventajas especiales:

- La primera: la mayoría de la su superficie de cultivos corresponde al sorgo, teniendo presencia secundaria el maíz. Esta gran homogeneidad facilitó en mucho la obtención de datos y la generación de resultados.
- La segunda es que las zonas de cultivos son compactas, es decir se encuentran agrupadas en una misma zona, como se aprecia en las figuras presentadas.
- La tercera es que en su mayoría toda el área agrícola se encuentra comunicada con brechas de muy buena calidad.
- Las áreas agrícolas de la entidad están ubicadas casi en su totalidad en zonas totalmente planas.

Es importante considerar lo siguiente:

En estados donde la presencia de cultivos es más diversa, el procedimiento varia, ya que requiere de un exhaustivo muestreo de campo para registrar cada tipo de cobertura vegetal existente, se definen un mayor número de parcelas de entrenamiento y la validación de resultados es más rigurosa. Por lo tanto el método presentado es prácticamente para el estado de Tamaulipas.

EDICIÓN

Los procesos de edición se pueden agrupar en forma general en los siguientes:

- a) Edición de planos imagen temática.
- b) Sobreposición de capas de los límites territoriales y su recorte.
- c) Sumatorias de superficies agrícolas y por cultivos por Distrito de Desarrollo Rural.
- d) Creación de mapas temáticos y base de datos para consulta.
- e) Conformación como producto de un SIG del proyecto.

RESULTADOS DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

De la primera parte del proceso de imágenes, que corresponde a:

- a. la delimitación y aislamiento del área agrícola,
- b. cuantificación de cobertura de imagen sin nubes y
- c. cobertura de imagen con nubes,

Considerando en la parte final del proceso esta última cobertura, para que mediante la asignación de proporcionalidades, se lleve a cabo la estimación de la superficie por cultivo y su rendimiento/ha., que sumada a aquella superficie sin cobertura de nubes, se deriva una primera estimación de la superficie sembrada de sorgo, reportado por DDR e indicados en la tabla no. 13.

DETERMINACION DE SORGO, MEDIANTE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES DE SATÉLITE (Landsat 5 TM, mayo 1998)						
PRINCIPALES DDR's DE TAMAULIPAS, CICLO OI 99-00						
* Superficie en Hectáreas.						
DDR	Sup. Agrícola	Sup. Agric. R+T	Otros Cult.	Sup. Sorgo	%	Cob. Con imagen
Control R	275,600.00	339,300.00	39,019.50	300,280.50	88.50	Total
Control T	63,700.00					
Díaz Ordáz R	39,000.00	161,111.48	13,289.25	146,822.23	91.70	Parcial
Díaz Ordáz T	121,111.48					
San Fernando RT	350,263.96	350,263.96	5,253.96	345,010.00	98.50	Parcial
TOTAL	849,675.44	849,675.44	57,562.71	792,112.73		Parcial

R = a riego y T = a temporal

Elaborado por el Área de Geografía del Centro de Estadística Agropecuaria

Junio 08 del 2000

Tabla 13.- Determinación de superficies por imagen

Para llegar a estos resultados cada Distrito de Desarrollo Rural fue procesado en forma independiente y bajo el siguiente esquema de trabajo.

DISTRITO DÍAZ ORDAZ:

En este Distrito de la superficie agrícola total, sólo se tiene la cobertura en imagen del 80% para la superficie de temporal y el 50 % para la superficie de riego. Lo que hace necesario apoyarse en los datos administrativos reportados por la Delegación Estatal de la SAGAR.

El proceso de imágenes indica una superficie estimada de sorgo es de 147,822.23 has, que corresponden al 91.7 % de la superficie agrícola total del DDR (161,111.48 has.). El municipio de Díaz Ordaz, junto con el CADER de Miguel Alemán, aportan una superficie de 19,004 has. de sorgo. Sumando ambas cantidades, nos da un total de 166,826.22 has. de sorgo por cosechar para este distrito.

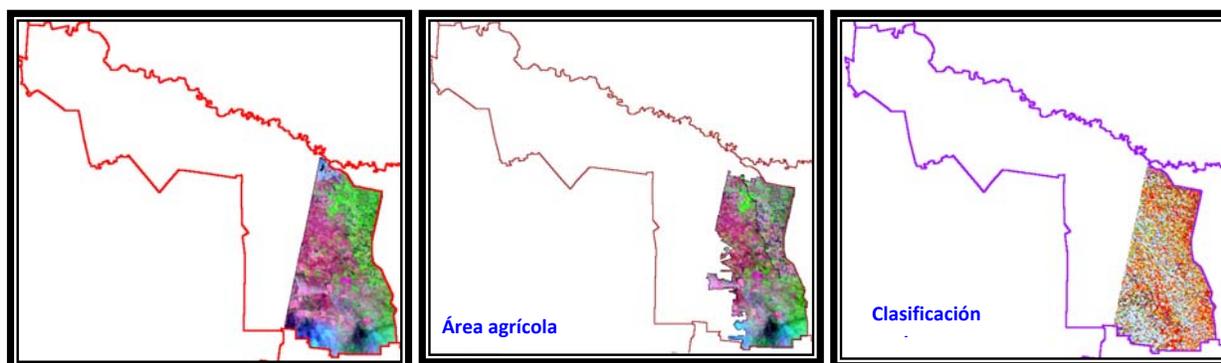


Ilustración 25.- Proceso imagen Díaz Ordaz

DISTRITO DE CONTROL:

Este distrito si fue cubierto en su totalidad con imagen de satélite y mediante los procesos de cuantificación descritos en capítulos anteriores se obtuvieron los siguientes datos:

- Superficie agrícola imagen = 339,300 has. a este dato le descontamos la cantidad correspondiente al 11.5% de cobertura en el terreno que corresponde a otros cultivos.

- Lo que nos da el siguiente resultado 300,280.5 has. correspondiente a la superficie agrícola de sorgo, estimada mediante el uso de imagen satelital.

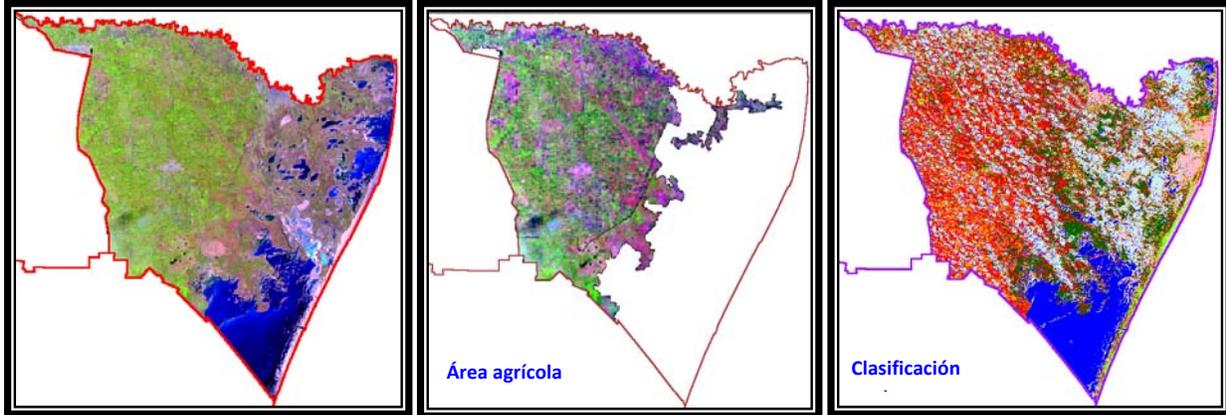


Ilustración 26.- Proceso imagen Control

DISTRITO DE SAN FERNANDO:

Este distrito fue cubierto casi en su totalidad con imagen de satélite y mediante los procesos descritos anteriormente se obtuvieron los siguientes datos:

- Superficie agrícola imagen = 350,264 has. menos el 1.5% de cobertura correspondiente a otros cultivos, nos arroja el siguiente resultado:
- Superficie agrícola de sorgo con imagen 345,010.04 has.

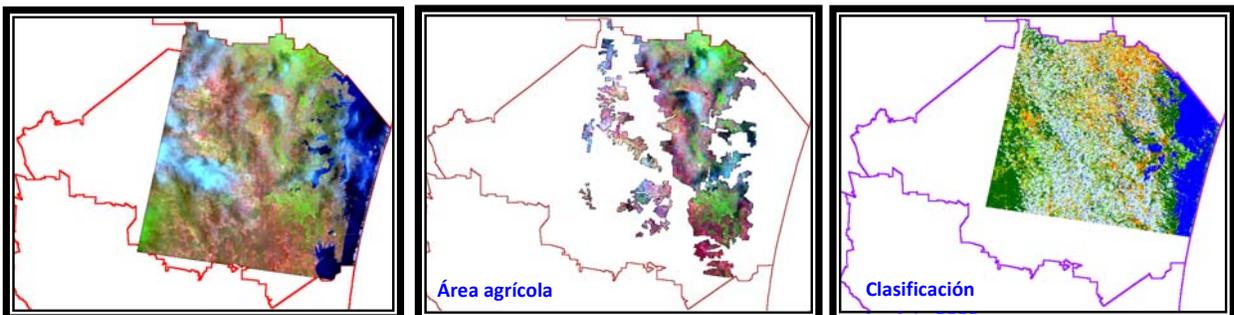


Ilustración 27.- Proceso imagen San Fernando

La gran similitud de los resultados obtenidos en la segunda parte del proceso con la imagen landsat del 2000, validan la emisión de la primera información obtenida con apoyo de imágenes de 1998, como se muestra en la tabla 14.

