



**Trabajo Final de Graduación
Facultad de Ciencias Forestales
“Néstor René Ledesma”
Universidad Nacional de Santiago del Estero**



**“Distribución espacial y temporal de focos de calor
detectados por sensores satelitales en la provincia de
Tucumán, Argentina”**

Autor

Miguel Gatto

Carrera

Ingeniería Forestal

2007

Director

Dr. Hugo Raúl Zerda

Tribunal Examinador

Mg. Sc. Pedro Boletta

Sandra Bravo

Dr. Hugo Zerda

Agradecimientos

Encuentro necesario dar las GRACIAS a quienes han hecho sus aportes en el logro de esta meta.

La esencia, el alma de este camino, de principio a fin es sin lugar a duda mi familia. Esa eterna sombra pendiente minuto a minuto, ese apoyo incondicional, esos amigos del alma, mi padre y mi madre.

Mi gran asesor y guía, el Dr. Hugo Zerda, ha dejado su huella, mi buen amigo Don Carlos, su marca de fuego. Los amigos, los afectos, todos han hecho esto real.

Esta casa de estudios, ha brindado de la primera a la última herramienta, gracias por ello.

Índice general

Índice de tablas.....	3
Índice Gráficos.....	5
Introducción.....	8
1. Hipótesis de Trabajo.....	10
2. Objetivos.....	11
2.1. Objetivo principal.....	11
2.2. Objetivos secundarios.....	11
3. Antecedentes.....	12
3.1. Uso de suelo en la provincia.....	12
3.1.1. Frontera agropecuaria. Panorama nacional.....	12
3.1.2. La actividad agrícola del Noroeste argentino.....	13
3.1.2.1. La actividad agrícola de Tucumán.....	14
3.1.2.1.1. Cítricos.....	14
3.1.2.1.2. Soja.....	15
3.1.2.1.3. Maíz.....	15
3.1.2.1.4. Trigo.....	15
3.1.2.1.5. Caña de azúcar.....	16
3.2. El fuego y los sistemas productivos.....	17
3.2.1. El fuego en los sistemas agropecuarios.....	17
3.2.2. La caña de azúcar en Tucumán.....	18
3.2.2.1. Distribución parcelaria.....	18
3.2.2.2. La quema de la caña de azúcar.....	19
3.2.2.3. Las heladas en la caña de azúcar.....	21
3.3. Los perjuicios del fuego.....	21
3.3.1. Principales enfermedades epidemiológicas notificadas. Tucumán. Años 1991-2003.....	26
4. Materiales.....	27
4.1. Área de estudio.....	27
4.2. Fitogeografía.....	29
4.2.1. Región Fitogeografica del Monte.....	29
4.2.1.1. Clima.....	29
4.2.1.2. Paisaje.....	30
4.2.1.3. Agua.....	30
4.2.1.4. Suelo.....	31
4.2.1.5. Vegetación.....	31
4.2.1.6. Los bosques.....	32
4.2.2. Región Fitogeografica del Selva Tucumano-Boliviana.....	32
4.2.2.1. Clima.....	33
4.2.2.2. Paisaje.....	33
4.2.2.3. Agua.....	33
4.2.2.4. Suelo.....	33
4.2.2.5. Vegetación.....	34
4.2.2.6. Los bosques.....	36
4.2.3. Región Fitogeografica del Parque Chaqueño.....	36
4.2.3.1. Clima.....	37
4.2.3.2. Paisaje.....	37
4.2.3.3. Agua.....	37
4.2.3.4. Suelo.....	38
4.2.3.5. Vegetación.....	38
4.2.3.6. Los bosques.....	39
4.3. Cartografía.....	40
4.4. SIG 250.....	40
4.5. Atlas Estadístico del INDEC.....	40
4.6. Atlas de Suelos.....	40
4.7. Imágenes diarias de la República Argentina (sensor MODIS).....	41

4.8.	Bancos de datos satelitales de focos de calor.	41
4.9.	El sensor MODIS.	43
4.10.	Características de los datos MODIS	44
4.10.1.	Tamaños de fuego identificables	45
4.10.2.	Validación	46
4.10.3.	Confianza de los focos	47
4.11.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	47
4.12.	Datos del sensor VEGETATION	49
4.12.1.	NDVI - S10	49
4.13.	Información climática	49
4.14.	Modelos digitales de terreno	50
4.14.1.	MDE Tucumán	51
4.15.	Softwares utilizados	52
5.	Métodos	53
5.1.	Referencias geográficas	53
5.1.1.	Sistema de coordenadas Gauss-Krüger	53
5.1.2.	Sistema de coordenadas Geográficas	54
5.1.3.	Trasformación del sistema de coordenadas cartográficas Gauss-Krüger al de coordenadas geográficas (Latitud – Longitud)	55
5.2.	Mosaico	56
5.3.	Focos del área de estudio	58
5.4.	Interpretación visual de la provincia de Tucumán.	59
5.4.1.	Información de campo	59
5.5.	Datos altitudinales de los focos de calor ocurridos en 2006 en de Tucumán	79
5.6.	Los focos de calor y la altura	81
5.7.	Perfil altitudinal	83
5.8.	Modelos digitales de elevaciones	84
5.9.	Procesamiento de datos climáticos	85
5.10.	Elaboración de elipses de análisis de distribución espacial	87
5.11.	Determinación de áreas de concentración de focos de calor registrados durante el 2006 en la provincia de Tucumán	89
5.12.	Procesamiento de los valores de NDVI	91
6.	Resultados	93
6.1.	Mosaico	93
6.2.	Focos de la provincia de Tucumán	93
6.3.	La participación de la caña de azúcar	95
6.4.	Análisis temporal	102
6.5.	Análisis de la evolución del número de focos a lo largo de la estación	105
6.6.	Análisis de la distribución de focos de calor en diversas áreas de la provincia de Tucumán	106
6.7.	Focos por cobertura	107
6.8.	Análisis de la distribución temporal – espacial de focos de calor en la provincia de Tucumán, según estación y área discriminada	112
6.9.	Densidad de focos de calor según estación y área discriminada	112
6.10.	Patrón de distribución espacial acorde a elipses.	113
6.11.	Desplazamiento de los centroides	114
6.12.	Procesamiento datos SRTM	117
6.13.	Datos climáticos	124
6.14.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada	127
6.14.1.	Valor promedio anual de NDVI	127
6.14.2.	Análisis mensual	127
6.14.3.	Análisis de valores de NDVI por estación.	129
6.14.4.	Determinación de áreas de concentración de focos de calor registrados durante el 2006 en la provincia de Tucumán	129
7.	Conclusiones y recomendaciones	131
8.	Bibliografía	134

Índice de tablas.

Tabla N° 1. Superficie desmontada en período 2002- 2004. Santiago del Estero – Salta.....	13
Tabla N° 2. Distribución de caña de azúcar en Tucumán - 2005.....	16
Tabla N° 3. Superficie cosechable de caña de azúcar por departamentos, 2005 – 2006	17
Tabla N° 4. Superficie cosechable de caña de azúcar por departamentos	17
Tabla N° 5. Principales enfermedades epidemiológicas notificadas entre 1991 y 2003	26
Fuente: Sistema Provincial de Salud. Departamento de Estadística	26
Tabla N° 6. Correspondencia de rangos porcentuales y clases de confianza de focos de calor.	47
Tabla N° 7. Características del instrumento "VEGETATION"	49
Tabla N° 8. Ejecución extensión Proyector	55
Tabla N° 9. Comandos para transformación de coordenadas.	56
Tabla N° 10. Comandos para elaboración de mosaicos a partir de ERDAS 8.4. Parte 1	57
Tabla N° 11. Selección de imagen para confección de mosaicos a partir de ERDAS 8.4	57
Tabla N° 12. Comandos para elaboración de mosaicos a partir de ERDAS 8.4. Parte 2	57
Tabla N° 13. Herramientas de edición de focos de calor.....	58
Tabla N° 14. Herramienta de edición Arc View	70
Tabla N° 15. Herramientas de edición Arc View	70
Tabla N° 16. Habilitación de radios de tolerancia	72
Tabla N° 17. Pasos para adición de campos en tablas haciendo uso de Arc View	74
Tabla N° 18. Barra de herramienta para etiquetados	76
Tabla N° 19. Herramientas para la manipulación de registros tabulares en Arc view	76
Tabla N° 20. Pasos para edición de leyenda	77
Tabla N° 21. Pasos para la composición de mapas	78
Tabla N° 22. Transferencia de valores altitudinales a focos de calor	83
Tabla N° 23. Editor de modelos digitales de elevación.....	85
Tabla N° 24. Distribución mensual de focos de calor del 2006 en Tucumán.....	94
Tabla N° 25. Velocidad media (km/h) de vientos en San Miguel de Tucumán, con datos del Servicio Meteorológico Nacional, período 1961-70.....	95
Tabla N° 26. Superficie ocupada por caña de azúcar, a nivel departamental, según campaña	96
Tabla N° 27. Distribución departamental de focos de calor	97
Tabla N° 28. Porcentaje del total de focos, porcentaje del total de caña de azúcar de la provincia, por departamento.....	98
Tabla N° 29. Densidad de focos de calor y ocupación con caña de azúcar por departamentos	100
Tabla N° 30. Densidad de focos de calor de la parcialidad de los departamentos comprendidos en el área densamente ocupada por caña de azúcar	101
Tabla N° 31. Distribución temporal (estacional) de focos de calor en 2006.....	102
Tabla N° 32. Distribución espacial - temporal (estacional) de focos de calor en 2006	103
Tabla N° 33. Porcentaje del total de focos de calor correspondiente a cada tipo de área discriminada.	110
Tabla N° 34. Áreas discriminadas en interpretación visual, superficie y focos de calor	111
Tabla N° 35. Distribución temporal de los focos de calor de áreas discriminadas por estación.....	112

Tabla N° 36. Distribución altitudinal de las áreas discriminadas en la visualización digital.....	117
Tabla N° 37. Valores altitudinales extremos de los focos de calor de las áreas discriminadas en la visualización digital.....	118
Tabla N° 38. Valores altitudinales promedios de los focos de calor de las áreas discriminadas en la visualización digital.....	122
Tabla N° 39. Valores promedio mensuales históricos de precipitación en la provincia de Tucumán	125
Tabla N° 40. Valores promedio histórico de precipitación de los sitios donde se registraron focos de calor, discriminado por mes.	126

Índice Gráficos

Imagen N° 1. Distribución citricota en Tucumán - 2005	15
Imagen N° 2. Quema residuos cosecha	18
Imagen N° 3. Fraccionamiento del terreno en área con actividad cañera	19
Imagen N° 4. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Formosa.	22
Imagen N° 5. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Santiago del Estero.	22
Imagen N° 6. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Santa Fe	23
Imagen N° 7. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 1	23
Imagen N° 8. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 2	24
Imagen N° 9. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 3	24
Imagen N° 10. Presencia de humo a consecuencia de la quema de caña de azúcar	25
Imagen N° 11. Área de estudio	27
Imagen N° 12. Modelo Digital de Elevaciones de la provincia de Tucumán	28
Imagen N° 13. Mapa forestal de la provincia de Tucumán.	29
Imagen N° 14. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).....	42
Imagen N° 15. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).....	42
Imagen N° 16. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).....	43
Imagen N° 17. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).....	43
Imagen N° 18. Firmas espectrales	48
Imagen N° 19. Visualización en pantalla del método de selección del área de interés..	51
Imagen N° 20. Fajas Gauss Krüger Argentina	53
Imagen N° 21. Coordenadas Geográficas. Longitud	54
Imagen N° 22. Coordenadas Geográficas. Latitud	54
Imagen N° 23. Vista de registros de focos que exceden los límites de Tucumán	58
Imagen N° 24. Vista de los registros de focos exclusivos de la provincia de Tucumán	59
Imagen N° 25. Recorrido en terreno	60
Imagen N° 26. Reconocimiento a terreno del área de trabajo	63
Imagen N° 27. Caracterización de Centros Urbanizados	64
Imagen N° 28. Caracterización de Áreas con Actividad agropecuaria.....	65
Imagen N° 29. Caracterización de Bosque Montano	66
Imagen N° 30. Caracterización de Bosque Residual	66
Imagen N° 31. Caracterización de Cuerpos de agua.....	67
Imagen N° 32. Caracterización de Zona montana	68
Imagen N° 33. Caracterización de Zona anegable	68
Imagen N° 34. Herramientas edición Arc View	70
Imagen N° 35. Intersecciones imperfectas.	71
Imagen N° 36. Determinación escala de trabajo.....	72
Imagen N° 37. Vista de los vértices de los polígonos	72
Imagen N° 38. Vista del calculador de valores de campos	75
Imagen N° 40. Ubicación el AOI (área de interés) referida a Tucumán	80
Imagen N° 41. Distribución altitudinal de la provincia de Tucumán	81
Imagen N° 43. Habilitación extensión Grid PIG	82
Imagen N° 44. Elaboración de perfiles altitudinales a partir de la herramienta Profile Extractor.....	84
Imagen N° 45. Pasos en la elaboración de Modelos digitales de terreno con ERDAS 8.4	85
Imagen N° 46. Adición de tema de imagen.....	86
Imagen N° 47. Conversión a formato Grid	86
Imagen N° 48. Focos – Valores Promedios Históricos de precipitación.	87

Imagen N° 49. Pasos para la confección de elipses, haciendo uso de Animal Movement	88
Imagen N° 50. Procedimiento para generar un archivo de formas a partir de un gráfico	89
Imagen N° 51. Indicación tema activo y tema visible.....	90
Imagen N° 52. Pasos para determinar áreas de probabilidad de concentración de diversos porcentajes de focos de calor.....	90
Imagen N° 53. Salida grafica IDRISI. Rasterizado provincia Tucumán.	91
Imagen N° 55. Producto final de mosaico.....	93
Imagen N° 56. Tendencia cuantitativa entre variables Meses – registros focos de calor.	94
Imagen N° 57. Focos de calor por departamento. Tucumán. 2006	97
Imagen N° 58. Distribución espacial focos de calor en departamentos Cruz Alta, Leales, Burruyacu, Simoca en 2006.	98
Imagen N° 59. Focos de calor – Área densamente ocupada por caña de azúcar.....	99
Imagen N° 60. Densidad de focos de calor en departamentos de Tucumán en 2006	99
Imagen N° 61. Departamentos con mayores densidades de focos de calor	100
Imagen N° 62. Focos de calor del con ocupada densamente por caña de azúcar...	101
Imagen N° 63. Tendencia cuantitativa entre variables Estaciones – registros focos de calor.	102
Imagen N° 64. Focos de calor de verano. Ruta Nacional 38	104
Imagen N° 65. Focos de calor de primavera, departamento Leales	105
Imagen N° 66. Distribución de focos de calor a través de las estaciones del año....	106
Imagen N° 67. Superficie (Ha) ocupada por las distintas áreas discriminadas.....	107
Imagen N° 68. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2006 en Tucumán	107
Imagen N° 69. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2006 en Tucumán, acorde a las áreas discriminadas.....	108
Imagen N° 70. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2006 en Tucumán, acorde a las áreas discriminadas de manera individual	109
Imagen N° 71. Tendencia cuantitativa entre variables Uso de suelo – registros focos de calor.	110
Imagen N° 72. Focos de calor en centros urbanizados	111
Imagen N° 73. Densidad de focos de calor en centros urbanizados durante el verano	113
Imagen N° 74. Pasos para ejecución de desplazamiento de centroides con Animal Movement	114
Imagen N° 75. Desplazamiento de centroides en la Tucumán	115
Imagen N° 76. Desplazamiento de centroides.....	115
Imagen N° 77. Tabla de atributos referida a los centroides	116
Imagen N° 78. Desplazamiento de centroides en la provincia de Tucumán.....	116
Imagen N° 79. Tendencia cuantitativa entre variables valor altitudinal – registros focos de calor.	118
Imagen N° 80. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con actividad agropecuaria	119
Imagen N° 81. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con bosque montano	120
Imagen N° 82. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con bosque residual	120
Imagen N° 83. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con centros urbanizados.....	121
Imagen N° 84. Distribución altitudinal de focos de calor en zona montana	122
Imagen N° 85. Zona con actividad agropecuaria. Elipse general	123
Imagen N° 86. Elipse área con actividad agropecuaria	123
Imagen N° 87. Perfil altitudinal referida al área con ocupación agropecuaria.....	124
Imagen N° 88. Precipitación – N° Focos de calor. Tucumán. 2006	126

Imagen N° 89. Tendencia cuantitativa entre variables Promedio mensual precipitación – registros focos de calor.....	126
Imagen N° 90. Valores máximos de NDVI por mes en Tucumán	128
Imagen N° 91. Superficie ocupada con máximas frecuencias de NDVI por mes	129

Introducción

El efecto invernadero es la retención de calor en la atmósfera baja debido a la absorción y la re-radiación de las nubes y algunos gases de efecto invernadero (GEI) como el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO) y los clorofluorocarbonos (CFC).