SUPERFICIE SORGO DELEGACIÓN TAMAULIPAS / IMAGEN 98 / IMAGEN 2000				
DDR's	Superficie Sorgo Delegación	Superficie Sorgo Imagen 98	Superficie Sorgo imagen 00	Diferencia Delegación
Control	308,311.0	300,280.5	306,977.9	1,333.1
Díaz Ordáz	166,889.0	146,822.2	143,644.7	23,244.3
San Fernando	346,351.0	345,010.0	346,448.8	-97.8
TOTAL	821,551.0	792,112.7	797,071.4	24,479.6

Tabla 14.- Comparativo resultados

La diferencia presentada en azul (superficie mayor), corresponde a las áreas no cubiertas con imagen y no a imperfecciones del procedimiento, de hecho es de resaltar el resultado para San Fernando donde casi se tuvo cobertura total del área agrícola del distrito, la diferencia prácticamente es despreciable.

RESULTADOS ESTATALES

Ya al finalizar todo el procedimiento conjunto entre las áreas de Geografía y Encuestas, se emitieron resultados a nivel estatal, a fin de tener el estimado requerido por las autoridades de la SAGAR. Dichos resultados se agruparon en una tabla resumen que se presenta a continuación (tabla no 15).

DISTRITOS DE DESARROLLO RURAL	CENTROS DE APOYO AL DESARROLLO RURAL	SUPERFICIE SEMBRADA ha	SUPERFICIE COSECHADA ha	PRODUCCIÓN ton	RENDIMIENTO ton/ha
155 ABASOLO	1 ABASOLO	19,191	19,161	53,500	2.79
SUBTOTAL		19,191	19,161	53,500	2.79
156 DÍAZ ORDÁZ	1 M. ALEMÁN	7,993	6,513	12,002	1.84
	2 DÍAZ ORDÁZ	32,303	24,544	61,407	2.50
	3 REYNOSA	93,028	70,980	148,620	2.09
	4 RÍO BRAVO	32,502	28,826	76,887	2.67
SUBTOTAL		165,826	130,863	298,916	2.28
157 CONTROL	1 CONTROL	54,261	54,261	169,325	3.12
	2 MATAMOROS	65,220	65,220	182,635	2.80
	3 VALLE HERMOSO	54,651	54,651	196,094	3.59
	4 STA. APOLONIA	70,416	70,416	191,459	2.72
	5 RÍO BRAVO	55,731	55,731	161,506	2.90
SUBTOTAL		300,279	300,279	901,019	3.00
158 SAN FERNANDO	1 SAN FERNANDO	160,223	150,674	317,392	2.11
	2 SAN GERMAN	98,086	97,792	289,170	2.96
	3 GONZÁLEZ VILLAREAL	66,552	66,419	188,325	2.84
	4 MÉNDEZ	20,149	14,763	24,737	1.68
SUBTOTAL		345,010	329,648	819,624	2.49
ZONA NORTE		830,306	779,951	2,073,059	2.66
RESTO DEL ESTADO^{1/}		35,750	22,809	44,934	1.97
TOTAL ESTATAL		866,056	802,760	2,117,993	2.64

^{1/} Datos de la Delegación de la SAGAR en Tamaulipas.

FUENTE: Centro de Estadística Agropecuaria (CEA), SAGAR.

Tabla 15.- Resultados nacionales

CONCLUSIONES

Con el propósito de **estimar la superficie cosechable** y la producción obtenible del ciclo agrícola O-I 99-00, en el mes de mayo de 2000, el Centro de Estadística Agropecuaria, en coordinación con ASERCA, INIFAP, Gobierno del Estado y la Delegación Estatal de la SAGAR en Tamaulipas, realizó un trabajo conjunto mediante la aplicación de técnicas de; Posicionamiento Global, de mediciones físicas en cultivos, Sistemas de Información Geográfica y con fines de comprobación Percepción Remota.

El resultado de este trabajo permitió **estimar al 11 de junio, una producción de 1,572 mil ton. La producción final para el cierre del ciclo, al 30 de septiembre, fue de 1,600 mil ton.**, es decir 1.7% (dato parcial que corresponde a los 3 DDR donde se concentró el trabajo) más que la estimada mediante la metodología aplicada, lo que permite comprobar la confianza en procedimiento aplicado.

La Delegación de la SAGAR por medio de registros administrativos, a la segunda semana de junio, estimo una producción de 1'919,669 toneladas de sorgo provenientes de 884,401 hectáreas sembradas y 826,646 hectáreas cosechadas, con un rendimiento medio de 2.33 ton/ha. Estos datos se pueden comparar con los obtenidos por medio de la metodología empleada y corroborar su certidumbre (ver tabla 15).

Las técnicas utilizadas en la encuesta son de tipo objetivo por ser de medición directa en el campo, lo que permite utilizar con confianza los resultados obtenidos.

Con respecto a la información administrativa, si bien existen diferencias con la captada en el procedimiento descrito, como lo son superficies y rendimientos, el reporte de la producción por medio de registros administrativos es congruente con la estimada en el presente trabajo.

Por lo anterior, se considera que los métodos utilizados para la captación de información (administrativo y el presente de estimación) se deben utilizar como complementarios y no en forma aislada.

Es importante no olvidar las condiciones particulares y favorables que presenta el Estado de Tamaulipas en lo que al cultivo del sorgo se refiere y que ya hemos resaltado en su momento, por lo que la aplicación de la metodología es muy favorable para esta zona del país, para otros cultivos y otras zonas agrícolas en otros estados el Centro de Estadísticas Agropecuarias, cuenta con metodologías específicas.

AUMENTO DE LA PRODUCCIÓN CON RESPECTO AL REGISTRO HISTÓRICO EN LA ENTIDAD.

El factor principal que influyó en el incremento de la producción, está el hecho de que durante la época de siembras y consolidación del cultivo se registró un periodo de precipitación pluvial mayor al 111% en la zona productora, a la observada en el ciclo homólogo pasado y muy por encima de lo que marca la normal. Lo que se reflejo de acuerdo con los registros administrativos, en un incremento del 5.8% de la superficie sembrada y del 6.7% de superficie cosechada. Tabla siguiente.

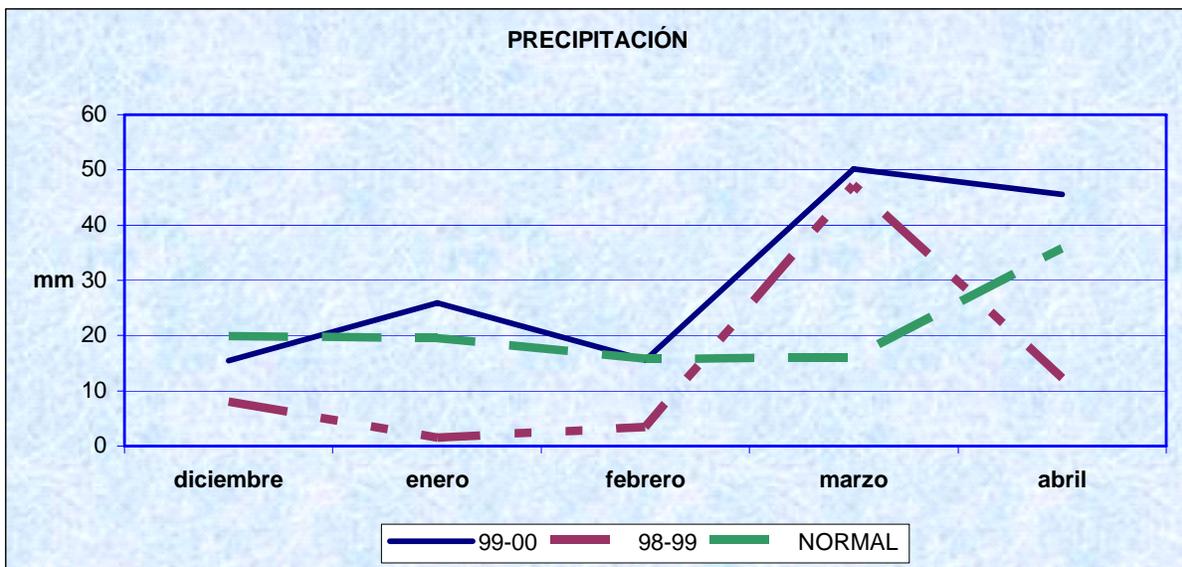


Tabla 16.- Comparativo precipitación

BENEFICIOS

Adicionalmente, el trabajo conjunto generó beneficios colaterales esperados, mismos que podemos enunciarlos por organismo participante.

PARA APOYOS Y SERVICIOS A LA COMERCIALIZACIÓN AGROPECUARIA (ASERCA)

Información sobre ubicación de la producción y rendimiento a nivel de CADER para operar la distribución de apoyos a la comercialización agropecuaria que se da a los productores inscritos en el programa de apoyo del gobierno llamado PROCAMPO.

Información sobre el volumen de la producción, antes del cierre del ciclo agrícola en el estado, lo que permite conocer con certeza y anticipación el monto económico requerido para apoyo a los productores.

DELEGACIÓN DE LA SAGAR EN EL ESTADO DE TAMAULIPAS

Contar con información oportuna sobre el volumen de cultivo por cosechar y conocer con mayor oportunidad (tres meses de anticipación) el volumen de la producción a obtener durante el ciclo agrícola con el fin de eficientar la forma de obtener resultados y reportar con oportunidad.

Manejo de metodología alternativa para validar o rectificar la información generada por métodos tradicionales, además se pretende que esta metodología se adopte como propia y se incorpore a los procedimientos cotidianos de obtención, manejo de información y datos sobre los cultivos.