Este efecto es fundamental para la vida en la tierra, dado que sin él, la temperatura en el planeta sería al menos unos 30 °C menores. Sucede que las temperaturas mundiales se ven influenciadas por la concentración de los gases antes mencionados de modo tal que su incremento provoca aumento de temperaturas (Best y Gommel, 2.007). Por lo tanto, el aumento de gases de efecto invernadero, puede tener consecuencias en el clima a nivel mundial, produciendo cambios tales como: aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones y sequías, aumento del nivel mar, fusión de los hielos, etc.

Los gases responsables del efecto de invernadero tienen fuentes de producción muy variadas, las que incluyen la quema de combustibles fósiles, actividad metabólica de los seres vivos, etc. (FAO, 1.996). Muchos de esos gases son también producidos por la **quema de biomasa**, lo cual incluye a bosques, sabanas, habilitación de tierras para actividad agrícola, quema de residuos agrícolas, etc. Del conjunto de GEI, la población humana ejerce una fuerte influencia sobre la concentración de CO₂ (Levine, 1.994).

Desde el inicio de la revolución industrial, el hombre ha transformado cerca de un 40% del paisaje de la superficie terrestre y ha incrementado los niveles de CO₂ alrededor de un 25%. Se estima que desde 1850 hasta 1980 entre 90 y 120 billones de toneladas métricas (90 -120 trillones de kilogramos) de CO₂ fueron liberados a la atmósfera, originados por quemas de bosques tropicales. Se estima además que en el mismo período, la quema de carbón, combustible fósil y gas, aportó otros 165 billones de toneladas métricas en naciones industrializadas. Hoy en día se calcula que unas 5,6 gigatoneladas de carbono son liberadas anualmente a la atmósfera debido a la quema de combustibles fósiles y otras 2,4 gigatoneladas son aportadas por las quemas de bosques tropicales (NASA Earth Observatory, 2.007).

Asumiendo entonces el rol que desempeña el fuego en este proceso global, reviste vital importancia desarrollar mecanismos tendientes a interpretar y predecir el comportamiento temporal y geográfico del mismo. En este sentido la observación remota se presenta como una herramienta que permite realizar de manera eficiente una variada gama de análisis, con notorias ventajas ante otros medios de observación más convencionales como la fotografía aérea o el trabajo mismo de campo (Chuvieco, 1.996). Las ventajas más destacadas que presenta esta herramienta son, que permite disponer de datos con alta frecuencia temporal de casi todo el planeta, inclusive de zonas de muy difícil acceso (desiertos, zonas montañosas, etc.), con una amplia variedad de opciones de productos respecto de sus resoluciones espaciales y espectrales. Por otro lado, la alternativa del formato digital y la disponibilidad de equipos informáticos como así softwares desarrollados para su análisis, permiten optimizar el uso del recurso. Se suma a esto el hecho que la adquisición actual de productos satelitales es mucho más simple y económica que en el pasado, disponiéndose inclusive de datos de dominio público a través de Internet.

1. Hipótesis de Trabajo

Existe un patrón de distribución espacial y temporal de los focos de calor y el mismo se encuentra relacionado a variables territoriales y climáticas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo fue determinar patrones espacio-temporales de los focos de calor en la provincia de Tucumán durante el año 2.006.

2.2. Objetivos secundarios

- Determinar relaciones estadísticas y cartográficas existentes entre focos de calor y variables territoriales y climáticas.
- Elaborar mapas de áreas y períodos de ocurrencia de focos de calor
- Determinar áreas de peligrosidad de ocurrencia de focos de calor (relacionados a quemas e incendios) basados en la frecuencia de ocurrencia de puntos calientes y modelación cartográfica mediante Sistemas de Información Geográfica.

3. Antecedentes

3.1. Uso de suelo en la provincia de Tucumán

A fin de identificar el origen de los focos de calor en la provincia de Tucumán, se realizó un relevamiento de los diversos tipos de uso del suelo, vinculados a la actividad agropecuaria.

3.1.2. Frontera agropecuaria. Panorama nacional

El avance de la frontera agropecuaria genera importantes alteraciones en el ambiente. Muchas funciones ejecutadas por los diversos tipos de coberturas naturales, son restringidas debido al cambio en el uso del suelo. El típico ejemplo lo brinda el reemplazo de superficies cubiertas con bosques, por zonas ocupadas con actividad agropecuaria.

En la República Argentina, la deforestación anual del período 1.987-1.998, ha sido de 180.000 Ha/año, mientras que en los años siguientes ha aumentado a 200.000 Ha/año (Montenegro et al, 2.004, citado por Volante et al, 2005).

En el período 2.000 – 2.005 se identificaron dos mecanismos principales de crecimiento de las áreas cultivadas: incorporación de tierras a la agricultura por medio de desmonte, y la ocupación por medio de reemplazo o sustitución de actividades (reemplazo de ganadería por agricultura extensiva).

La agricultura ha sido fuertemente incentivada en las últimas décadas por diversos motivos: condiciones ambientales, fluctuaciones económicas que favorecieron la producción, desarrollo tecnológico, etc. De esta manera la superficie dedicada a cultivos anuales se expandió durante el período 1.988-2.002 a una tasa anual promedio superior al 0,27%, siendo la región pampeana la de mayor crecimiento: 14,3%, en Córdoba, 9,9%, en Entre Ríos, 9,8% Santa Fe y 5,9 % Buenos Aires. En la región Chaqueña, la superficie cultivada pasó de 2,5 millones de Ha a 4,3 millones de Ha, y los mayores aumentos se han dado en Santiago del Estero y Salta (Paruelo et al, 2.005; LART, 2.004; citados por Volante et al, 2.005). La expansión agrícola pampeana se dio a expensas de tierras implantadas con cultivos forrajeros

perennes, mientras que en la región Chaqueña ocurrió principalmente por reemplazo del monte nativo.

De 1.998 a 2.002 las provincias de mayor superficie deforestada fueron: Santiago del Estero (306.000 Ha), Salta (194.000 Ha) y Chaco (117.000 Ha).

La superficie desmontada para actividad agrícola entre el 2.000 y 2.005, según Volante et al. (2.005) ha sido la presentada en **Anexo N° 6**. En lo que respecta a lo desmontado para ganadería, los registros son los siguientes:

Tabla N° 1. Superficie desmontada en período 2.002- 2.004. Santiago del Estero – Salta.
Fuente: Análisis de la Dinámica del Uso del suelo agrícola del NOA mediante teledetección y sistemas de información geográfica. Sistemas de Información Geográfica. Período 2.000-2.005. SAGPyA-INTA.

PERÍODO 2.002-2.004	
Santiago del Estero	Superficie (Ha)
	14.1338
Salta	Superficie (Ha)
	50.188

La determinación de la superficie destinada a la actividad ganadera, se realizó a partir de datos de superficie desmontada en el período 2.002 – 2.004, dado que se guardo registros de la superficie destinada a uso agrícola, se dedujo que la diferencia fue destinada al uso ganadero.

3.1.2. La actividad agrícola del Noroeste argentino

Sierra (1.994), y Paruelo (2.004), citados por Volate et al (2.005), afirman que en los últimos 30 años, se produjo un incremento paulatino de las precipitaciones medias en la mayor parte de la zona centro y Norte del país, con lo cual se registra un desplazamiento de isohietas hacia el Oeste, cuya consecuencia fue la ampliación de la frontera agrícola en esa dirección desde mediados de la década del 70, cuando se instalo esta fase húmeda.

En el NOA predominan los cultivos de verano u otoño (soja, poroto, maíz, algodón, etc.), debido a que el régimen de lluvias de tipo monzónico, concentra alrededor del 60 % de las precipitaciones durante estas estaciones, lo que otorga mayor probabilidad de éxito en su establecimiento.

Se presenta en el **Anexo N° 1** detalle de superficies cubierta por distintos cultivos en la región NW del país en las últimas campañas.

3.1.2.1. La actividad agrícola de Tucumán

La actividad agrícola ocupa una porción muy importante de la superficie provincial, sobre todo si se considera que alrededor del 50% de la misma está cubierta por montañas. En la actualidad cuenta con alrededor de 766.000 Ha desmontadas aprovechables desde el punto de vista agrícola – ganadero (Pérez et al, 2.006).

La aptitud agrícola de la provincia de Tucumán decrece de Oeste a Este, lo cual se vincula con el gradiente de precipitaciones y el incremento de la intensidad y frecuencia de heladas. Es así que en el pedemonte y en la región de la Llanura Chaco-pampeana más cercana al mismo, se ubican los cultivos de mayor requerimiento hídrico y más sensibles a las heladas: frutales (limón, cítricos dulces, paltos, etc.), caña de azúcar, hortalizas y berries. Hacia el Este de la Llanura Chaco-pampeana se agrupan los cultivos de granos estivales: soja, maíz, sorgo, girasol; los otoño invernales trigo, cebada, cártamo, girasol, etc.; y la actividad ganadera (Pérez et al, 2.006).

En el **Anexo N° 2** se brinda detalle de las coberturas agrícolas mas destacadas de la provincia, discriminadas según el Laboratorio de Teledetección y SIG - INTA EEA SALTA, Proyecto de Relevamiento de Cultivos del NOA (Pro.Re.NOA), Monitoreo de Cultivos Extensivos del NOA a partir de sensores remotos.

3.1.2.1.1. Cítricos

Al 2.005 la superficie ocupada por cultivos de limón correspondía a aproximadamente unas 40.000 Ha que generan el 80 % de la producción nacional (EEAOC, 2.006)

La distribución de los cítricos en la provincia en este año fue la siguiente

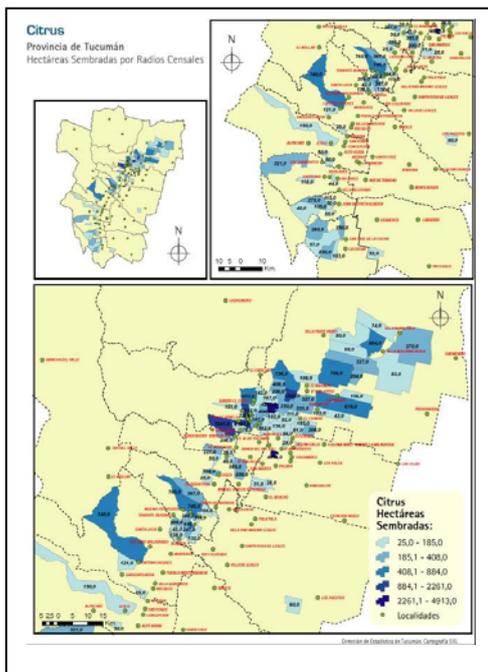


Imagen Nº 1. Distribución de cultivos citrícolas en Tucumán – 2.005

Fuente: Dirección de Estadística de Tucumán. Sistemas de Información Geográfica.
http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/img_cartografia/cultivos_citrus.jpg

3.1.2.1.2 Soja

El advenimiento de un ciclo húmedo a mediados de los '70, acompañado de una mejora de precios, la incorporación de la siembra directa en los '90, el empleo de cultivares de soja con resistencia a glifosato y variedades de ciclos más cortos, han hecho de ese cultivo, el fuerte del sector en Tucumán.

Todo esto ha facilitado la gran expansión del área sembrada con soja en Tucumán en las recientes décadas (campaña 1.991-1.992: 85.700 Ha, campaña 2.006-2.007: 318.600 Ha). Datos complementarios de superficie ocupada se encuentran en **Anexo Nº 3**.

3.1.2.1.3 Maíz

Se presentan en el **Anexo Nº 4** los valores de superficie cubierta por el cultivo en las últimas campañas.

3.1.2.1.4 Trigo

El crecimiento de la superficie con trigo en la provincia en la última década prácticamente acompañó al de la soja, alcanzando en el año 2.006 alrededor

de las 200.000 Ha. Datos complementarios de superficie ocupada se encuentran en **Anexo N° 5**.

3.1.2.1.5 Caña de azúcar

La actividad cañera en los últimos períodos se expresa en las siguientes tablas:

Tabla N° 2. Distribución de caña de azúcar en Tucumán – 2.005

Departamentos	Sup. (Ha)	%	Distribución espacial de cultivos de caña de azúcar al 2005
Cruz Alta	41.770	21,63	
Leales	32.450	16,80	
Simoca	27.420	14,20	
Monteros	20.070	10,39	
Chicligasta	17.020	8,81	
Río Chico	12.980	6,72	
Famaila	10.990	5,69	
Burruyacu	10.570	5,47	
Lules	9.480	4,91	
Alberdi	6.030	3,12	
La Cocha	1.790	0,93	
Graneros	1.220	0,63	
Tafí Viejo	850	0,44	
Yerba Buena	380	0,20	
Capital	100	0,05	
Total	193.120	100	
Fuente: EEAOC. Economía y Estadísticas. Sensores Remotos y SIG-SIIA. Superficie cosechable caña de azúcar, en Ha y % por Departamentos en Tucumán, 2.004/2.005.			Fuente: Dirección de Estadística de Tucumán. Sistemas de Información Geográfica. http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/img_cartografia/cultivos_cana_azucar.jpg

Tabla N° 3. Superficie cosechable de caña de azúcar por departamentos, 2.005 – 2.006.

Fuente: Laboratorio de Teledetección y SIG - INTA EEA SALTA

Dptos	Sup (Ha)	%
Cruz Alta	42.410	20,87
Simoca	37.140	18,28
Leales	32.260	15,88
Monteros	22.150	10,90
Chicligasta	17.240	8,49
Río Chico	12.550	6,18
Famaila	10.650	5,24
Burruyacu	9.640	4,74
Lules	9.260	4,56
Alberdi	5.690	2,80

La Cocha	1.840	0,91
Graneros	1.370	0,67
Tafi Viejo	590	0,29
Yerba Buena	300	0,15
Capital	80	0,04
Total	203.170	100

Tabla N° 4. Superficie cosechable de caña de azúcar por departamentos

Fuente: Mapa cultivos extensivos verano, Campaña 2.006-2.007. Laboratorio de Teledetección y SIG - INTA EEA Salta.

Dptos.	Sup. (Ha)	%
Cruz Alta	55.520	19,34
Leales	51.700	18,01
Simoca	47.900	16,68
Monteros	29.270	10,19
Chicligasta	24.780	8,63
Río Chico	18.610	6,48
Burruyacu	17.080	5,95
Famaila	11.890	4,14
Lules	11.100	3,87
Alberdi	11.080	3,86
La Cocha	3.950	1,38
Graneros	2.500	0,87
Yerba Buena	590	0,21
Tafi Viejo	580	0,20
Capital	560	0,20
Total	287.110	100

3.2. El fuego y los sistemas productivos

3.2.1. El fuego en los sistemas agropecuarios

El fuego forma parte de diversos sistemas productivos. La habilitación de tierras para fines agrícolas se realiza principalmente con el empleo de fuego debido a los costos reducidos de su aplicación.

La actividad ganadera promueve también la aplicación del fuego como herramienta de manejo. La renovación de pasturas secas del invierno es inducida a través de la quema, después de la cual se generan rebrotes, con muy buenos niveles de nitrógeno y proteína bruta (Herrera et al, 2.003). El censo nacional agropecuario, proporciona abundante información referida a la

cantidad de cabezas de ganado hasta el año 2.002, y da la pauta de lo relevante de esta actividad en la provincia (ver **Anexo N° 7**).

A pesar de la prohibición de la quema como práctica cultural en los cultivos de caña de azúcar, y si bien se realizan notorios esfuerzos para erradicarla, la misma es de uso frecuente, lo cual recurrentemente genera, además de los conocidos perjuicios ambientales, daños de diversa índoles (tendido eléctricos, salud de la población, otros cultivos, perjudica la visibilidad, etc.). Es además común la quema de residuos agrícolas que quedan en superficie.



Imagen N° 2. Quema residuos cosecha

Fuente: Vicini, Luis Ernesto. PRECOP (Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos)

3.2.2. La caña de azúcar en Tucumán

3.2.2.1. Distribución parcelaria

El cultivo de la caña de azúcar en la provincia involucra a productores de diversas envergaduras, variando principalmente entre los que tienen establecimientos de mediana extensión (de entre 200 a 600 Ha) que por lo general realizan actividades combinadas con agricultura (siembra de granos, citricultura, etc.), y los grandes productores, que son los ingenios azucareros, los cuales trabajan en campos propios o arrendados, y unos pocos productores independientes, fuertemente vinculados a los ingenios en lo productivo y comercial, que normalmente ocupan por encima de las 1.000 Ha (Volante, J. et al; 2.004).

Ambos tipos de productores poseen propiedades que en general no se encuentran como un campo unificado, ya que la estructura parcelaria se conformó a partir de la concentración de tierras disponibles, motivo por el cual en las imágenes puede observarse un fuerte fraccionamiento del terreno en el área cañera.

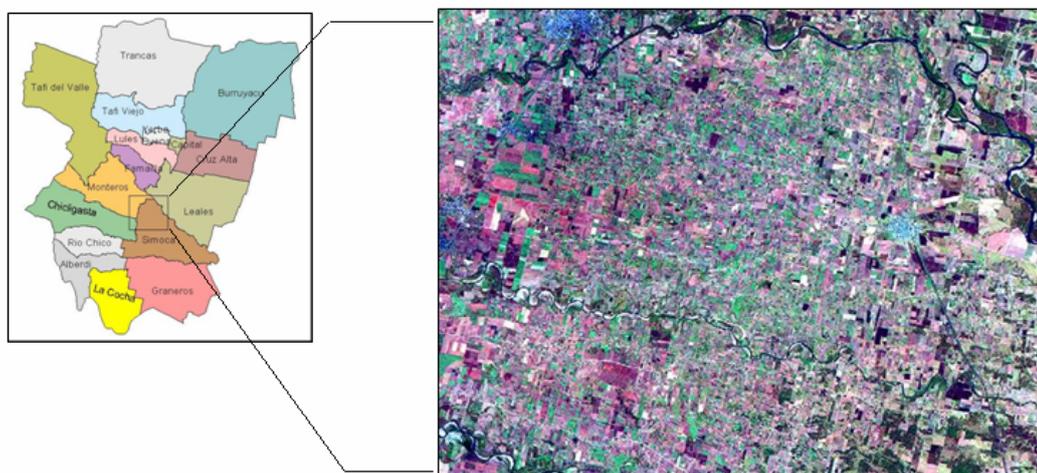


Imagen N° 3. Fraccionamiento del terreno en área con actividad cañera

El Censo Nacional Agropecuario aporta información referida a la cantidad y superficie total de las establecimientos agropecuarios (EAP), por departamento en la provincia de Tucumán (ver **Anexo N° 8**), lo cual explica en parte, el fuerte fraccionamiento percibido en la provincia.

El departamento con mayor porcentaje de EAP con límites definidos es Simoca (20%), seguido de Leales con un 18%. Del total de EAP sin límites definidos, el departamento con mayor porcentaje es Tafí del Valle con un 51%.

3.2.2.2. La quema de la caña de azúcar

A pesar de esfuerzos generados a partir de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales para hacer respetar la normativa que impide la quema de cañaverales, e inclusive la de recibir caña quemada para su procesamiento industrial a los ingenios azucareros, se continúa empleando el fuego para eliminar hojas del tallo y ganar productividad en la materia prima ya sea en pie o apilada en los cercos.

A los riesgos propios de la quema, debe sumársele el hecho que las mismas se realizan en épocas de escasa precipitación, con baja humedad relativa del aire y abundante material seco en superficie. A su vez, un factor extra de riesgo es la práctica común de mantenimiento de banquinas a partir de quemas, que suele ser causa de fuegos que salen de control.

Si bien existe la posibilidad de realizar cosechas sin quema previa del cañaveral (cosecha en verde), lo cual permitiría el aprovechamiento de los residuos vegetales que quedan en el campo y forman un manto de rastrojo, proponiendo de este modo sistema de cultivo conservacionista, la misma es una práctica que no se ha generalizado en la provincia (EEAOC, 2.007). Otra opción para el rastrojo, es su uso en las calderas de los ingenios, reemplazando el uso de los combustibles fósiles (gas natural, el fuel oil) empleados como combustibles adicionales al bagazo, por biomasa residual de la cosecha verde de origen renovable. Podría también el residuo de cosecha, ser acondicionado para su uso como suplemento de la alimentación de ganado bovino o caprino en períodos de baja disponibilidad de forraje.

Se destaca como ventajas adicionales de la cosecha en verde, la mejor calidad de la materia prima por el menor deterioro que sufre a causa del fuego, la merma en la contaminación del aire, menor riesgo de perjuicio a los tendidos eléctricos, mayor almacenamiento de humedad en el suelo en el período de fines de invierno y primavera, humedad que se encontrará disponible para el cultivo durante la siguiente etapa de brotación y de macollaje, que ocurre a partir de la primavera, lográndose de ese modo un mayor número de tallos por metro, lo que significa más rendimiento cultural por hectárea. El rastrojo en superficie permite un buen control de malezas sin utilizar herbicidas pre-emergentes. Existe además una menor compactación, una mayor operatividad en el manejo del cañaveral y una menor demanda de horas máquinas. No debe desestimarse que mediante la quema de maloja (residuo de caña de azúcar), existe peligro de daño a los brotes, tanto en pre como en la post cosecha.

Entre los impactos negativos de fuego, se resalta el mayor nivel de residuos en la caña que ingresa a los ingenios, un mayor costo de combustible, repuestos y reparaciones en las cosechadoras, una disminución de la capacidad operativa de las cosechadores integrales, transporte de material

improductivo (flete falso), y finalmente mayores pérdidas de caña picada por el sistema de limpieza (EEAOC, 2.006).

3.2.2.3. Las heladas en la caña de azúcar

Las heladas afectan seriamente al cultivo de caña de azúcar. El impacto negativo sobre el rendimiento fabril es una consecuencia de dos efectos importantes. El primero deriva del daño que el frío provoca en el follaje del cañaveral, lo cual afecta la fotosíntesis y paralizando la maduración. Así, el contenido máximo de azúcar queda prácticamente determinado por el nivel que alcanzó el cañaveral, antes de la ocurrencia de las heladas.

El otro efecto perjudicial se expresa en el período post helada e implica el progresivo deterioro de los jugos, la reducción del contenido de sacarosa, el aumento de las sustancias no deseables y la afectación de la recuperación del azúcar y su calidad (EEAOC, 2.007).

3.3. Los perjuicios del fuego

Los perjuicios de las quemaduras son diversos. Sin lugar a dudas el de mayor relevancia es el aporte de GEI. Por otro lado, la presencia de humo en épocas de quema, afecta la visibilidad normal, lo cual genera accidentes en rutas y caminos (Ver Imágenes **Anexo N° 9**). Además, se han registrado frecuentes incidentes con las líneas de tendido eléctrico que atraviesan campos ocupados por caña de azúcar.

Entre fines del mes de julio y los primeros días del mes de agosto de 2.007, las provincias de Tucumán, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero y Córdoba sufrieron cortes en el suministro de energía eléctrica debido al desenganche de una línea de alta tensión de 500 kilovoltios del Sistema Interconectado Nacional, provocado por quemaduras de caña de azúcar. El mismo tendido eléctrico se había desconectado unos pocos días antes, debido también al incendio en un fundo cañero. Ver Imágenes en **Anexo N° 10**.

El humo que se libera durante las prolongadas quemas, cubre amplias superficies. A continuación se presentan casos de áreas cubiertas por humo durante quemas.

En las imágenes siguientes puede observarse una pluma de humo que se despliega por la provincia de Formosa, consecuencia de una quema.



Imagen N° 4. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Formosa.

Fuente: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/fas/NArgentina/>

La superficie aproximada de cobertura del humo es de 90.000 Ha. Ubicado en el centro-Oeste de la provincia de Santiago del Estero, la pluma generada, cubre unas 107.900 Ha.



Imagen N° 5. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Santiago del Estero.

Fuente: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/fas/NArgentina/>

Se presenta también un caso en el Norte de la provincia de Santa Fe.



Imagen N° 6. Cobertura de pluma de humo. Provincia de Santa Fe

Fuente: <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/fas/NArgentina/>

La pluma menor, situada a la izquierda, cubre una superficie de alrededor de 87.200 Ha, mientras que la mayor aproxima su superficie a las 196.200 Ha.

El caso que se presenta a continuación, referido a la provincia de Tucumán, ha sido tomado con “Google Earth”.

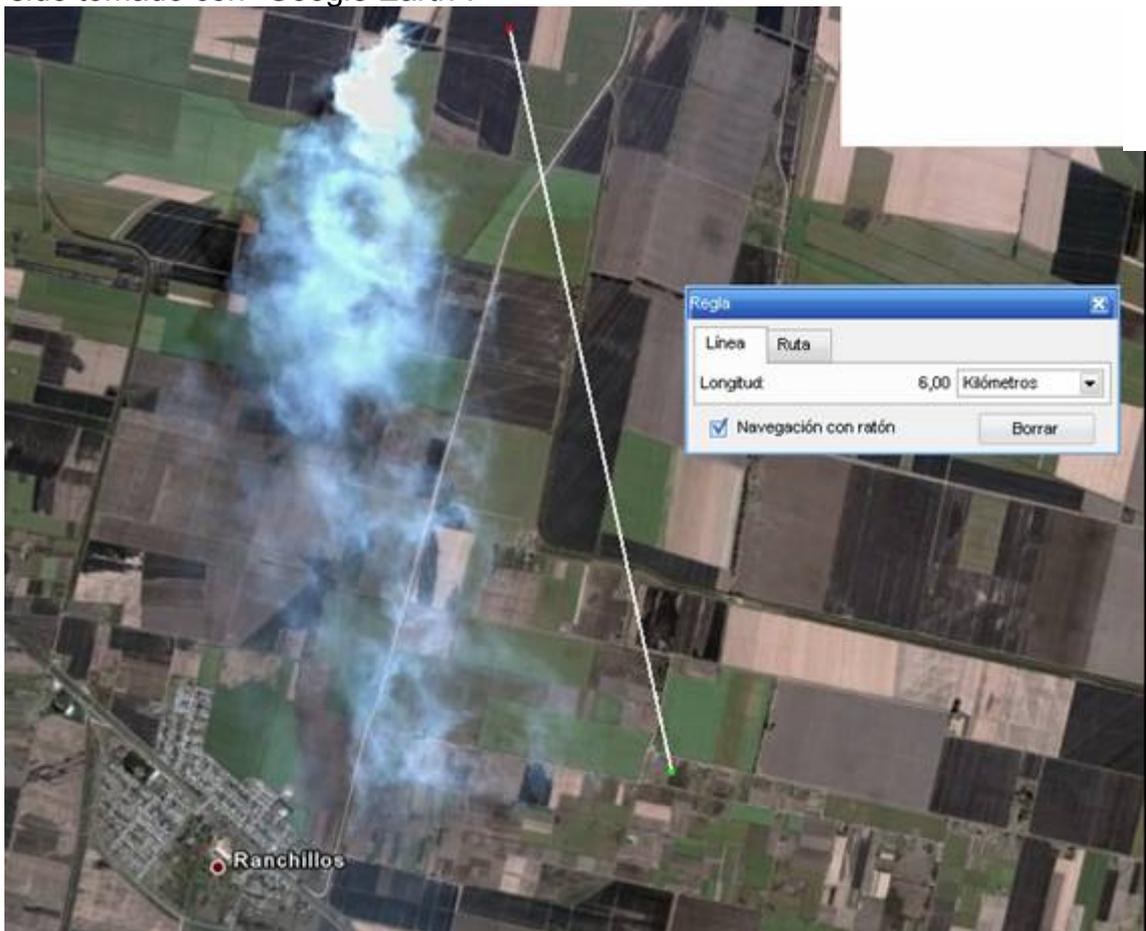


Imagen N° 7. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 1

Fuente: Google Earth.