Involucrar al personal de la SAGAR, en un proceso de modernización y capacitación tecnología, con el uso de tecnología de punta en el procesamiento georreferenciado.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS (INIFAP)

Evaluar el éxito y aprovechamiento de los paquetes tecnológicos liberados para las áreas agrícolas donde se cultiva el sorgo.

El Instituto de forma permanente genera investigación que tiene como propósito incrementar el rendimiento agrícola y la salud de la planta de cualquier cultivo. En la zona donde se desarrolló el trabajo, como ya se ha demostrado el cultivo principal es el sorgo, y el INIFAP ha seleccionado diversas parcelas donde aplicó sus investigaciones a través de paquetes tecnológicos.

El trabajo realizado le ha permitido dicho instituto de investigación evaluar en forma extensa los resultados de su programa de trabajo en la zona y para el cultivo del sorgo.

Además al conocer una metodología alterna (a las utilizadas en el INIFAP) para cuantificar la producción, les permitió, ratificar la validez de los diversos métodos científicos que utilizan para estimar la producción agrícola en una zona específica, en el caso que nos ocupa el sorgo.

CENTRO DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS (CEA)

Contar con información alternativa obtenida por medio de técnicas de muestreo estadístico y de procesamiento georreferenciado (GPS, Sistemas Geográficos y Teledetección), que permita por un lado:

a) evaluar de forma objetiva los datos de superficie sembrada y producción obtenida, que reportan tradicionalmente las delegaciones estatales de la SAGAR.

b) Validar la metodología de rendimientos objetivo combinado con el uso de herramientas de procesamiento georreferenciado, misma que se pretende difundir mediante el programa permanente de transferencia de tecnología del CEA hacia las Delegaciones Estatales, con el fin de lograr autonomía operativa en cada una de ellas.

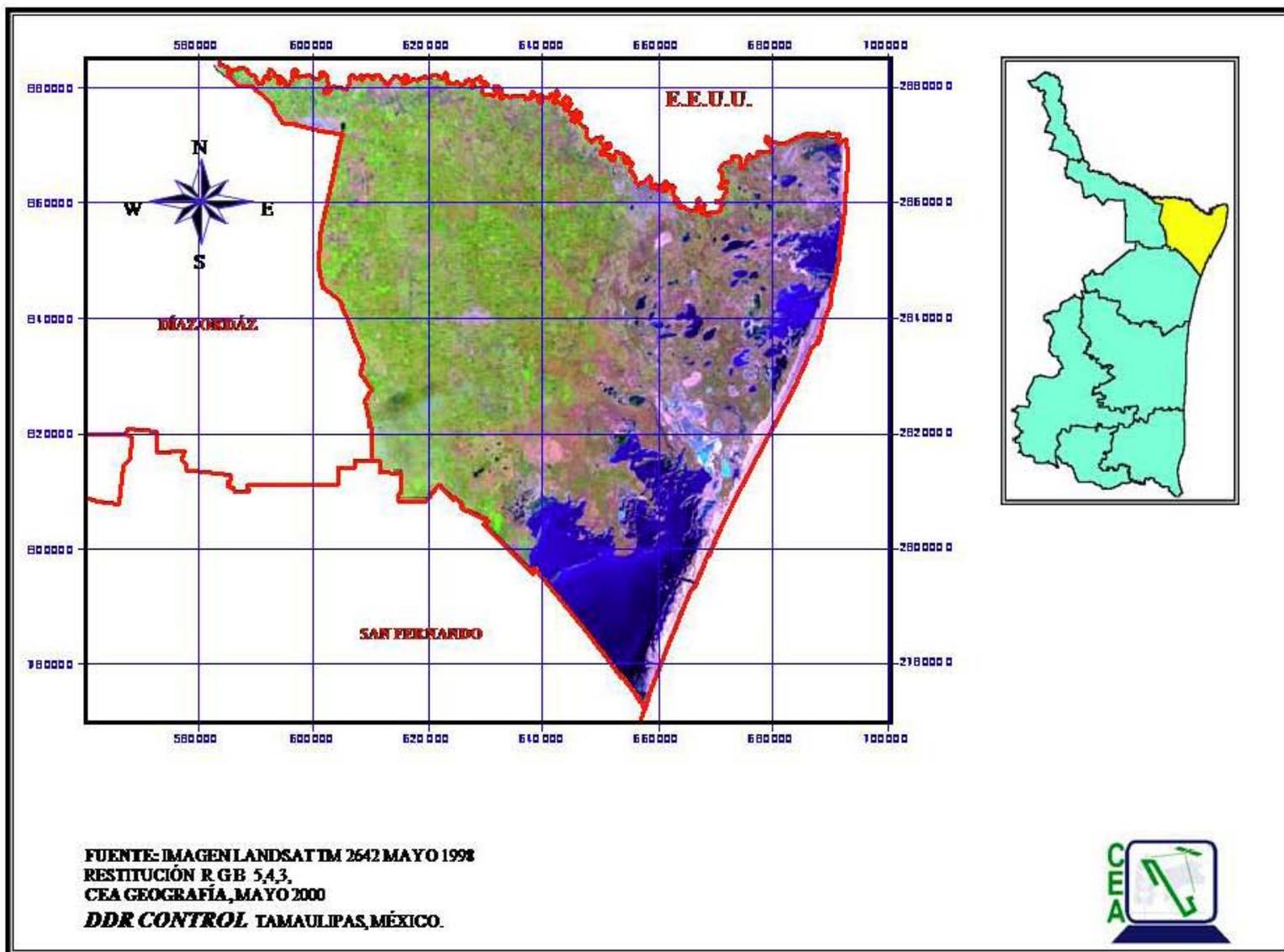
EN LO PERSONAL

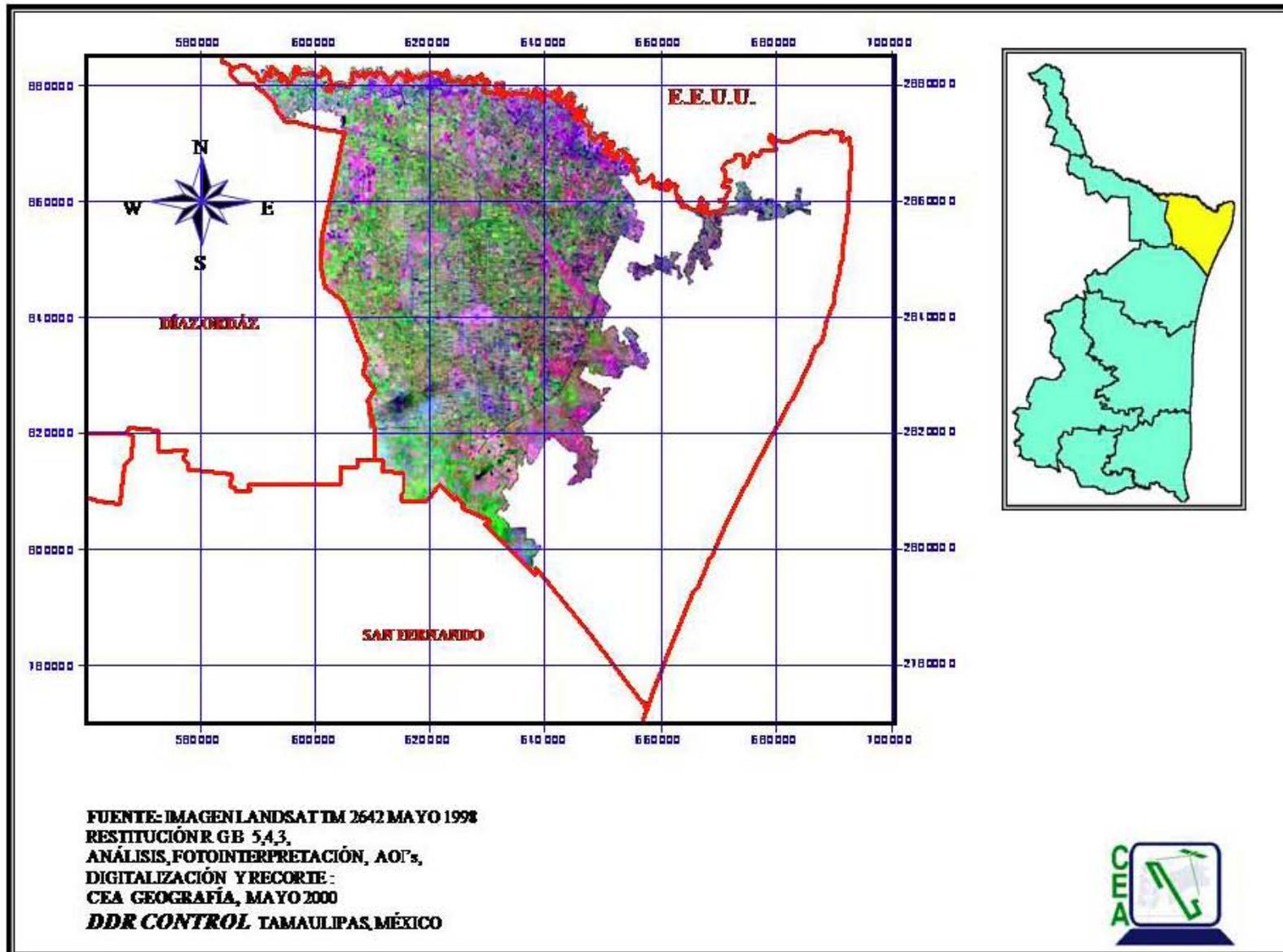
En mi paso por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) y en especial por el Centro de Estadísticas Agropecuarias (CEA), me ha dejado un gran número de satisfacciones profesionales, entre las cuales se ubica el presente trabajo. En el momento en que este fue realizado, yo era el responsable del Área de Geografía y por lo tanto era el coordinador responsable de los procedimientos que correspondían al área así como del personal que participaba en los trabajos, tanto de capacitación, de campo, de procesamiento.