Como se puede observar en la imagen, la pluma de humo, al momento del registro se extiende por aproximadamente unos 6 km, y parte de la columna de humo afecta el centro poblado cercano (Ranchillos).



Imagen N° 8. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 2
Fuente: Google Earth.



Imagen N° 9. Quema detectada a través de Google Earth. Tucumán. Caso 3
Fuente: Google Earth.

En este caso se puede apreciar el avance del frente de quema, como así también la columna de humo que se desprende en esta quema realizada a 15 km al este de la ciudad capital de la provincia.

En ciertas ocasiones, la mezcla de humo y polvo, llega hasta “El Infiernillo”, con lo cual puede decirse que alcanza un espesor de unos 2500 m.

La presencia de esta cobertura de humo, mezclada con polvo, genera problemas de diversa índole en la zona. Además del ya mencionado efecto invernadero, a causa de las quemas, se produce un empobrecimiento del suelo, con consecuencias para la misma actividad agrícola. Se han detectado enfermedades en los cultivos con efectos como achaparramiento. Por otro lado, la deposición de polvo y hollín afecta actividades fisiológicas en los citrus.



Imagen N° 10. Presencia de humo a consecuencia de la quema de caña de azúcar.

Fuente: La Gaceta. Tucumán. 20 de Julio de 2.007 Fotografías aéreas tomada por Daniel Rizzoti.

Existe además un efecto meteorológico, debido a la sequedad del aire, es posible que el mismo sustente más humo y polvo, con lo que la escasa humedad ambiente del invierno no llega a saturar la atmósfera (Grimolizzi, 2.006).

La salud humana también se ve perjudicada a consecuencia de la quema. No hay registros oficiales de infecciones respiratorias debidas al humo ya que hasta el año 1.998, no eran de notificación obligatoria. A partir de este año, su denuncia fue declarada de carácter obligatorio.

3.3.1. Principales enfermedades epidemiológicas notificadas.

Tucumán. Años 1.991 – 2.003

Se presentan a continuación estadísticas oficiales de registro de enfermedades en la provincia.

Tabla N° 5. Principales enfermedades epidemiológicas notificadas entre 1.991 y 2.003

Fuente: Sistema Provincial de Salud. Departamento de Estadística.

Enfermedades	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
Infecciones respiratorias	-	-	-	-	-	-	-
Neumonía	909	903	939	1.106	1.392	1.968	2.388
Influenza	7.467	5.312	15.361	7.842	9.788	13.292	15.000

Enfermedades	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003
Infecciones respiratorias	114.784	168.306	224.935	200.043	261.571	379.392
Neumonía	2.277	2.442	2.803	3.175	2.873	4.680
Influenza	13.124	17.392	17.244	18.481	15.792	27.076

En el año 2.004, se registraron 4.526 casos de neumonía en la provincia mientras que en 2.005 fueron 4.015 (Ministerio de Salud Pública, fecha desconocida).

4. Materiales

4.1. Área de estudio

El área de estudio abarca la provincia de Tucumán, situada en el Noroeste de la Argentina, entre los paralelos 26° y 28° de latitud Sur y los meridianos de 64° 30' y 66° 30' de longitud Oeste. La población urbana de 1.060.424 habitantes (76%) y la rural de 276.240 habitantes (INDEC, 2.001). La densidad poblacional es de 59,3 habitantes por km². Esta densidad no es uniforme ya que los municipios de San Miguel de Tucumán y de Banda del Río Salí concentran algo más del 45% de la población provincial. Políticamente está constituida por 17 departamentos y su capital es la ciudad de San Miguel de Tucumán (Sitio oficial de Tucumán, 2.007).

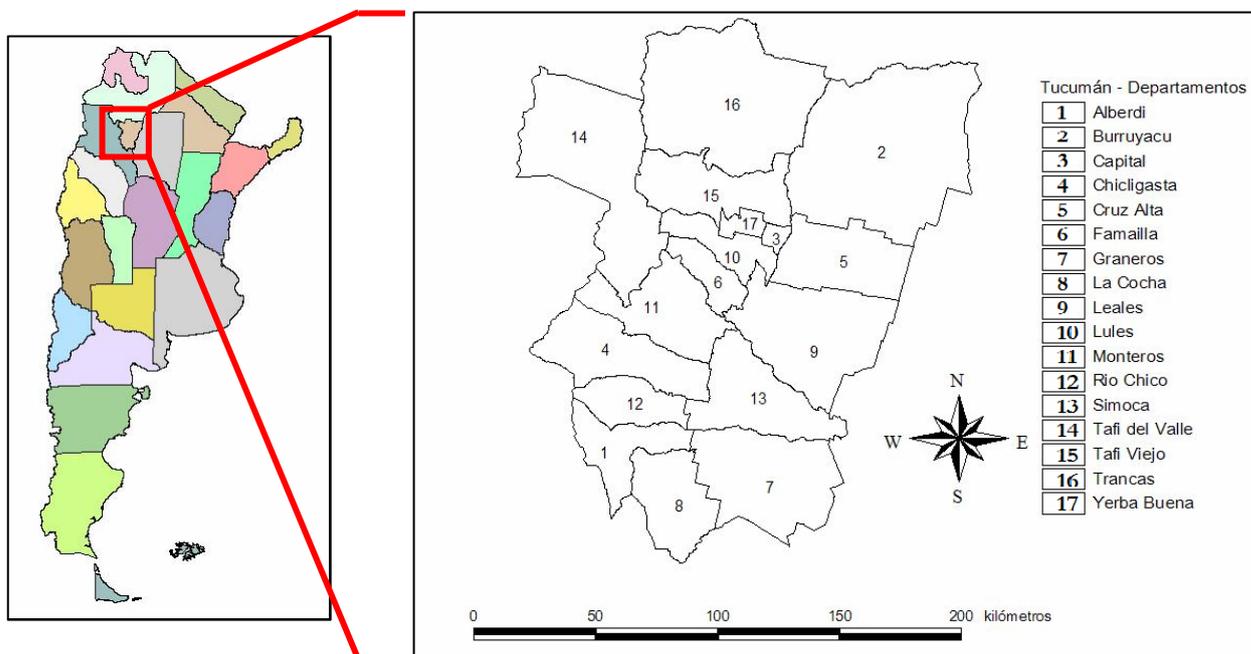


Imagen N° 11. Área de estudio

La provincia ocupa una posición mediterránea, por lo tanto dos factores influyen su clima: distancia al océano Atlántico (continentalidad) y el aislamiento respecto al Pacífico, debido a la cordillera de los Andes (Bobba y Hernández, 2.005). El clima es subtropical con estación seca en invierno. Durante los meses de octubre y marzo predominan las lluvias que sobrepasan en la actualidad los 1.000 mm anuales. El promedio de temperatura máxima media anual es de 25° C con una mínima media anual de 13° C.

Los ríos más importantes de la provincia son: Salí, Santa María, Acequiones, Alurralde, Vipos, Balderrama, Seco, Gastona, Chico y Marapa.

Con excepción del Santa María, todos nacen en el Aconquija y pertenecen a la cuenca del Salí (Sitio Oficial de la Provincia de Tucumán, 2007).

Las máximas altitudes están en la cordillera del Aconquija, y corresponden a los Cerros del Bolsón y de las Dos Lagunas, con 5.550 y 5.450 m sobre el nivel del mar respectivamente (SAGPyA, 2.007).

La provincia, presenta dos grandes áreas:

- al Este, llanuras que forman parte de la región chaqueña, llamadas pampas de Tucumán y al Oeste, tres cadenas montañosas:

la del Norte, las Cumbres Calchaquíes pertenecientes a la Cordillera Oriental,

la del Sur, la Cadena del Aconquija perteneciente a las sierras pampeanas (la unión entre estos dos cordones se produce en el Valle de Tafí),

la del Noroeste, de las Sierras de El Cajón (o Quilmes), que delimitan los Valles Calchaquíes. Al Noreste, se encuentran las sierras subandinas, representadas por las Sierras de Burruyacú (Enciclopedia Encarta, 2.007)

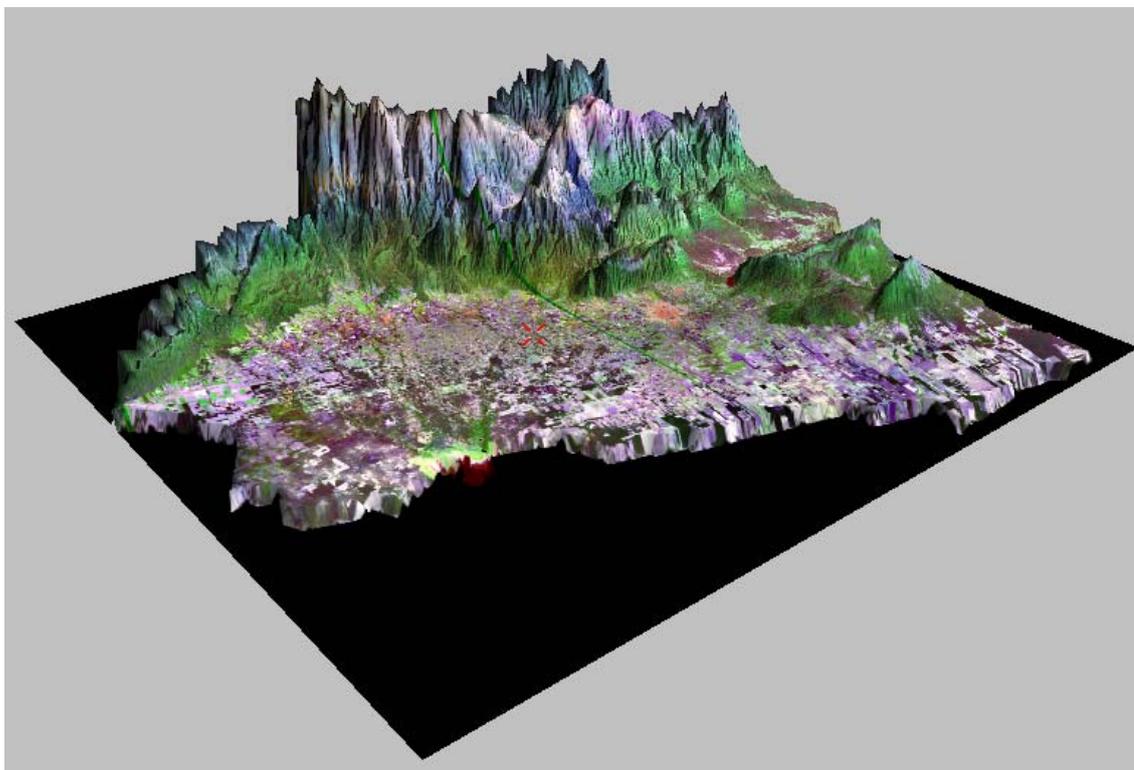


Imagen N° 12. Modelo digital de elevaciones de la provincia de Tucumán.

La principal actividad económica es la agrícola.

4. Fitogeografía

Según datos aportados por La dirección de Bosque de la República Argentina, la provincia de Tucumán esta constituida por las Regiones Forestales del Monte, de la Selva Tucumano Boliviana y el Parque Chaqueño.



Imagen N° 13. Mapa forestal de la provincia de Tucumán.
Fuente: Atlas de los bosques nativos argentinos.

Citando la misma fuente, se describe a las regiones forestales del siguiente modo.

4.2.1. Región Fitogeografica del Monte

Cubre unas 47.380.125 Ha (Cartografía y Superficie de Bosques Nativos de Argentina, 2.002) de la zona árida templada de la República Argentina.

4.2.1.1. Clima

Región fitogeográfica del Monte es una zona climáticamente árida, con zonas semiáridas. La región comprende dos tipos climáticos. Tucumán pertenece al Monte Septentrional que posee clima cálido y seco, de tipo subtropical con precipitaciones concentradas en el período estival. Las precipitaciones medias anuales varían entre 100 y 400 mm aproximadamente, con una alta variación interanual.

Las temperaturas medias anuales rondan los 13 y 17,5 °C, sin períodos libres de helada.

En toda la región hay vientos tipo “fohen”: el más conocido es el Zonda. Sopla desde el Oeste como viento cordillerano, aumenta su temperatura y pierde humedad a medida que desciende hacia el fondo del valle, donde arrastra grandes cantidades de polvo. Este tipo de vientos, que puede hacer descender la humedad relativa cercana al cero por ciento, teniendo un fuerte efecto desecante sobre la vegetación.

4.2.1.2. Paisaje

Hacia el Norte del paralelo 27 ocupa exclusivamente valles longitudinales; hacia el Sur, se extiende por las cuencas cerradas y por los valles intermontanos de las sierras pampeanas. En el Noroeste se forma una zona de transición con la Puna y en el Noreste, con la Selva Tucumano-Boliviana, el Parque Chaqueño y el Espinal.

Respecto de la hidrografía de la región, se distinguen los siguientes tipos característicos:

Ríos permanentes: los pocos ríos permanentes que cruzan el Monte son de tipo alóctono, alimentados por las precipitaciones y los deshielos de sus cabeceras más húmedas. Las variaciones de caudal son muy grandes.

Ríos intermitentes: llevan agua solamente durante el período lluvioso o en la época de fusión de la nieve.

Ríos subterráneos: son los formados por las corrientes de agua superficial que después de un corto recorrido se hacen subterráneas.

Ambientes con agua subterránea semisuperficial: en ciertos lugares el agua subterránea absorbida por aluviones corre muy cerca de la superficie.

4.2.1.3. Agua

Dada la notable aridez de esta región, los Andes cumplen un rol fundamental en la dinámica hídrica, ya que alimentan continuamente las aguas superficiales y las cuencas subterráneas que se distribuyen cubriendo casi todo el territorio de la región.

En casi toda la zona el riego es necesario para las producciones agropecuarias.

4.2.1.4. Suelo

Los suelos predominantes son los *Entisoles*, presentes desde los valles Calchaquíes hasta el Sur de La Pampa. La mayoría de ellos, solamente tiene un horizonte superficial claro, de poco espesor y pobre en materia orgánica.

En casi toda la región existen procesos de erosión hídrica y eólica importantes. El origen se debe buscar en la naturaleza del suelo, la pendiente, los vientos, el régimen de lluvias y en el uso de los recursos naturales.

Existen en forma generalizada formaciones medanosas activas y extensos mantos de arena, así como vastas zonas Surcadas por zanjones, consecuencia de la erosión hídrica.