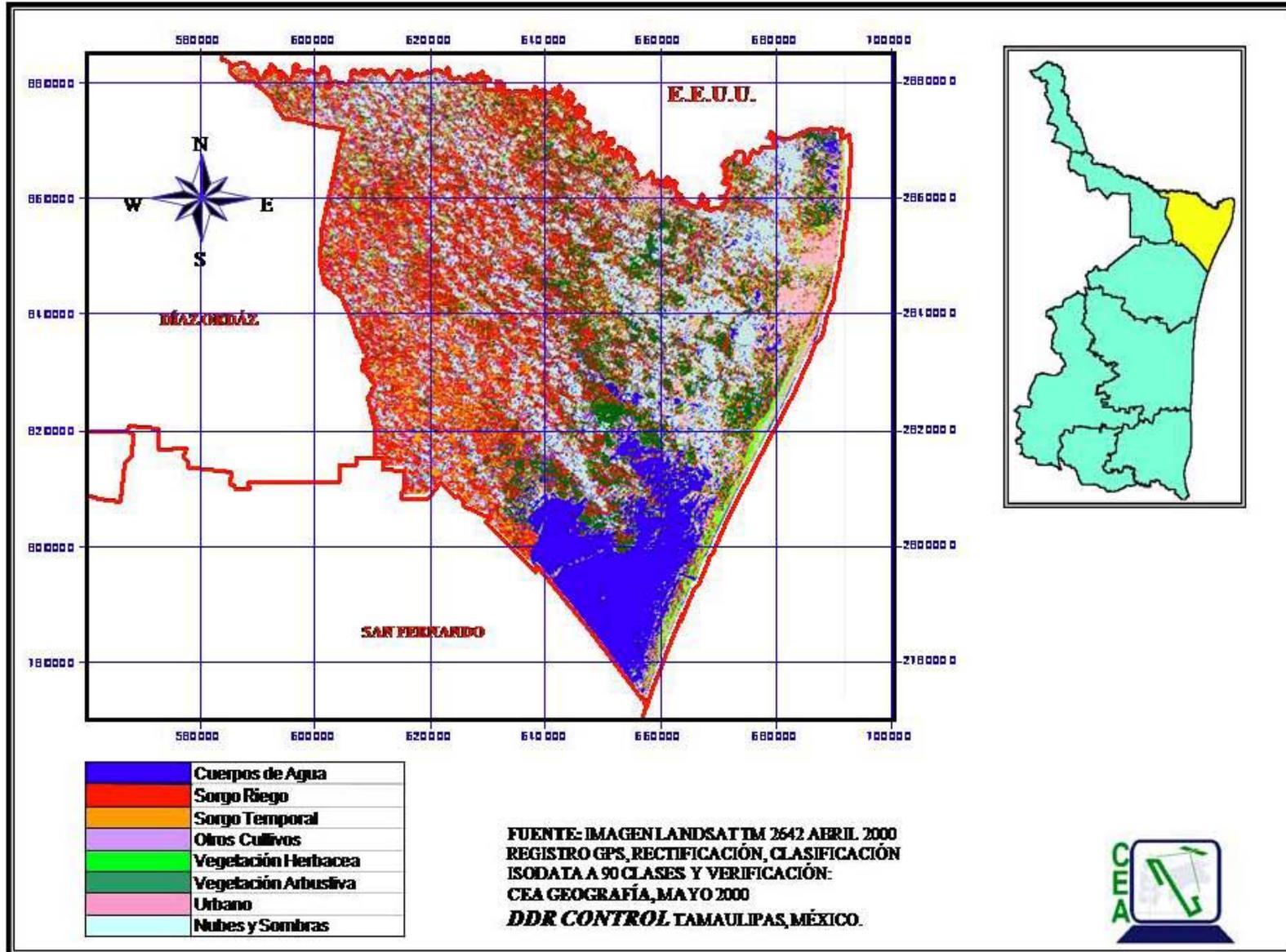
Durante el operativo descrito se compartió la coordinación con personal del área de Encuestas, quienes se responsabilizaban por el método estadístico, selección de sitio y levantamiento de muestras físicas y resultados de laboratorio.

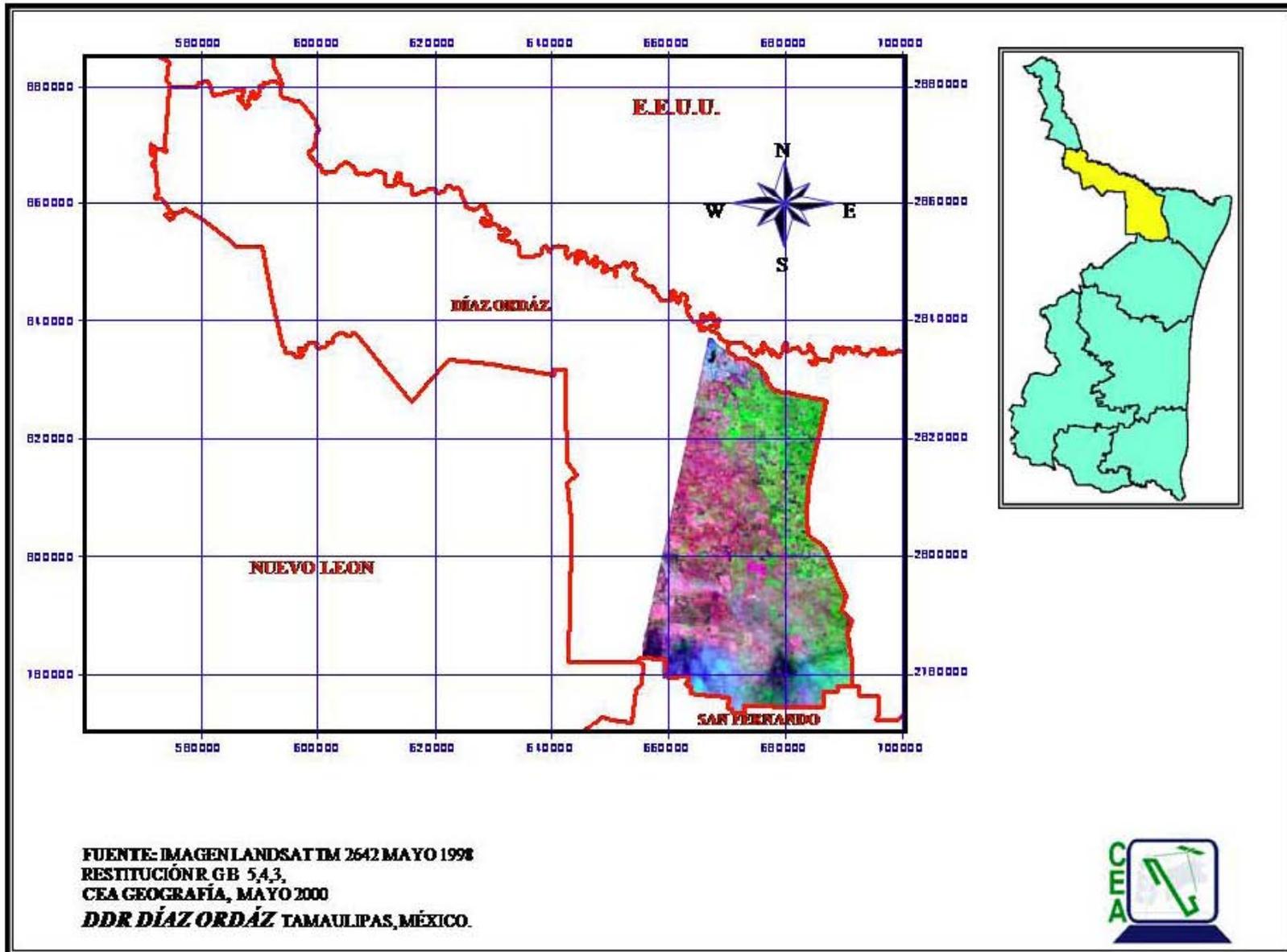
Compartir esta experiencia como muchas otras fueron muy satisfactorias, ya que tuve y tuvimos la oportunidad de ofrecer resultados en muy breve tiempo con el uso de tecnología, acorde a lo que los tiempos políticos marcan dentro de la administración pública.