4.2.1.5. Vegetación

El tipo de vegetación predominante es la estepa arbustiva de jarilla (*Larrea* sp.), con abundante suelo desnudo, alternados con bosques de algarrobos (*Prosopis* sp.) y de sauces (*Salix humboldtiana*) a la vera de los ríos. Existen dos tipos de vegetación climática: el jarillal, en los suelos arenosos y/o pedregosos; y la estepa espinosa, en los suelos dendrítico gruesos. Ambos tienen las mismas especies vegetales, aunque distribuidas en diferente proporción.

El jarillal es una asociación de arbustos como las jarillas (*Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*, *L. nitida* y *L. ameghinoi*), el mata sebo (*Monttea aphylla*) y el montenegro (*Boungavillea spinosa*), acompañados del tintitaco (*Prosopis torquata*), la brea (*Cercidium praecox* subsp *glaucum*), la chilladora (*Chuquiraga aurea*), el alpataco (*Prosopis alpataco*), el puspup (*Zuccagnia punctata*), el retamo (*Bulnesia retama*), la *Mimosa ephedroides*, el pata de loro (*Monttea aphylla*), el usillo (*Tricomaria usillo*), la pichanilla (*Senna aphylla*), y a veces con cardones (*Cereus* sp. y *Trichocereus* sp.).

En la estepa arbustiva predominan las Zigofiláceas de follaje estacional como *Bulnesia schickendantzii* y la rojadilla (*Plectrocarpa tetraantha*) o arbustos caducifolios, como el alpataco (*Prosopis alpataco*) y el montenegro.

En lugares ecológicamente favorables donde hay buena provisión de agua durante todo el año, como pueden ser las márgenes de los ríos y los sitios donde la napa freática se encuentra cercana a la superficie, crecen los algarrobales.

4.2.1.6. Los bosques

Según los datos aportados por el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, en el Monte, las tierras forestales cubren una superficie de 42.969.010 Ha.

4.2.2. Región Fitogeografica de la Selva Tucumano-Boliviana

Se extiende desde el límite con Bolivia hasta la provincia de Catamarca. Como área boscosa forestal constituye una franja estrecha y discontinua sobre la ladera Este de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas Pampeanas. Participan de ella las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca.

Su característica principal es la distribución altitudinal en pisos de vegetación. El límite en altura de la vegetación arbórea varía en función de la latitud, la masa de montañas y los impactos antrópicos.

Esta región forestal se distribuye en una franja altitudinal que va de los 300 a 3.000 msnm.

Su superficie es de aproximadamente 5.480.227 Ha (Cartografía y Superficie de Bosques Nativos de Argentina, 2.002) y se reconocen tres subregiones: la *Selva Pedemontana* o de Transición, entre los 300 y 600 msnm, actualmente transformada en su mayor parte a áreas con agricultura intensiva; la *Selva Montana* entre los 600 y 1.500 msnm donde predomina la explotación forestal y la ganadería invernala y el *Bosque Montano* entre los 1.500 y 2.500 msnm, que en algunos sitios se está transformando en pastizales debido a la actividad ganadera.

4.2.2.1. Clima

El clima es cálido y húmedo con lluvias estivales. Se producen heladas en todo el territorio y en las zonas más elevadas nieva.

Las montañas interceptan las masas húmedas provenientes del Atlántico produciéndose condensaciones y precipitaciones en el verano.

Las condiciones climáticas de lluvia, temperatura y humedad varían notablemente con las diferencias en latitud, altura y topografía.

El otoño se caracteriza por las neblinas que cubren totalmente las serranías. La precipitación anual varía entre 1.000 y 2.500 mm anuales y a temperatura media anual oscila entre 14 °C y 26 °C.

4.2.2.2. Paisaje

El paisaje de la región es montañoso.

La hidrografía está representada por las cuencas de los ríos Bermejo, Salado del Norte y Dulce, los cuales son los colectores principales. Sistemas menores son las cuencas de los Ríos Dorado-del Valle y el de Horcones.

4.2.2.3. Agua

El agua que ingresa al sistema proviene de las lluvias y a través de los ríos y arroyos que descienden de las partes altas, lo cual posibilita el riego aún en la estación seca.

La trama cerrada de la vegetación intercepta la neblina, haciéndola precipitar y aportando agua extra para la vegetación: es la denominada "lluvia horizontal".

4.2.2.4. Suelo

Los suelos dominantes son los de tipo Haplumbreptes énticos, y los subdominantes son Ustortentes líticos y Paleoustoles údicos.

Se estima que la Selva Pedemontana ha sido transformada en área agrícola en un 70 por ciento de su extensión.

4.2.2.5. Vegetación

El tipo de vegetación predominante en la selva nublada, son árboles de gran porte, abundantes lianas y epífitas y un estrato inferior muy denso formado por hierbas y arbustos. Además existen bosques xerófilos, bosques montanos caducifolios, praderas, etc. También se forman zonas ecotono (de transición) con otras regiones forestales.

La vegetación responde a pisos altitudinales y además a un gradiente de precipitación y a la latitud, es decir la selva pedemontana del Norte de Salta es más húmeda que la selva pedemontana de Tucumán y por lo tanto presenta composición de especies distintas. Las áreas de pastizales funcionan como sistemas interrelacionados con las áreas boscosas. Se distinguen las siguientes subregiones:

Selva de Pedemonte o de transición, ocupan las Sierras Subandinas bajas y los conos aluviales que forman los ríos, entre los 300 y 600 msnm donde predominan las selvas de palo blanco y las selvas de tipa y pacará. Las principales especies arbóreas que se encuentran en este ambiente son las siguientes: roble salteño (*Amburana cearensis*), cedro Orán (*Cedrela angustifolia*), cedro (*Cedrela lilloi*), petiribí (*Cordia tricótoma*), nogal (*Juglans australis*), palo jabón (*Colletia spinosissima*), timbó (*Enterolobium contortisiluquum*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*), viraró (*Pterogyne nitens*), cebil (*Anadenanthera colubrina* var *cebil*), urundel (*Astronium urundeuva* var *urundeuva*), palo blanco (*Calycophyllum multiflorum*), tarco (*Jacaranda mimosifolia*), guayaibí (*Patagonula americana*), horco cebil (*Parapiptadenia excelsa*), laurel de la falda (*Cinnamomum porphyrium*), palo borracho (*Ceiba insignis*), aguay (*Chrysophyllum gonocarpum*), tabaquillo (*Croton piluliferum*), ceibo (*Erythrina dominguenzii*), maroma (*Ficus maroma*), laurel blanco (*Nectandra pichurim*), zapallo caspi (*Pisonia zapallo*), lanza amarilla (*Terminalia triflora*), naranjillo (*Capparis speciosa*) y tusca (*Acacia aroma*). Se observa además gran número de especies trepadoras, lianas y apoyantes. Actualmente el estrato arbóreo está empobrecido en especies de valor maderero debido a las sucesivas extracciones. La regeneración es afectada por la hacienda, de manera que la tendencia es hacia la alteración de la composición florística. Los desmontes tradicionales mediante el rozado y quema del residuo para habilitar tierras de cultivo que a los pocos años son

abandonadas, han comenzado a crear importantes claros sin vegetación. En las zonas de transición con el Parque Chaqueño, las precipitaciones son menores de 900 mm anuales, observándose especies leñosas típicamente chaqueñas como: quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), algarrobo blanco y negro (*Prosopis alba* y *P. nigra*), sacha membrillo (*Capparis tweediana*) y sacha limón (*Fagara naranjillo*). Otra particularidad de este ambiente es la mayor frecuencia de incendios.

Selva Montana. Se desarrolla entre los 600 y 1.500 msnm. La altitud está caracterizada por dos tipos de selvas: la Selva del Laurel al pie de los cordones montañosos y la Selva de las Mirtáceas entre los 800 y 1.500 msnm. La Selva del Laurel posee cinco estratos: el superior de unos 30 m de altura dominan el laurel (*Phoebe porphyria*), el horco molle (*Blepharocalyx gigantea*) y los cedros (*Cedrella lilloi* y *C. angustifolia*). El segundo estrato arbóreo lo forman las especies que no exceden los 20 m de altura como el chalchal (*Allophyllus edulis*), el palo luz (*Prunus tucumanensis*) y el sauco (*Xanthoxylon coco*). Los arbustos forman un tercer estrato de dos a cuatro metros de altura donde se destacan la caña (*Chusquea lorentziana*), la ortiga brava (*Urera baccifera*) y el bizcochero (*Miconia ioneura*). El cuarto estrato lo forman las grandes hierbas de uno a dos metros de altura, como *Polymnia macroscypha*, *Senecio peregrinus* y *Senecio boomanii*. Las lianas y enredaderas son muy abundantes. Las Selvas de Mirtáceas están representada por árboles de alturas medias, especialmente el mato (*Myrcianthes pungens*), el arrayán (*Eugenia uniflora*) y otras Mirtáceas de porte mediano.

Bosque Montano: Ocupa las zonas más elevadas, entre los 1.500 y 2.500 msnm donde las comunidades vegetales características son: los Bosques de Pino, los Bosques de Aliso y los Bosques de Queñoa.

Los Bosques de Pino están presente entre los 1.250 y 1.700 msnm, con pinos del cerro (*Podocarpus parlatorei*) de cerca de 30 m de altura, asociada con nogal (*Juglans australis*) y aliso.

Los Bosques de Aliso (*Alnus acuminata*) de unos 8 m de altura, dispersos entre los 1.700 y 2.500 msnm.

Los Bosques de Queñoa (*Polylepis australis*): entre los 1.700 y 3.000 msnm. Formados por árboles achaparrados, de 4 a 6 m de altura.

Pastizales de Neblina Se encuentran formando un mosaico con los bosques montanos desde los 1.800 metros de altura y en su límite superior alcanzan los 3.800 metros. Presenta importante riqueza de gramíneas y leguminosas.

Pastizal Altoandino Se encuentran por arriba de los Pastizales de Neblina (3.900-4.000 m de altura sobre el nivel del mar), extendiéndose hasta los 5.000 metros, predominando las gramíneas duras.

4.2.2.6. Los bosques

Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, en la Selva Tucumano-Boliviana la superficie de tierras forestales es de 3.697.483 Ha y la de bosques rurales de 29.352 Ha, sumando un total de 3.726.835 Ha de bosque nativo para toda la región forestal. Además, otro tipo de tierras forestales cubren una superficie de 184.170 Ha. De acuerdo a la actualización realizada para determinar la Superficie de Bosque y Tasa de Deforestación para la Reserva de Biosfera de las Yungas, se arribó a resultados preocupantes no sólo por el aumento de la deforestación sino por el nivel de fragmentación del ecosistema.

4.2.3. Región Fitogeografica del Parque Chaqueño

El Parque Chaqueño limita al Norte con Bolivia y Paraguay, al Este y al Sur con la región del Espinal y al Oeste con las regiones de la Selva Tucumano Boliviana y Monte.

La región chaqueña involucra a doce provincias, abarcando la totalidad de Formosa, Chaco y Santiago del Estero, Norte de Santa Fe, San Luis y Córdoba, Este de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan, y Noroeste de Corrientes.

Abarca aproximadamente 67.495.995 Ha (Cartografía y Superficie de Bosques Nativos de Argentina, 2.002).

Se reconocen cuatro subregiones: el Chaco Húmedo, el Chaco Semiárido, el Chaco Árido y el Chaco Serrano.

4.2.3.1. Clima

El clima, junto con la topografía y el drenaje, definen unidades de ambiente que condicionan el desarrollo vegetal.

Las temperaturas estivales son muy altas, con máximas absolutas que superan los 48 °C, lo que junto a las lluvias concentradas en esa época aceleran los procesos biológicos.

La región presenta marcados gradientes climáticos: la temperatura varía en sentido Norte-Sur con temperaturas medias anuales entre 26 °C y 18 °C, la precipitación presenta un marcado gradiente del Oeste hacia el Este entre 1.300 mm y 500 mm con valores mínimos cercanos a los 300 mm. La evapotranspiración potencial es alta, entre 900 mm en el Sur y 1.500 mm en el Norte. Las lluvias en algunos sitios son torrenciales.

4.2.3.2. Paisaje

La región presenta gran diversidad de ambientes: extensas llanuras, serranías, grandes ríos que la atraviesan, sabanas secas o inundables, esteros, bañados, salitrales, y una gran extensión y diversidad de bosques y arbustales. Es una gran planicie con pendiente hacia el Sudeste, que forma parte de la gran llanura Chaco-Pampeana.

Los ríos son en su mayoría de tipo alóctono, es decir que no tienen su origen en la región sino en la cordillera y siguen las imperceptibles pendientes.

Hacia el Oeste predomina el relieve plano, con la influencia modeladora de los ríos Bermejo, Pilcomayo, Itiyuro, Juramento, Salado, Dulce y sus afluentes.

4.2.3.3. Agua

La zona occidental presenta sistema alóctono, alimentado por lluvias orográficas. Por último existe una zona central donde hay déficit de agua, la que se pierde por evaporación e infiltración.

Una constante de los ríos chaqueños es la de tener grandes variaciones de nivel: en las crecientes inundan la zona circundante y crean cuerpos de agua, mientras que en las sequías desaparecen por infiltración.

4.2.3.4. Suelo

El Parque Chaqueño presenta gran variedad de suelos fruto del material de origen y los distintos factores que incidieron en su formación.

En la zona centro - Oeste los suelos son algo permeables, abundantes en materia orgánica y nutrientes, sin salinidad. En la zona occidental, hay suelos aluvionales ligeramente salinos, fácilmente erosionables, con textura fina.

4.2.3.5. Vegetación

El Parque Chaqueño se extiende en una amplia planicie conformada por masas boscosas heterogéneas y caducifolias que alternan con abras y pampas; la temperatura y las precipitaciones condicionan la vegetación que se va empobreciendo desde el Este hacia el Oeste.

El tipo de vegetación dominante es el bosque xerófilo caducifolio, con la distintiva presencia de los quebrachos (*Schinopsis sp.*). Este juega un rol fundamental ya que puede llegar hasta los 25 metros de altura formando una especie de techo en el bosque, debajo del cual crecen otros árboles de madera dura, un estrato arbustivo y otro herbáceo con abundantes bromeliáceas, siendo poco abundantes las lianas y las epífitas. Existen como comunidades edáficas los palmares y las estepas halófitas. La gran variedad de ambientes se traduce en una alta diversidad de especies vegetales.

Las subregiones de las que participa Tucumán son 2:

Chaco Semiárido: Abarca sectores de Formosa, Chaco, Salta, Tucumán, Santiago del Estero y Córdoba. Los bosques xerófilos, algunos palmares, estepas halófilas; sabanas edáficas y abras.