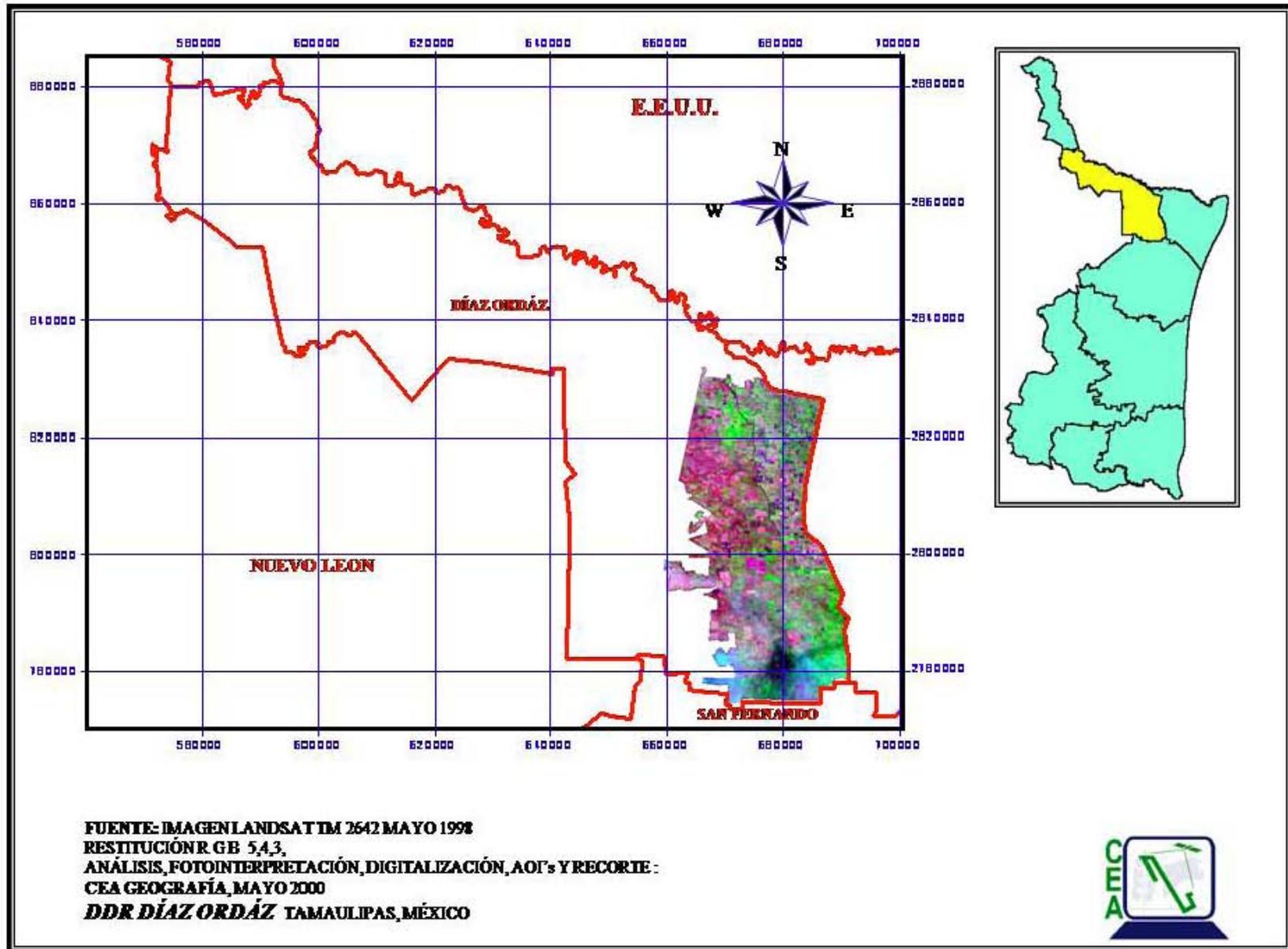
ANEXO CARTOGRÁFICO

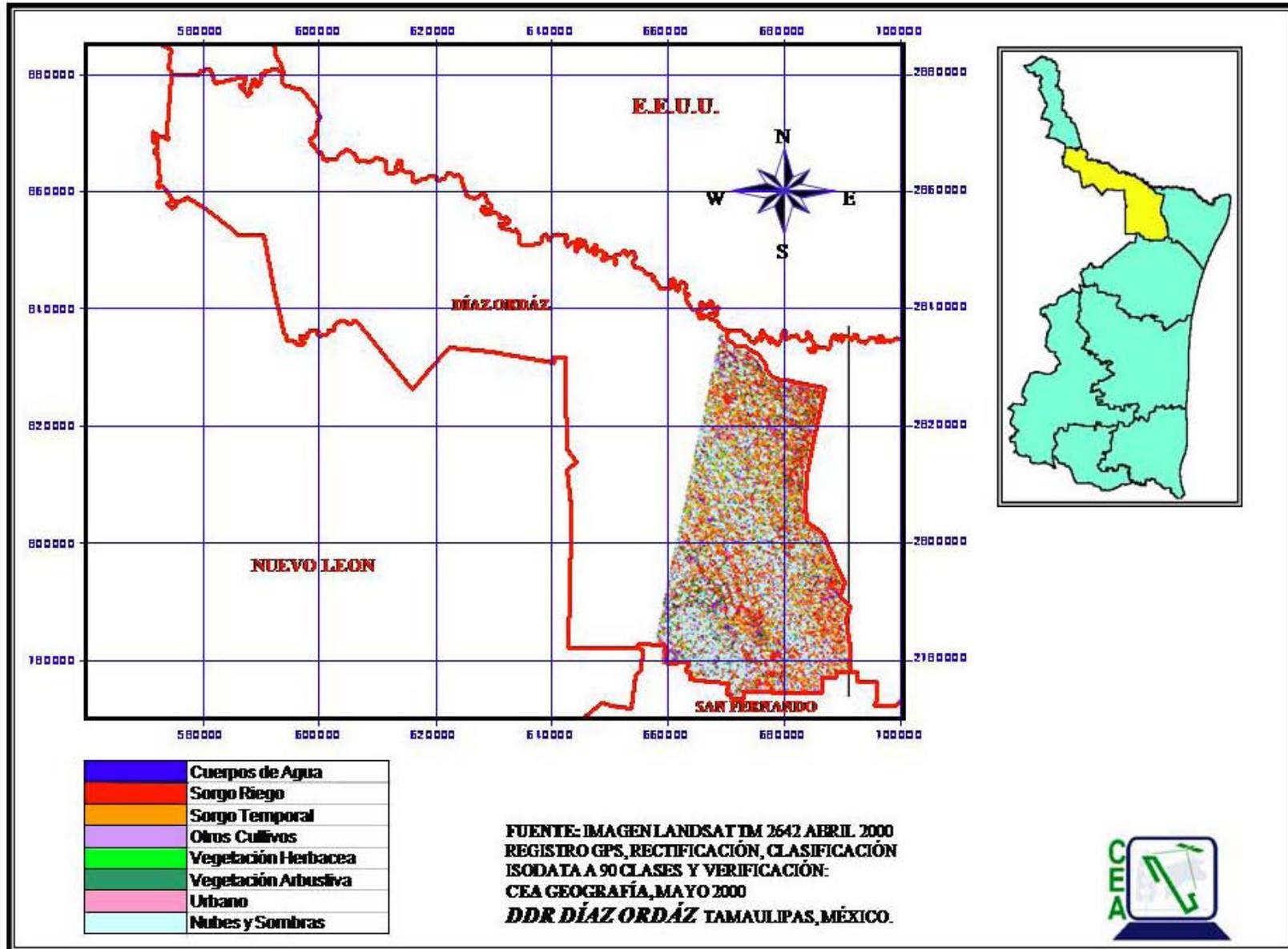


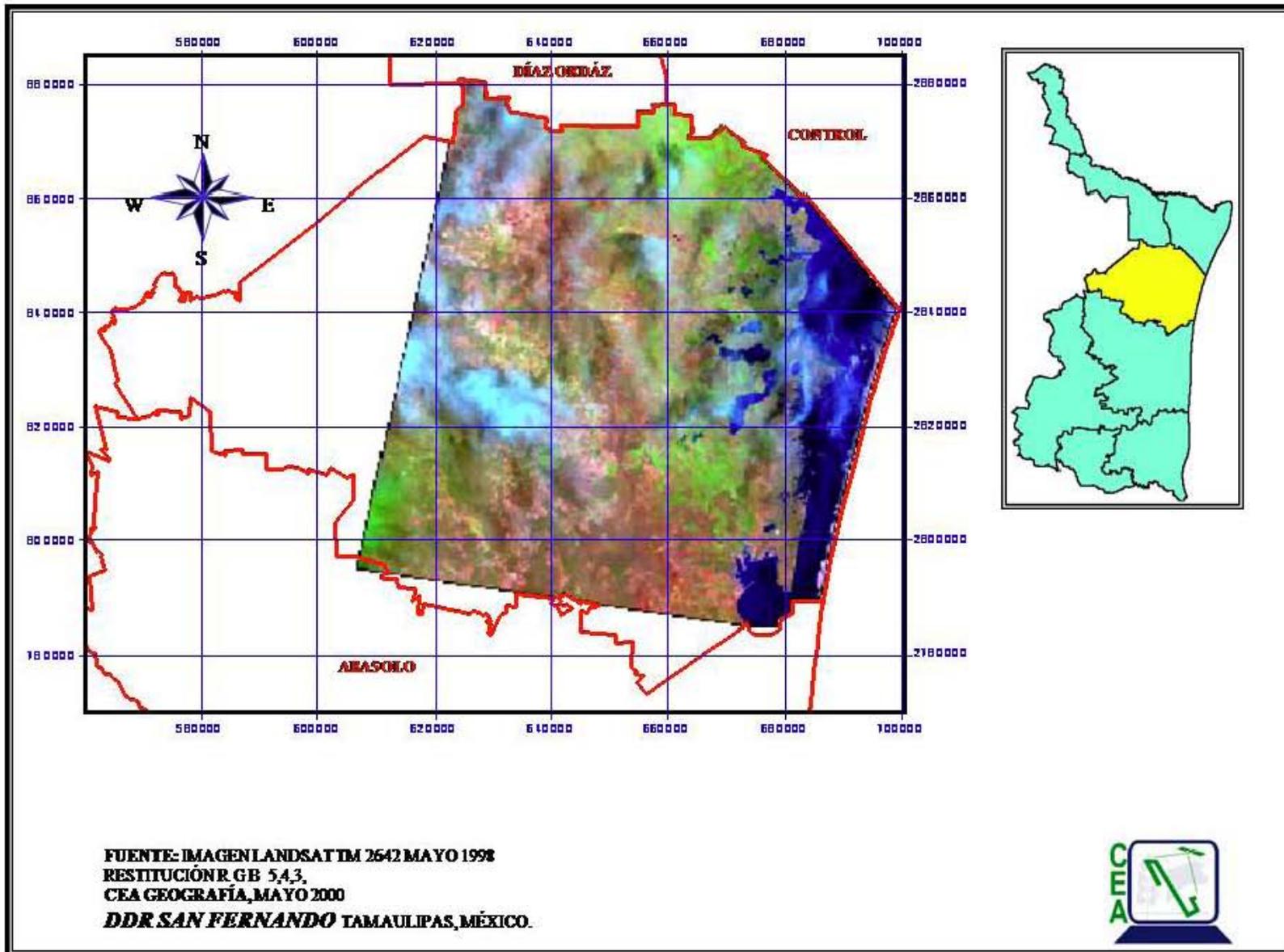


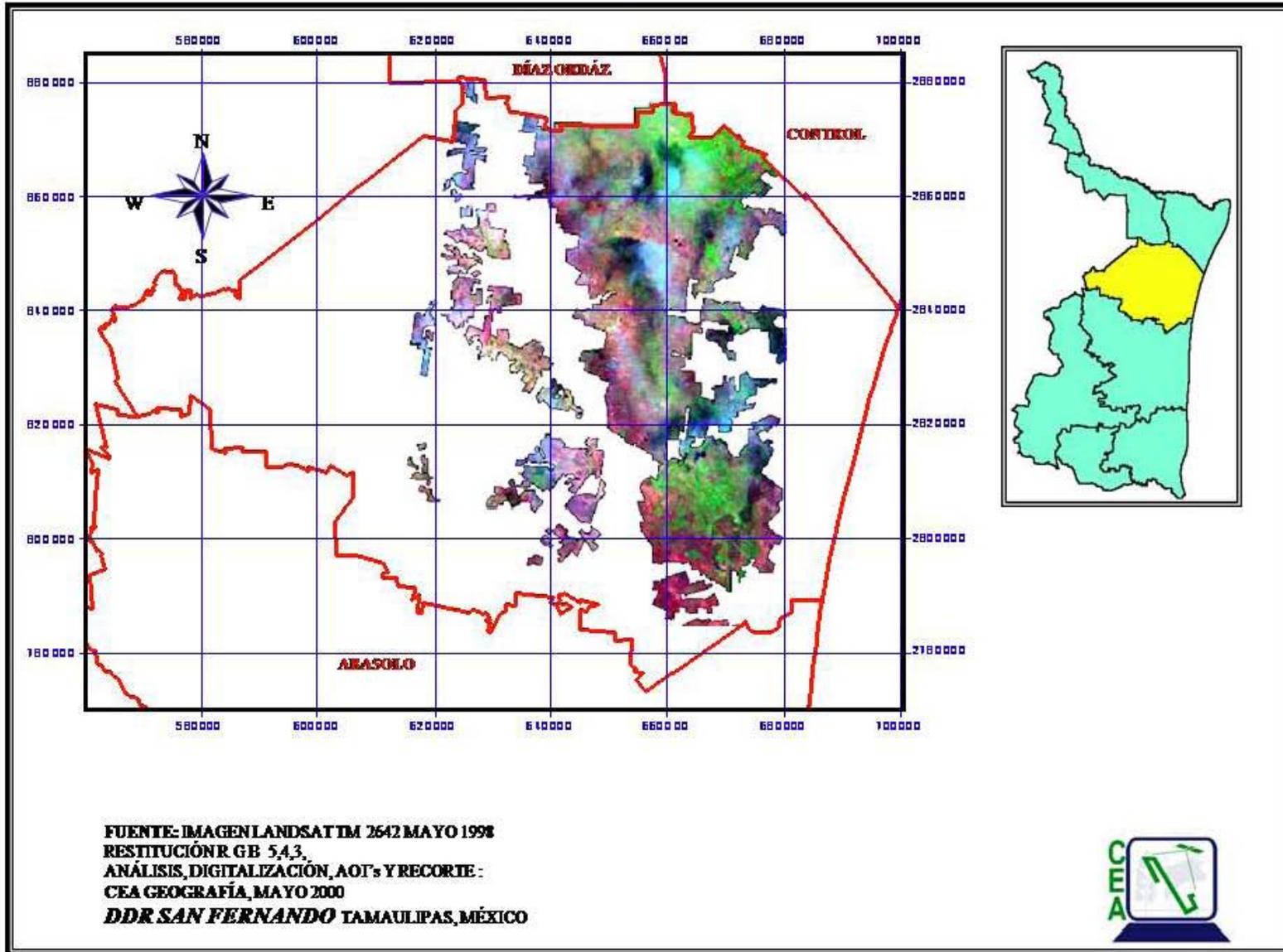


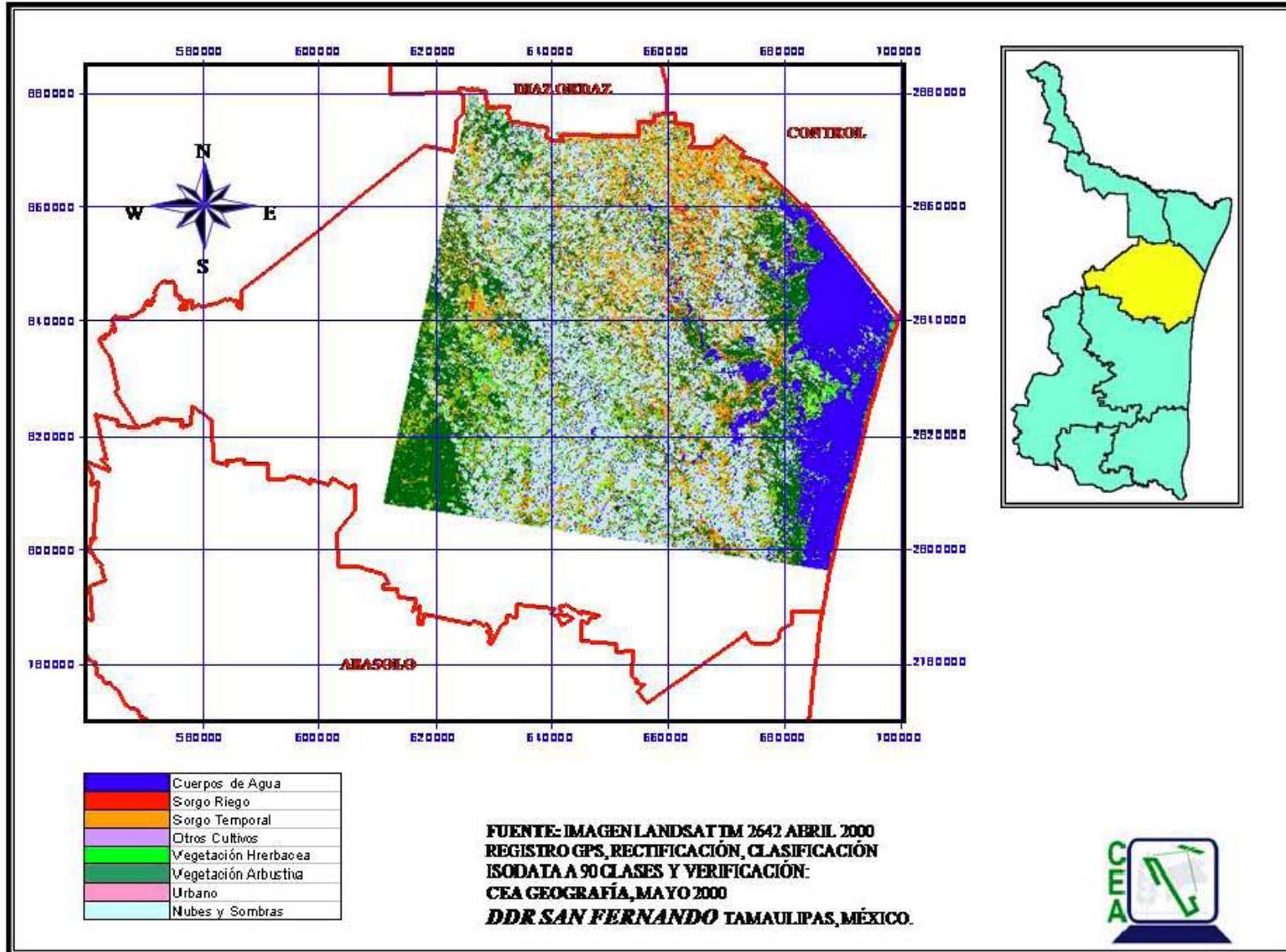












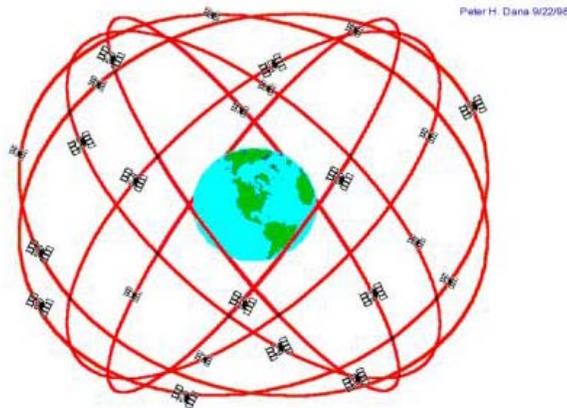
NOTAS

NOTAS

(1).- El desarrollo del cálculo para la estimación de la producción por métodos estadísticos fue desarrollado en su totalidad por el Área de Encuestas

(2).- EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Orbitan en la Tierra a diferentes alturas sobre el nivel del mar cientos de satélites, cada uno con funciones específicas, existen satélites de comunicación los cuales tienen el objetivo de retransmisión de canales de televisión, telefónicos y de informática, otros realizan actividades de percepción remota y sus aplicaciones son muy diversas: Observaciones meteorológicas, hasta aplicaciones militares, algunos son exclusivos para intercomunicar puntos fijos como pueblos y ciudades; otros enlazan puntos móviles como por ejemplo a las embarcaciones y a las aeronaves, existe también una Estación Espacial Internacional, la cual es un gran laboratorio en el que se realizan actividades científicas muy diversas: de Física, Química, Biología, Astronomía, etc.



Las siglas GPS significan Sistema de Posicionamiento Global, el cual está formado por una constelación de satélites llamada NAVSTAR, este sistema es desarrollado por la fuerza aérea de Estados Unidos con fines estratégicos y de defensa, es un sistema de radionavegación satelital continuo. Este sistema está formado por 24, lo utilizamos con propósitos civiles para obtener una posición específica de un rasgo en el terreno, ahora se ha difundido mucho su uso en aplicaciones de seguimiento vehicular.

Las personal que utilizan los equipos GPS, tanto del nivel de navegadores como los equipos más avanzados y precisos constituyen el segmento conocido como Usuario.

El segmento control lo conforman la estación Maestra de control, localizada en Colorado Springs, California E.U. y cuatro estaciones más distribuidas a lo largo del ecuador alrededor del mundo específicamente en: Hawai, Ascención, Diego Garcia, Kwajalein.

Este sistema trata de calcular la posición de ¿donde estas? y ¿hacia dónde vas? Es probablemente uno de los problemas más viejos del hombre, la navegación y la ubicación son cruciales en muchas de sus actividades en las cuales el proceso de ubicación ha sido bastante difícil. A través de los años se ha empleado toda clase de tecnologías tratando de simplificar la tarea, pero cada una ha tenido algunas desventajas. Finalmente el Departamento de Defensa de EE.UU. decidió que los militares deberían de diseñar una forma precisa de ubicaciones en el mundo. El resultado es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con un costo de 12 billones de dólares, este sistema cambió la navegación para siempre.

Las coordenadas exactas pueden ser calculadas para cualquier posición de la Tierra, por la mediación de distancias de un grupo de satélites a esa posición. Asumiendo que la distancia desde un satélite es conocida, puede en la práctica resolverse por cálculo las incógnitas X, Y, Z (longitud, latitud, altitud) y el tiempo, contando con datos de 4 satélites, la distancia de un satélite se establece midiendo el tiempo que tarda la señal de radio en llegar desde el satélite al aparato receptor y la generación del mismo código por él mismo. Esta diferencia de tiempo se multiplica por la velocidad de la luz (aproximadamente 300 000 Km por segundo) dando como resultado la distancia entre satélite y el receptor. La precisión de las mediciones depende de la exactitud de los relojes, que son atómicos en el caso de los satélites y de cuarzo en el caso de los receptores lográndose precisiones de una millonésima de segundo.

(3).- los equipos gps, en una de sus funciones pueden grabar mediante una serie de segmentos de línea, el recorrido que se realice en campo, al final tendremos un recorrido identificado por una línea formada por una cantidad específica de segmentos.

Los segmentos pueden ser configurados para que se graven en la memoria del receptor ya sea por tiempo o por distancia, dependiendo del trabajo a realizar se elige una de estas opciones, ya que en muchos equipos utilizados en esa periodo de tiempo, este recurso era limitado

(4) CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACION DE CARTOGRAFIA

En la república mexicana se genera cartografía para diversos ámbitos de aplicación y propósitos, que pueden ser desde a) nacional y b) local. Lo que obliga a considerar algunos aspectos técnicos indispensables para una correcta elaboración.

En el ámbito nacional

De acuerdo al objetivo específico de cada proyecto, puede ser necesario representar la información en una expresión nacional, para este propósito existen varios tipos de representación cartográfica para su integración.

Sistema geográfico de representación

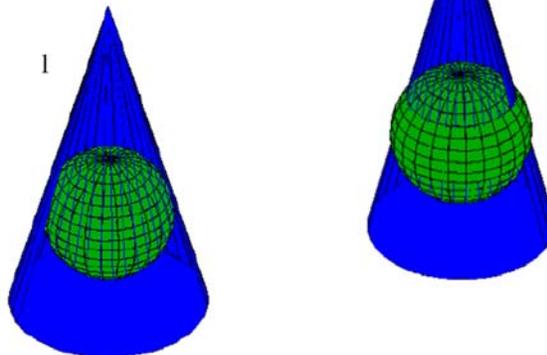
Es la que corresponde a coordenadas en valores geográficos. Está presente en general mayores deformaciones y sus valores están dados en grados minutos y segundos, lo que dificulta en alguna medida el cálculo automatizado de mediciones de superficies y distancias, por lo que solo se recomienda para cuestiones de ilustración y localización.

Proyección Cónica Conforme de Lambert

Esta proyección cartográfica es una de las mejores para representar latitudes medias, emplea un cono en posición normal y secante con la propiedad de conservar los ángulos y en consecuencia mantiene mejor las formas.

Proyección cónica:

- 1.- tangente a un paralelo base
- 2.- secante dos paralelos base



La figura utilizada para proyectar, puede tocar en uno o dos lugares la superficie de la tierra, en cuyo caso las proyecciones podrán ser Tangentes o Secantes, respectivamente

Es utilizada para representar generalmente mapas a escalas pequeñas, los valores de sus coordenadas están dados en metros y es necesario considerar la definición de parámetros de la

proyección para México en especial, dichos parámetros permiten que la integración de la información entre sistemas digitales pueda realizarse de forma correcta y sin complicaciones.

En este sentido en México diversas instituciones utilizan parámetros particulares en su cartografía, para este tipo de proyección. A continuación se presenta un cuadro con los parámetros que para México deben ser considerados y como ejemplo los que usan diversas instituciones:

PARÁMETROS DE LA PROYECCIÓN CÓNICA CONFORME DE LAMBERT (para México)

	Sedesol	Conabio	INEGI	Inventario de suelo (Sedesol)
Meridiano central:	-102	-102	-102	-102
Latitud de origen:	14	0	12	14
1er. Paralelo estandar:	17.5	17.5	17.5	17.5
2do. Paralelo estandar:	29.5	29.5	29.5	29.5
Falso este:	2'000,000	2'000,000	2'500,000	2'500,000
Falso norte:	0	0	0	0

Los valores en rojo son los que pueden considerarse como variables y dependen de la elección del usuario cual conjunto de parámetros utilizar. Los valores en negro son considerados fijos y para México no deben cambiar.

Es posible generar cartografía impresa a partir de esta proyección, pero no hay que olvidar que su propósito es la representación a nivel nacional de diversa temática, o de grandes áreas, en este sentido la cartografía impresa deberá presentarse con toda formalidad, lo que implica que debe contener caneavá geográfico (coordenadas en valores de grados, minutos y segundos), ya que no aplica una malla (cuadrícula) UTM.

Proyección UTM

Para el manejo de información local o regional se ha establecido el uso de la Proyección Cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM).

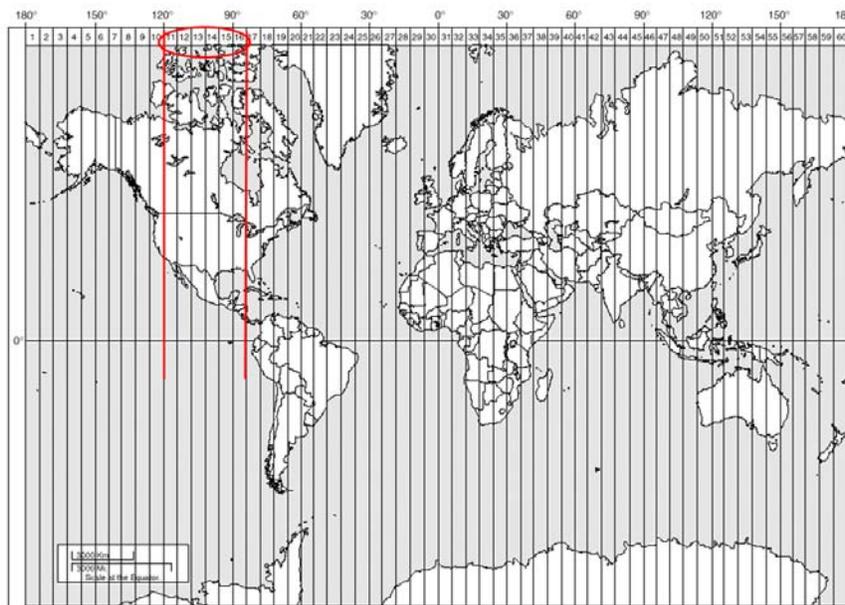
Esta proyección es la que más se utiliza en México, en general se aplica para Cartografía Temática de Investigación, Gubernamental y Particular.

El tipo de coordenadas que emplea la proyección son conocidas como cartesianas X (longitud) y Y (Latitud), son más fáciles de usar que las Geográficas (Longitud y Latitud), además de que no involucra la utilización de números negativos, y sus valores están dados en el sistema métrico decimal.

La proyección UTM Secciona el Globo Terrestre en pequeñas divisiones, estas secciones son llamadas ZONAS, existen 60 zonas que cubren la tierra y van de los 84° Norte y los 80° Sur (Este sistema de coordenadas no toma en cuenta los polos) y parten del meridiano de Greenwich en dirección Este-Oeste hasta el meridiano 180°.

Cada zona mide 6° de ancho con un meridiano central, de modo tal que para la República Mexicana se definen 6 zonas UTM, y que le corresponden los meridianos centrales de 87°, 93°, 99°, 105°, 111°, y 117°.