La comunidad climax es el bosque de quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis lorentzii*) y el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*). También hay otros árboles como el itín (*Prosopis kuntzei*), el

algarrobo negro (*Prosopis nigra*), el mistol (*Ziziphus mistol*), el guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), la brea (*Cercidium praecox subsp glaucum*), el yuchán o palo borracho (*Ceiba insignis*), el garabato (*Acacia praecox*), entre otros. En un estrato más bajo hay, sachá membrillo (*Capparis tweediana*), el atamisqui (*Capparis atamisquea*), el vinal (*Prosopis ruscifolia*), la tusca (*Acacia aroma*), el espinillo (*Acacia caven*), cactáceas como el quimil (*Opuntia quimilo*), el cardón (*Cereus coryne*) y el ucle (*Cereus validus*) y la palmera carandillo (*Trithrinax biflabellata*).

Entre las comunidades edáficas se destacan los palosantales con palo santo (*Bulnesia sarmientoi*) y quebracho (*Schinopsis sp.*) en el Norte de la subregión.

Las formas retorcidas de los árboles que han sobrevivido a incendios, los numerosos arbustos con espinas y el suelo cubierto de chaguales le han dado nombre a la subregión conocida como “el impenetrable”.

Chaco Serrano: Ocupa sectores de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Luis y Córdoba. La comunidad climax es el bosque de horco-quebracho (*Schinopsis marginata*). Suele estar asociado al molle (*Lithraea ternifolia*), al coco (*Fagara coco*), al churqui (*Acacia caven*), al quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), al sombra de toro (*Jodinia rhombifolia*), al manzano de campo (*Ruperchtia apetala*), al visco (*Acacia visco*), el chañar (*Geoffroea decorticans*), el tala (*Celtis tala*), palo borracho (*Ceiba insignis*) y al yuchán (*Ceiba insignis*). Existen también bosques de tabaquillo (*Croton piluliferum*) o queñoa (*Polylepis australis*) y palmares de palma (*Trithrinax campestris*)

4.2.3.6. Los bosques

Según el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos, en el Parque Chaqueño la superficie de tierras forestales es de 22.040.637 Ha y la de bosques rurales de 1.327.347 Ha, sumando un total de 23.367.984 Ha de bosque nativo para toda la región forestal. Además, otro tipo de tierras forestales cubren una superficie de 9.901.731 Ha.

4.3. Cartografía

Se utilizaron las cartaimágenes de satélite, pertenecientes al Instituto Geográfico Militar, escala 1:250.000, compuesta a partir de imágenes Landsat, que incluyen la provincia de Tucumán.

Para identificar las cartaimágenes correspondientes a la provincia, se consultó el sitio de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el apartado de "Geoinformación", que contiene un índice de cartaimágenes (**Anexo 11**). A partir de esta consulta se concluyó que la provincia de Tucumán queda cubierta por las siguientes: 2766-I, 2766-II, 2763-I, 2766-III, 2766-IV y 2966-II. Información complementaria referida a las cartaimágenes se encuentra en los **Anexos N° 12 al 17**.

4.4. SIG 250

El SIG 250 es el Sistema de Información Geográfica proveniente de cartografía oficial, específicamente de la carta topográfica de escala 1:250.000, elaborada por el Instituto Geográfico Militar. La información es volcada en diferentes capas temáticas, referidas a localidades, áreas protegidas, red hídrica, caminera, límites, eco-regiones, cuencas, etc., con sus respectivas bases de datos asociadas, conteniendo además, atributos cartográficos en diferentes campos con registros homogeneizados.

4.5. Atlas Estadístico del INDEC

El mismo contiene detalle hasta nivel de departamentos provinciales.

4.6. Atlas de Suelos

Se consultó el atlas de Suelos de la República Argentina perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 1.990), que describe las regiones naturales, los suelos y posee tablas de evaluación y degradación de cada provincia.

4.7. Imágenes diarias de la República Argentina (sensor MODIS)

Se hizo uso de las carpetas con datos diarios del MODIS, de los satélites Terra y Aqua, de resolución espacial 250m x 250m. Las mismas estuvieron disponibles en el sitio web:

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/fas/NArgentina/>

Se consultó también la galería de Imágenes del día de Crop Explorer (USDA), que también dispone de las imágenes MODIS (Terra, Aqua) del sitio web:

<http://www.pecad.fas.usda.gov/>

Se presenta en el **Anexo N° 18** ejemplos de imágenes utilizadas.

4.8. Bancos de datos satelitales de focos de calor.

Se consultaron bases de datos de distintos sitios de Internet, ellos son: **Monitoreo de Quemas**. Ministerio de Ciencia y Tecnología (Brasil). División de Satélites y Sistemas Ambientales <http://www.cptec.inpe.br> , sitio en el que se encuentran almacenados datos diarios de puntos calientes registrados por el sensor MODIS, cuya serie completa se inicia en junio de 1.998 hasta la actualidad.

Fire Information for Resource Management System (FIRMS), cuya página principal es la siguiente:

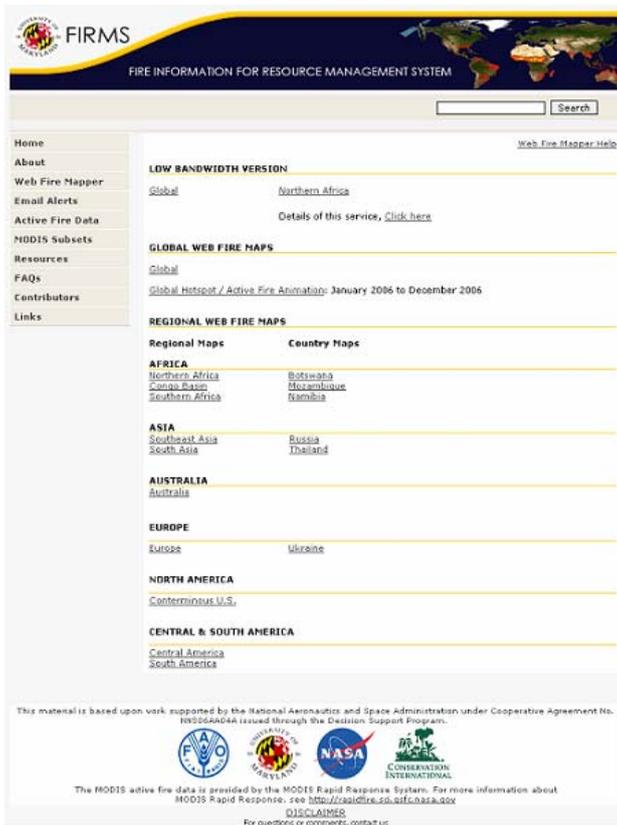


Imagen N° 14. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).

Para obtener los datos del área de interés, se seleccionó el apartado *Centro y Sur América*, y en una nueva pantalla se optó por el rango temporal de los focos de calor, es decir, los registros completos del año 2.006.

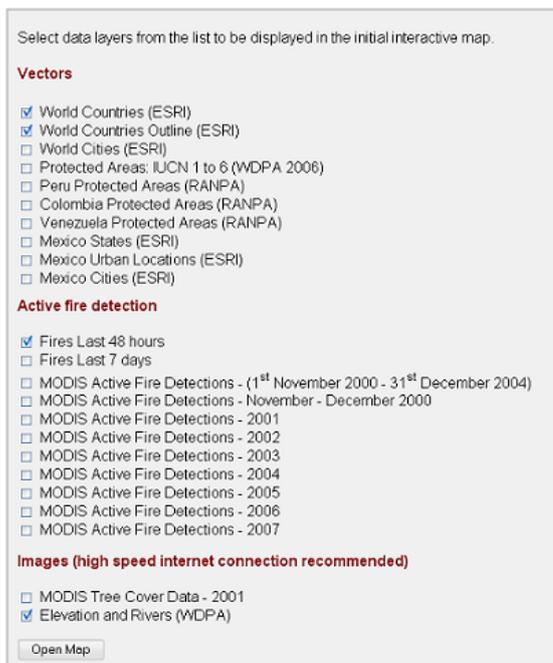


Imagen N° 15. Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).

En este caso fueron seleccionadas las siguientes capas de información:

Países del mundo, el contorno de sus límites, y la detección de focos de 2006.

Luego se visualizó una pantalla con un pequeño mapa de Centro y Sur América en el borde superior izquierdo, en el que se debió seleccionar con una caja el área de interés.

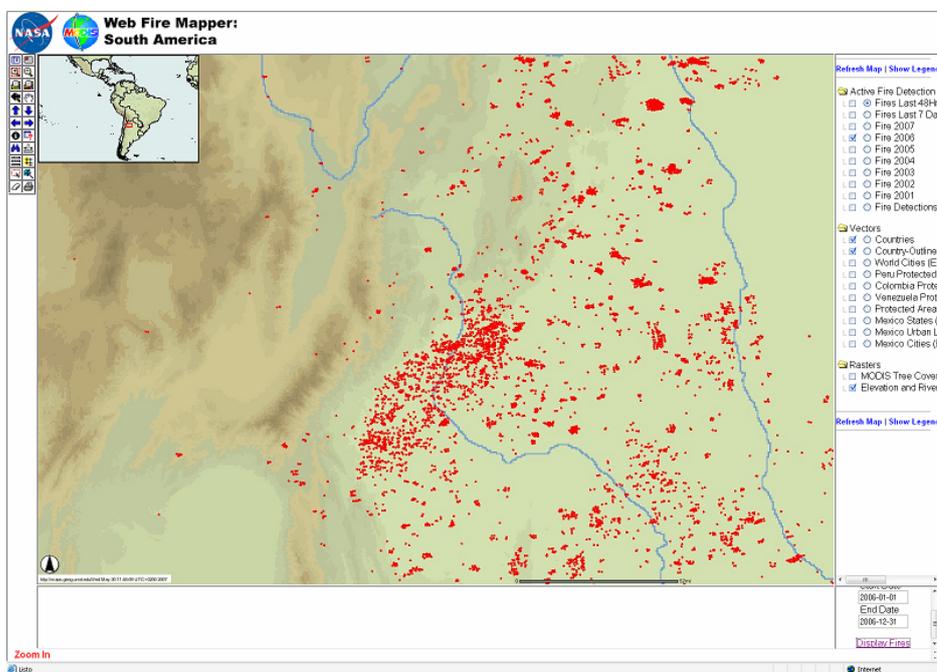


Imagen N° 16 . Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).

Posteriormente se tomó la opción mostrar fuegos, ubicada en la parte inferior derecha, la cual arroja en esa parte de la pantalla un cuadro con datos referidos a cada uno de los focos de calor (número de registro, fecha, latitud, longitud, valor de brillo, etc.).

Rec	Latitude	Longitude	Brightness	Track	Scan	Acqdate	Time	Satellite	Confidence	#shape*	ObjectID	Area	Len
1	-26.737	-65.256	315.2	1.3	1.7	2006-01-02	1450	T	0	[polygon]	1473	0.0001	0.04
2	-26.957	-63.991	324.5	1.5	2.1	2006-01-02	1450	T	37	[polygon]	1474	0.0001	0.04
3	-27.991	-65.612	315.7	1	1.1	2006-01-04	1440	T	0	[polygon]	169802	0.0001	0.04

Imagen N° 17 . Página inicio Fire Information for Resource Management System (FIRMS).

Cabe destacar que esta base de datos así obtenida, fue corroborada con otra solicitada a la institución.

4.9. El sensor MODIS

Los registros de focos de calor son realizados por el sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer), montado en los satélites Aqua y Terra de la NASA. Estos satélites son de órbita polar baja, se desplazan de

polo a polo, y fueron lanzados el 18 de diciembre de 1.999 y el 4 de mayo de 2.002 respectivamente.

El sensor presenta resolución temporal diaria y la resolución espectral se detalla en el **Anexo N° 19**.

Referido a la resolución espacial: posee 3, dos canales de 250 metros, cinco canales de 500 metros y el resto de 1.000 metros (NASA, Fecha desconocida).

4.10. Características de los datos MODIS

El sensor tiene la capacidad de identificar fuegos y otras anomalías térmicas, las cuales, al ser detectadas, se representan en el centro de un píxel de un 1 kilómetro de lado. Pueden ser contenidos más de un fuego activo dentro de ese píxel.

Para la detección de fuegos, se emplea un algoritmo que hace uso de la fuerte radiación emitida por los fuegos en el rango del infrarrojo medio del espectro electromagnético. El algoritmo examina cada píxel del área de barrido del sensor y le asigna a cada uno, una de las siguientes clases: dato perdido, nube, agua, no fuego, fuego o desconocido. Los datos perdidos son los píxeles carentes de datos, y son excluidos de una posterior consideración. Los píxeles correspondientes a nubes y agua son identificados usando máscaras de nube y agua respectivamente. Para eliminar los píxeles obvios de no fuego, se usa una clasificación preliminar. Para los potenciales píxeles de fuego que restan, se intenta usar los píxeles lindantes para estimar la señal radiométrica del potencial píxel de fuego en la ausencia del fuego. Luego se colocan en una ventana los píxeles lindantes validos, centrados con el potencial píxel de fuego, y se estiman de este modo los valores de fondo. Si la caracterización del fondo es exitosa se realiza una serie de pruebas de umbral contextual para ejecutar una detección relativa de fuego. Esto busca encontrar la signatura característica de un fuego activo en la que tanto la temperatura de brillo de 4 micrones como la temperatura de brillo de 4 a 11 micrones difieren sustancialmente del fondo de no fuego (Giglio, 2.003).

Se hacen luego unas pruebas adicionales para eliminar las falsas detecciones causadas por destellos de sol, errores en la mascara de agua, etc.

Los píxeles candidatos a fuego que no son rechazados en la aplicación de estas pruebas son asignados a la categoría fuego. Aquellos píxeles en los que la caracterización del fondo no pudo ser realizada, es decir, aquellos que han tenido una insuficiente cantidad de píxeles validos, se le asigna la categoría desconocido (RAM, 2.006)

4.10.1. Tamaños de fuego identificables

Respecto de los tamaños de fuego que pueden ser detectados, el mínimo perceptible, es función de muchas y diversas variables como ser el ángulo de la exploración, biomasa quemada, posición del sol, la temperatura superficial de la tierra, la cubierta de nubes, la cantidad de humo y dirección del viento, etc., de modo que, el valor exacto variará levemente con estas condiciones.

Puede sin embargo decirse que, en una detección rutinaria de MODIS, son posibles de identificar fuegos flameantes y aquellos que arden sin llamas, de unos 1.000 m² de tamaño. Bajo muy buenas condiciones de observación (es decir, cerca del nadir, con poco o sin humo, con superficies de tierra relativamente homogéneas, etc.) fuegos de la décima parte pueden ser detectados. Bajo condiciones prístinas (y extremadamente raras) de observación, menores fuegos ardientes; de hasta 50 m² pueden ser detectados (Giglio, 2.005).

A diferencia de la mayoría de algoritmos contextuales de detección de fuego diseñados para sensores satelitales que han pretendido monitorear fuegos (AVHRR, VIRS, ATSR), aquí no hay un límite superior de detección, en cuanto a los focos mas grande o calientes que pueden ser detectados por MODIS.

Si un fuego activo es exhibido en el mapeador de fuegos, entonces se representa como un píxel de 1km en la tierra. La localización teórica del fuego es el centro de ese píxel, lo cual no significa necesariamente que el fuego es el 1 km. de tamaño. No se puede determinar el tamaño exacto del fuego; lo

que se sabe es que un fuego, por lo menos, está situado dentro de ese píxel de un 1 km de lado. Es por ello que al momento, no se puede conseguir información sobre áreas quemadas usando el mapeador de fuegos (RAM, 2.006).

Otro aspecto a considerar es que el tamaño del píxel no es siempre de un 1km a través de la trayectoria de la exploración. Los píxeles en "los bordes del Este y Oeste" de la exploración son más grandes de un 1 km. Ese tamaño solo se da a lo largo del nadir (la vertical exacta del satélite).

Otra información disponible es la temperatura de brillo del píxel del fuego y que se mide (en grados Kelvin) con los canales infrarrojos 21/22 de MODIS (Giglio, 2.007; MODIS Rapid Response, 2.007).

Algunas detecciones en particular pueden no ser hechas por el sensor MODIS, debido a varias razones. Puede darse el caso que un fuego se inicie y termine entre pasadas del satélite, puede que el fuego sea demasiado pequeño o tal vez no tan caliente para ser detectado en la barrida de MODIS. La cobertura de nubes, la fuerte contaminación, o la cobertura del dosel arbóreo pueden oscurecer completamente el fuego. Debe tenerse presente que ocasionalmente los instrumentos MODIS, son sacados de servicio por diferentes períodos de tiempo por razones varias (tal es el caso del sensor MODIS del satélite Terra en septiembre de 2.000), con lo cual no hay registros de observaciones (MODIS Rapid Response, 2.007).

4.10.2. Validación

La validación de los productos MODIS, ha sido inicialmente realizada usando coincidencias de observaciones del ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, satélite de alta resolución) para una amplia gama de regiones, combinada con resultados de simulaciones (MODIS Rapid Response, 2.007).

4.10.3. Confianza de los focos

A cada uno de los focos detectados se le asigna un valor de confianza, comprendido entre 0% y 100 %.

Se han establecido clases de confianza: baja, nominal, y alta, las cuales se proveen en la máscara de fuego de MODIS.

Los usuarios que requieran menores falsas alarmas, pueden tal vez considerar solo la clase nominal alta para los píxeles de fuego, y tratar los píxeles de baja confianza como no fuego o tal vez solo parte del paisaje. Los usuarios que requieran máxima detectabilidad de fuego, quienes no son capaces de tolerar grandes incidencias de falsas alarmas, deben considerar las tres clases de píxeles de fuego (Giglio, 2.007).

Estas clases de confianza asignadas a cada píxel de fuego, son determinadas por umbrales de valores de confianza (C) calculados para cada píxel. Estos son los que se detallan a continuación:

Tabla N° 6. Correspondencia de rangos porcentuales y clases de confianza de focos de calor.

Rango	Clase de confianza
$0 \% \leq C \leq 30 \%$	Bajo
$30\% \leq C \leq 80 \%$	Nominal
$80 \% \leq C \leq 100 \%$	Alto

4.11 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

Los Índices de Vegetación son operaciones dirigidas a crear bandas artificiales, a partir de la combinación entre las originales, con el propósito de discriminar aspectos temáticos de interés.

Existen diversos índices, pero los más divulgados son los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) y el índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index).

Cuando se utiliza índice de vegetación de diferencia normalizada, se pretende discriminar masas vegetales a partir de su comportamiento radiométrico.

El análisis se basa en las características espectrales de la vegetación sana, dado que la firma espectral característica de la misma, muestra un claro

contraste entre las bandas visibles, especialmente la roja (0,6 a 0,7 μm), y el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1 μm); mientras que en la región visible los pigmentos (clorofila, xantofila, carotenos) absorben la luz que reciben para efectuar procesos fotosintéticos, en el infrarrojo cercano esta energía, sin valor fisiológico, es reflejada, debido a la estructura interna de la hoja (capa de esponja del mesófilo) que dispersa gran parte de la radiación de esta banda del espectro (Chuvieco, 1.996).

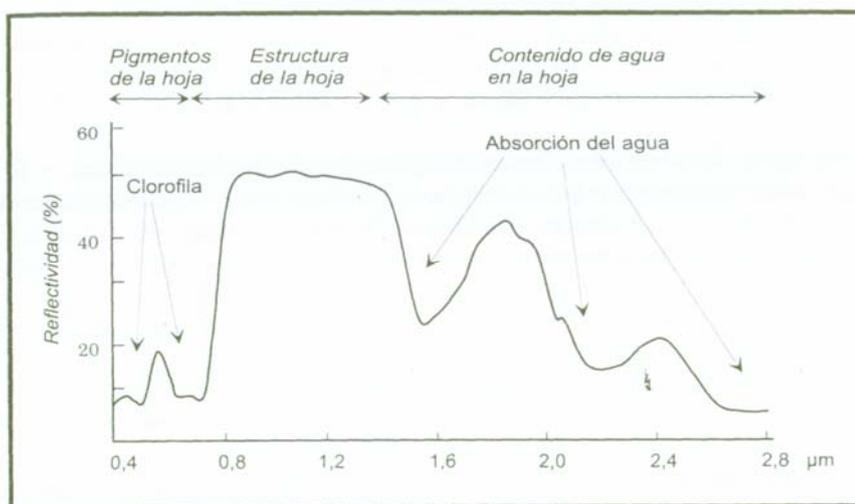


Imagen N° 18. Firmas espectrales
Fuente: Chuvieco. Fundamentos de teledetección espacial. 1996

Por esta razón se da un notable contraste espectral entre la baja reflectividad de la banda roja y la infrarroja, lo cual permite separar con relativa claridad, vegetación sana de otras cubiertas.

Se afirma entonces que la diferencia entre los valores de reflectividad de los rangos visibles e infrarrojo alcanzará su máximo, cuando mayor sea el vigor vegetal.

Cuando la vegetación sufre algún tipo de stress, su reflectividad será inferior en el infrarrojo cercano y se incrementará en el rojo, y en consecuencia, el contraste entre ellas disminuirá.

Según este criterio, el NDVI, responde a la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$$

R: valores de reflectividad en el rango visible – rojo (R) e infrarrojo (IR).

4.12 Datos del sensor VEGETATION

Se utilizó una serie temporal de datos Spot – Vegetation S10, correspondiente al 2.006 para modelar el comportamiento fenológico de la cobertura vegetal de la provincia de Tucumán y sus distintas coberturas vegetales.

4.12.1. NDVI - S10

Respecto del producto utilizado, NDVI – S10 (síntesis de 10 días), dado que son productos que se obtienen con datos relevados durante un período de 10 días consecutivos.

Respecto del instrumento "VEGETATION", el mismo está a bordo de los satélites SPOT 4 y SPOT 5, de pequeña resolución espacial (1 Km. x 1 Km.) y su meta está dirigida a proveer una precisa medición de las características básicas de la cobertura vegetal, con lo cual pueden ser monitoreados recursos vegetales muy importantes como bosques, cultivos, pasturas, etc.

El producto NDVI – S10 es distribuido a través de VGT4AFRICA, y consta de las siguientes características:

Tabla N° 7. Características del instrumento "VEGETATION"

Resolución espacial	1km ²
Precisión del producto	300m
Proyección	Proyecciones geográficas (Lat/lon)
Frecuencia de emisión	10 días
Datos disponibles	Desde 1.998

4.13 Información climática

Los datos climáticos utilizados se obtuvieron del trabajo "Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas" (Hijmans et al., 2.005), conocido como WORLDCLIM, donde se compila medias climáticas mensuales provenientes de estaciones meteorológicas locales, nacionales, regionales y/o globales, la mayoría de ellas comprendida entre los años 1.950–2.000. Estos datos han sido interpolados y se ha creado de este modo superficies climáticas globales (excepto para la Antártica) a una resolución espacial de 1 km. Los elementos climáticos considerados en ese trabajo, han

sido los siguientes: precipitación total y promedio mensual y valores de temperatura máxima y mínima mensuales.

El proceso de interpolación implicó el uso de numerosos métodos estadísticos, uno de ellos usado en el ANUSPLIN (Hutchinson, 2.004), paquete de interpolación que usa latitud, longitud, y elevación como variable independientes.

La base de datos WORLDCLIM, se encuentra disponible para su descarga en <http://www.worldclim.org> . Respecto del formato de los datos, los mismos son obtenidos en coordenadas geodésicas (no proyectadas, es decir geográficas o sistema latitud-longitud). El datum es WGS84. Están disponibles en 4 resoluciones espaciales posibles, desde 0,86 km² (30 segundos) hasta 344 km² (10 minutos).

De la Internet se obtiene un archivo comprimido ZIP, y presenta nombre del tipo "X_R_F.ZIP", donde X indica las variables (Temperatura Media, Temperatura Mínima, Temperatura Máxima, Precipitación, BIO –Variable bioclimática-, o Altitud); R indica la resolución (10min, 5min, 2_5min, 30seg); F indica el formato: 'BIL' para grillas genéricas, y 'ESRI' para grillas ESRI.

Por ejemplo, el archivo TMIN_5m_BIL.ZIP posee datos de temperatura mínima a 5 minutos de resolución, en formato de grilla genérica.

4.14. Modelos digitales de terreno

Un Modelo digital de Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una cierta variable. En particular el los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE), se refieren a la altitud en la superficie del terreno, respecto del nivel del mar.

Los MDT están codificados en cifras, motivo por el cual son modelos simbólicos.

La información en estos modelos se puede representar a través de puntos con sus coordenadas (x, y), correspondientes a las abscisas y ordenadas de un sistema de coordenadas plano, y una variable z en representación de la variable altitudinal del terreno.

La representación no es continua, sino que se presenta a intervalos discretos, por lo que el modelo se compone de un conjunto finito de elementos (Felicísimo, Fecha desconocida).

4.14.1. MDE Tucumán

La información altitudinal fue modelada a partir de datos obtenidos del Consorcio para la Información Espacial, tomados a su vez de “The Shuttle Radar Topography Misión” (SRTM), proyecto internacional encabezada por La Agencia de Inteligencia Nacional Geoespacial (National Geospatial-Intelligence Agency -NGA) y la NASA (National Aeronautics and Space Administration). El SRTM obtuvo datos de elevación de escala casi global (80% de la superficie terrestre), utilizando para ello dos antenas de radar con las que se hicieron mediciones cada 30 m, con lo cual se generó la más completa base de datos topográficos digitales de alta resolución. Las 2 antenas fotografiaron simultáneamente la cubierta terrestre durante una misión de 11 días, en febrero de 2.000, permitiendo luego, a través de interferometría, obtener información sobre la altura de la superficie terrestre.

La interferometría radar es una técnica que usa las diferencias de fase entre dos imágenes para estimar la distancia entre la superficie y el satélite. Los mapas resultantes (MDT) se forman a partir de tres puntos: dos en superficie (latitud y longitud) y uno en altura. Los datos SRTM tienen una precisión vertical entre 6 a 16 metros y una resolución espacial de 30 a 90 metros (NASA, 2.007).

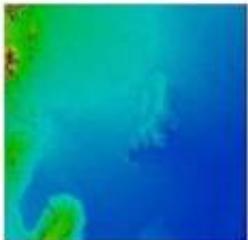
Description	Location	Image
<p>Product : SRTM 90m DEM</p> <p>Data File Name : srtm_24_18.zip</p> <p>Mask File Name: srtm_msk_24_18.zip</p> <p>Latitude min: 30 S max: 25 S</p> <p>Longitude min: 65 W max: 60 W</p> <p>Center point : Latitude 27.50 S Longitude 62.50 W</p>		

Imagen N° 19. Visualización en pantalla del método de selección del área de interés.

4.15 Sofwares utilizados

Arc View 3.2: SIG raster y vectorial, empleado fundamentalmente para realizar análisis de distribuciones espaciales y temporales.

ERDAS 8.4: SIG raster y vectorial, empleado básicamente para manipular los archivos raster.

IDRISI Andes: SIG raster, empleado para operar con NDVI.

Excel: planillas de cálculo empleadas para estandarizar las diversas bases de datos empleadas.

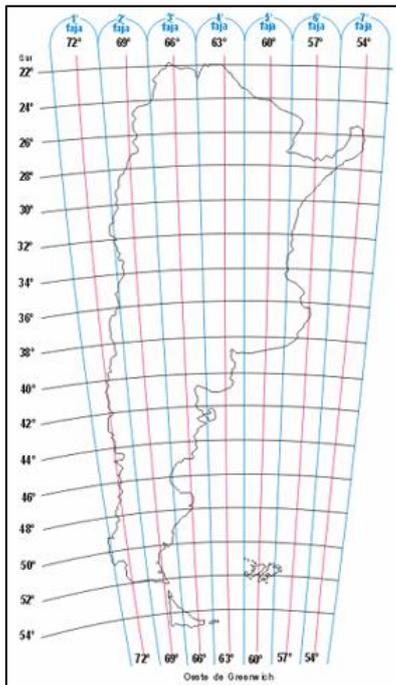
GeoDA 095i: poderoso herramienta para el análisis estadístico – exploratorio de datos espaciales. El software es compatible con Arc View.

5. Métodos

5.1 Referencias geográficas

5.1.1. Sistema de coordenadas Gauss-Krüger

Es conocido también como Mercator Transversa. Es el sistema geométrico de referencia empleado para expresar numéricamente la posición geodésica de un punto sobre el terreno en Argentina a través de relaciones de distancia a una grilla. Es representado por dos números: uno referido a la distancia al eje



“x” y otro a la distancia al eje “y” (Frassia, Fecha desconocida).

Según el sistema, la República Argentina queda dividida en 7 fajas meridianas numeradas del 1 al 7 desde el Oeste hacia el Este. Cada faja mide 3° de ancho y 34° de largo. Los meridianos centrales de cada faja coinciden con los meridianos -72°, -69°, -66°, -63°, -60°, -57° y -54°. Estos meridianos constituyen el eje a partir de la cual se define la posición horizontal de un punto.

Imagen N° 20. Fajas Gauss Krüger Argentina
Fuente: Proyección conforme Gauss Krüger.
<http://www.geoargentina.com.ar/sinmarcos1.asp>

Con el objeto de evitar coordenadas negativas, se asigna al meridiano central de cada faja el valor arbitrario de 500.000 metros en lugar de 0. A este numero se le antepone el numero de faja que le corresponde, así a la faja 1, cuyo meridiano central es el -72, le corresponde la coordenada 1.500.000 para el falso Este o sea el eje horizontal. Para la faja 2, cuyo meridiano central es el -69, le corresponde la coordenada 2.500.000. El eje vertical coincide con el polo Sur, que constituye el eje de partida a partir del cual se define la posición vertical de un punto, midiendo la distancia en metros.