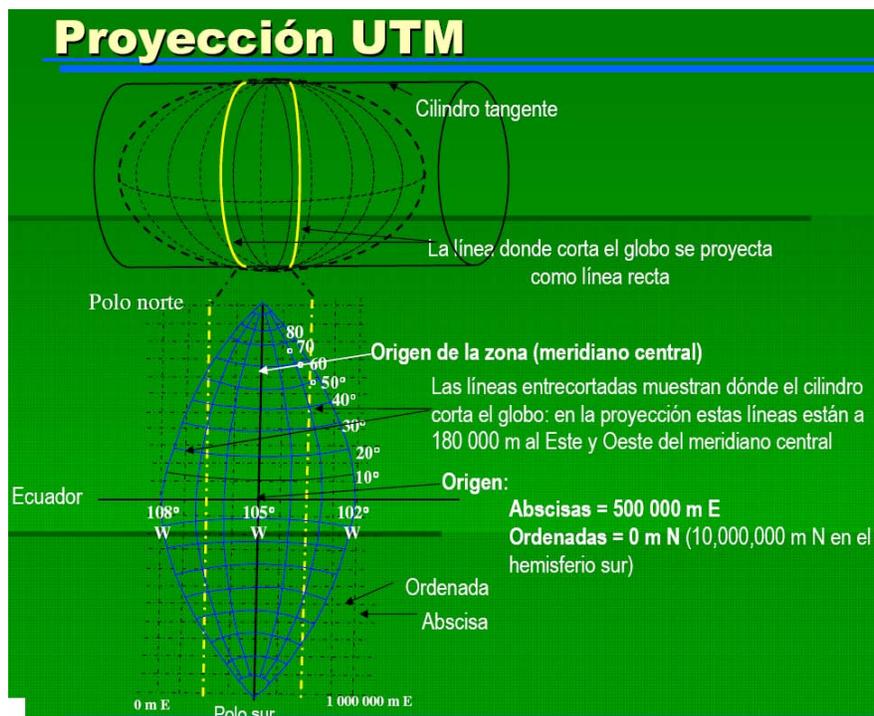
Zonas UTM a nivel mundial



Esta proyección que conserva los ángulos, está sometida a deformaciones que aumentan rápidamente hacia los lados al alejarse de la elipse de contacto, por esta razón se fijaron bandas meridianas cada 6° de longitud y se estableció la condición secante para reducir considerablemente ese efecto.

Es una proyección es de tipo conforme. Así los ángulos medidos en la proyección o los cálculos en funciones de las coordenadas de la cuadrícula, se aproximan a sus valores verdaderos. En cualquier punto las correcciones en las distancias son las mismas en todas las direcciones.

Es necesario conocer qué zona UTM le corresponde a cada zona de trabajo, ya que se ha establecido por estándar que cada uno de los meridianos centrales tenga por valor en la coordenada X = 500,000 (longitud), de forma tal, que para México tenemos 6 zonas UTM, por lo tanto 6 sitios (en todo lo largo y ancho de la franja UTM) tienen los mismos valores en su coordenada para el eje de la X, lo que hará distinta una de otra será la zona que le corresponda que puede ser entre la zona 11 a la 16 para México. En el caso de la coordenada Y (latitud) esta presenta menos problemas ya que representa la distancia en sentido norte o sur a partir del ecuador terrestre en valores métricos. Si se mide hacia el hemisferio norte el ecuador tiene un valor de 0 metros y aumenta al acercarse al polo norte, pero si se mide hacia el hemisferio sur el ecuador tiene una valor de 10 millones y disminuye en tanto se acerquen al polo sur.



A la hora de generar o de incorporar cartografía digital, es necesario referir la información al uso de lo que se conoce como Datum geodésico:

Datum.- 1) establece la relación entre el elipsoide y el geoide en un lugar concreto de la superficie terrestre, para un sistema de referencia terrestre. Requiere de la consideración del elipsoide que defina el achatamiento terrestre, de un geoide que defina la forma aproximada de la superficie y de las medidas que relacionan geoide y elipsoide. 2) Sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno. Cada datum se define en función de un elipsoide y por un punto en el que el elipsoide y la tierra son tangentes.

Dicho procedimiento dará como resultado colocar la información en un sistema de cálculo particular, que le dará posición específica a la información cartográfica, si bien el INEGI, ha establecido que debe de usarse el ITRF92, no todos los sistemas geográficos y equipos de posicionamiento global lo manejan. Por lo tanto el uso del datum WGS84, también es correcto para la cartografía de México. (Como dato al margen el uso del NAD27 ya no es útil en la cartografía actual, solo tiene aplicación para hacer compatible la información).

De los sistemas de Información Geográfica

En los últimos años los denominados SIG's han sido las herramientas adecuadas para.- a) sistematizar y organizar la información, b) establecer la relación rasgo-atributo mediante el uso de bases de datos relacionadas a la cartografía y c) elaboración de formatos para impresión de forma ágil y fácilmente adaptables a cualquier modificación.

El uso de un sistema de este tipo nos obliga necesariamente a estructurar y organizar la información correctamente, ya que de otra manera no sería posible representar los análisis y resultados en forma adecuada. La condición de interoperabilidad que tienen actualmente, favorece el intercambio de información entre los diversos sistemas en uso actualmente.

Lo que ya no es recomendable es, presentar la información en formato CAD, (autocad), ya que este tipo de archivos corresponde solamente a dibujos de planos a lo más georeferenciados en coordenadas UTM, y presentan muchas complicaciones para su incorporación a un Sistema de Información Geográfica. El archivo cad en su versión .dwg o .dxf, debe ser la última opción a considerar.

En materia de Sistemas de Información Geográfica, es necesario o recomendable que la información digital este asociada o relacionada a un archivo que contenga los metadatos, con la

finalidad de conocer: precisión, año de elaboración, responsable, temporalidad, tipo de proyección y parámetros, fuentes, entre otros de importancia.

En los planos impresos al menos debe ir indicado el Sistema de referencia, (tipo de proyección y datos de la misma), datum geodésico, y las fuentes a partir de las cuales se elaboro el plano.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

BIBLIOGRAFÍA

- Sistemas y Análisis de la Información Geográfica, Manual de autoaprendizaje con ArcGis
2da Edición Ed. Alfaomega Ra-Ma
Autor .- Antonio Moreno Jiménez
- The Global Positioning system: Theory and Applications
Bradfor W. Parkinson and James J. Spilker
American Institute of Aeronautica and Astronautics
- La Proyección Cartográfica para la República Mexicana, UNAM 1986
Jorge Caire Lomeli
- Remote Sensing-Principles and interpretation
Second edition. Floyd F Sabins, JR
- Sistemas de Información Geografica.
Bosque Sendra, Joaquin. Ed. RIALP
- Paisaje, Teledetección y SIG: Conceptos y Aplicaciones
Otero Pastor, I. 1999
- Metodología para la estimación de rendimientos objetivo de cultivos cíclicos y perenes.
SAGAR-SIAP. 2002.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Centro de Estadística Agropecuaria (CEA).- de la SAGAR.- en la consulta de varios anuarios estadísticos y delimitaciones territoriales propias de la Secretaría.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).
- Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO).
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, Sistema de Información Municipal.
- Publicaciones y manuales diversos de procesamiento georeferenciado, elaborados para el trabajo cotidiano en la SAGAR

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Localización	7
Ilustración 2.- Zonas agrícolas	8
Ilustración 3.- Fisiografía	10
Ilustración 4.- Topografía	11
Ilustración 5.- Tipos de climas	13
Ilustración 6.- Hidrología	15
Ilustración 7.- DDRs	30
Ilustración 8.- Foto campo 1	32
Ilustración 9.- Foto campo 2	33
Ilustración 10.- Secado de panojas	33
Ilustración 11.- Humedad foto 4, 5, 6	34
Ilustración 12.- Calendario de actividades	37
Ilustración 13.- Sobreposición de capas	38
Ilustración 14.- Tipos de rasgos e los SIG	39
Ilustración 15.- Imagen Quick Bird (ejemplo)	40

Ilustración 16.- Imagen satelital-----	44
Ilustración 17.- Distribución polígonos GPS-----	50
Ilustración 18.- Polígonos gps-imagen -----	51
Ilustración 19.- Coberturas vectoriales-----	52
Ilustración 20.- Distribución del trabajo de campo -----	53
Ilustración 21.- Sobreposición imágenes y áreas agrícolas -----	57
Ilustración 22.- Espectro electromagnético -----	58
Ilustración 23.- Frecuencias y usos-----	59
Ilustración 24.- Diagrama de procesamiento georreferenciado -----	65
Ilustración 25.- Proceso imagen Díaz Ordaz-----	68
Ilustración 26.- Proceso imagen Control-----	69
Ilustración 27.- Proceso imagen San Fernando-----	69

TABLAS

Tabla 1 Producción pecuaria-----	9
Tabla 2.- Climas -----	12
Tabla 3.- Siembra histórica -----	20
Tabla 4.- Asignación de muestreo -----	26
Tabla 5.- Desarrollo fenológico-----	28

Tabla 6.- Fechas de cosecha -----	29
Tabla 7.- Período de cosecha -----	29
Tabla 8.- Producción estimada -----	30
Tabla 9 .- Tipos de imágenes ópticas HR -----	39
Tabla 10.- Características imagen de la imagen utilizada -----	44
Tabla 11.- Comparativo precipitación-----	46
Tabla 12.- Resultados proceso imágenes -----	65
Tabla 13.- Determinación de superficies por imagen -----	67
Tabla 14.- Comparativo resultados-----	70
Tabla 15.- Resultados nacionales -----	71
Tabla 16.- Comparativo precipitación-----	73