5.1.2. Sistema de coordenadas Geográficas

Es el sistema más antiguo, y permite ubicar cada punto de la superficie terrestre a través de la intersección de un meridiano con un paralelo.

Los meridianos son círculos máximos que rodean la esfera con la cual se representa el planeta, y sus planos contienen al eje de rotación (de los polos). El meridiano de origen (inicial o fundamental) es el que pasa por el antiguo observatorio británico de Greenwich, el cual se escogió como origen de las longitudes sobre la superficie terrestre. Hacia el Este del meridiano de origen los demás meridianos son con valores crecientes hasta 180° . Al Oeste los valores decrecen hasta -180° .

Los paralelos son círculos de esfera cuyo plano es perpendicular al eje de los polos. El Ecuador es el paralelo que divide a la Tierra en hemisferios, Norte y Sur. Partiendo desde el Ecuador en dirección a los polos se van generando sucesivos planos paralelos, cuyos tamaños van disminuyendo hasta tornarse en un punto en los polos Norte (90°) y Sur (-90°), (INPE, Fecha desconocida).

Representar un punto de la superficie terrestre con coordenadas geográficas significa determinar sus valores de latitud y longitud.

La longitud es la distancia angular entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y el meridiano de origen.

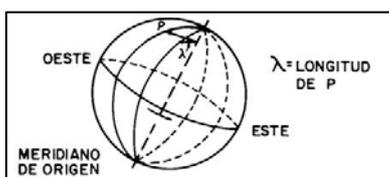


Imagen N° 21. Coordenadas Geográficas. Longitud

Fuente: Conceitos Cartográficos Básicos Para o Uso do SPRING (<http://www.dpi.inpe.br>)

Latitud es la distancia angular entre un punto cualquiera de la superficie terrestre y la línea del Ecuador.

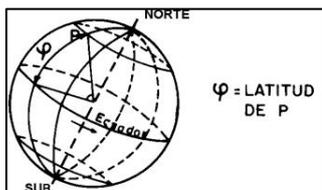


Imagen N° 22. Coordenadas Geográficas. Latitud

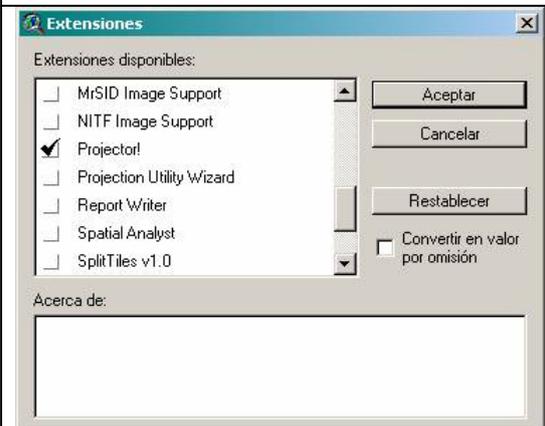
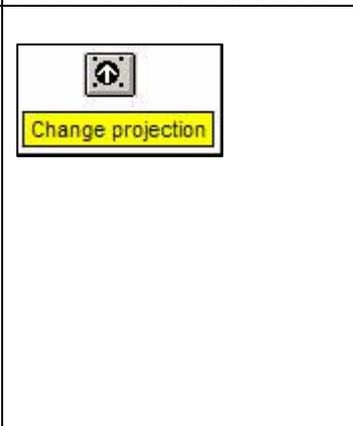
Fuente: Conceitos Cartográficos Básicos Para o Uso do SPRING (<http://www.dpi.inpe.br>)

5.1.3. Transformación del sistema de coordenadas cartográficas Gauss-Krüger al de coordenadas geográficas (Latitud – Longitud)

Los archivos de forma utilizados, referidos a información de la provincia de Tucumán (límite provincial, departamental, mapa de suelo, localidades, etc.) en su mayoría se referenciaban con el sistema de coordenadas cartográficas Gauss-Krüger. Dado que se optó por trabajar con coordenadas geográficas, fue necesario realizar la correspondiente transformación.

La misma se realizó a partir de la utilización de herramientas de Arc View 3.2. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

Tabla Nº 8. Ejecución extensión Proyector

1.- Habilitación de la extensión "Proyector".	2.- Se ejecuta el icono de la herramienta
	

Debe recordarse que previamente deben establecerse las unidades de la vista, debiendo en este caso estar en metros.

En el paso siguiente se solicita indicar la información referida a las características de proyección del archivo de entrada. Las mismas son:

- Meridiano central o longitud de origen: define el origen de los valores x. En el caso Argentino, el meridiano central de cada faja.

- Paralelo central o latitud de origen: define el origen de los valores "y". En el caso Argentino, es 0 (cero) el cual correspondiente al Polo Sur.

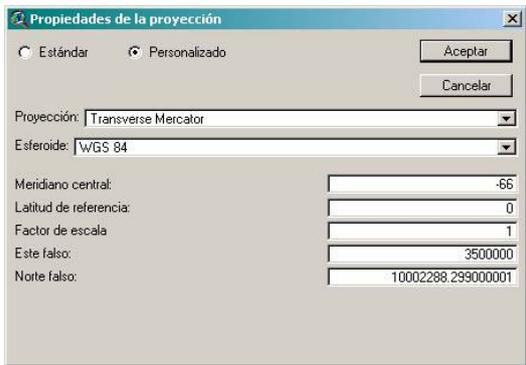
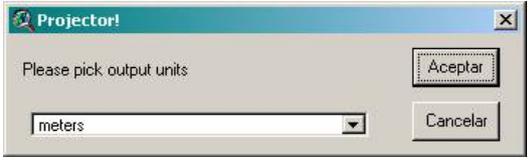
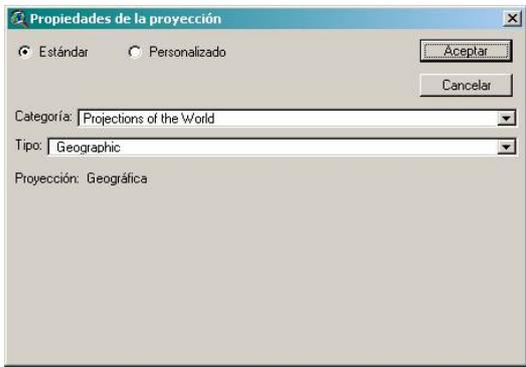
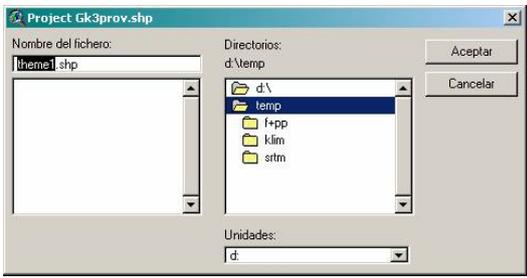
- Factor de Escala: valor usualmente menor que 1 que convierte una proyección tangente en una secante. Si el sistema de referencia no tiene un valor de escala, se entiende que esta es igual a 1. Se utiliza este parámetro para disminuir las distorsiones generales de la proyección.

- Falso Este: un valor lineal aplicado al origen de los valores “x”. Este valor se aplica habitualmente para conseguir que los valores sean positivos. En el caso Argentino, 500.000 para el eje de la faja. A este número se le antepone el número correspondiente a cada faja.

- Falso Norte: un valor lineal aplicado al origen de los valores “y”.

Para este caso los pasos han sido los siguientes:

Tabla Nº 9. Comandos para transformación de coordenadas.

<p>1.- Establecimiento de datos de proyección</p>	<p>2.- Selección unidades de salida</p>
	
<p>3.- Establecimiento de propiedades de proyección del archivo transformado</p>	<p>4.- Determinación de directorio donde se ubicará el nuevo archivo</p>
	

5.2 Mosaico

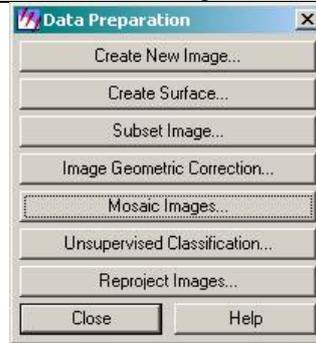
Para poder unir las cartaimágenes que participan de la provincia de Tucumán en un solo archivo, se construyó un mosaico, haciendo uso de herramientas de ERDAS 8.4, acorde a la siguiente secuencia:

Tabla N° 10. Comandos para elaboración de mosaicos a partir de ERDAS 8.4. Parte 1

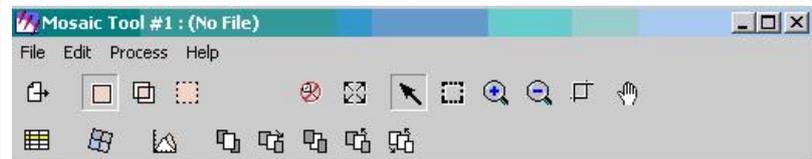
1.- se accede desde el panel de ERDAS IMAGINE al icono preparación de datos



2.- Se selecciona el mosaico de imágenes:



3.- Se habilita así la ventana.



Se procedió luego a seleccionar las imágenes a partir de las cuales se elaboró el mosaico con la herramienta correspondiente.

Tabla N° 11. Selección de imagen para confección de mosaicos a partir de ERDAS 8.4

4.-

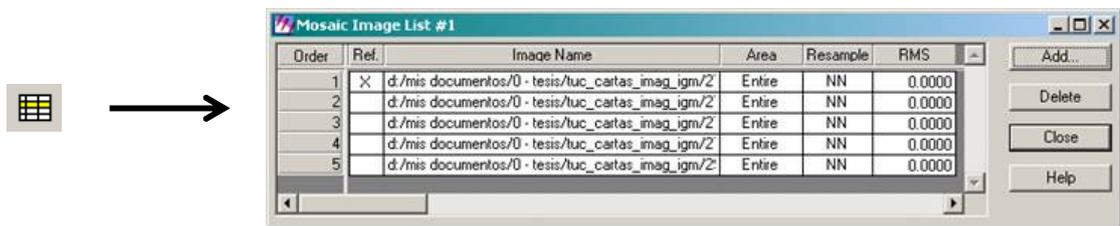
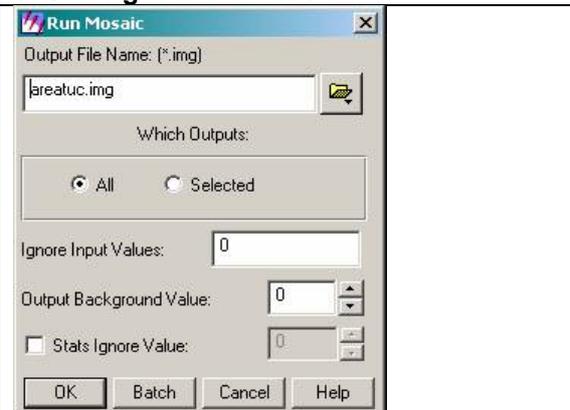


Tabla N° 12. Comandos para elaboración de mosaicos a partir de ERDAS 8.4. Parte 2

5.-Se hace correr la herramienta



6.-Se asigna una ubicación



Una vez ejecutados estos comandos el producto queda elaborado y alojado en la ubicación indicada.

5.3 Focos del área de estudio

Haciendo uso del software ArcView 3.2 se delimitaron los focos de calor correspondientes a la provincia de Tucumán.

Dado que la base de los registros excedía los límites provinciales, se procedió a eliminar los excedentes del siguiente modo.

Se creó una vista donde se superpuso un tema de puntos, el referido a los registros de focos de calor, y uno de polígonos, el referido al límite provincial.

La situación inicial se representa a continuación:

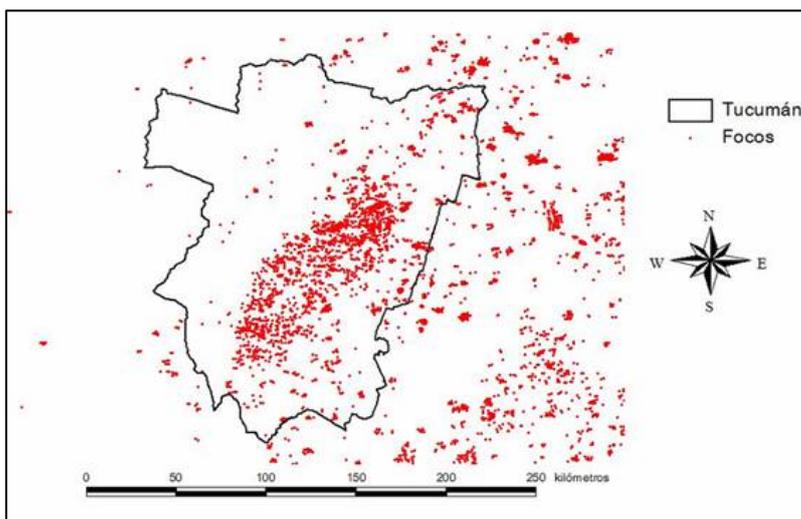


Imagen N° 23. Vista de registros de focos que exceden los límites de Tucumán

A continuación, se editó el tema de puntos, eliminándose aquellos que quedaban por fuera de la provincia.

Para estas tareas las herramientas utilizadas fueron:

Tabla N° 13. Herramientas de edición de focos de calor

	Puntero para seleccionar elementos a eliminar
	Zoom amplificador
	Zoom reductor
	Herramienta de desplazamiento

El producto final de la selección fue el siguiente:

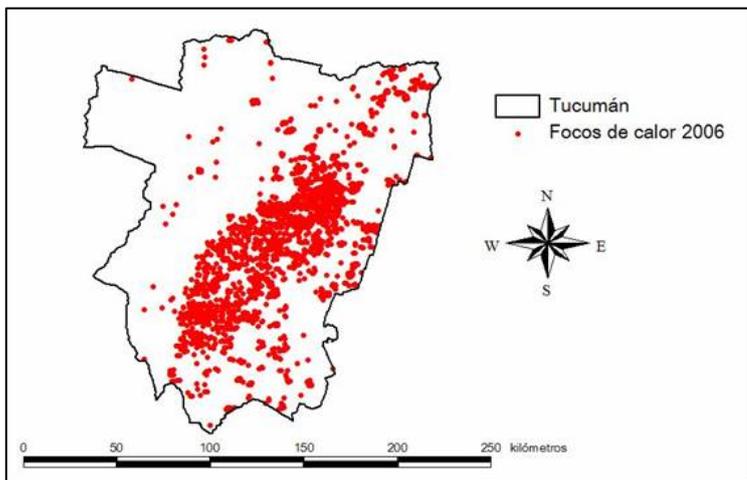


Imagen N° 24. Vista de los registros de focos exclusivos de la provincia de Tucumán

Al analizar los valores tabulares asociados al archivo de forma, se concluye que, en la provincia de Tucumán, en el año 2.006, se registraron 2.194 focos de calor.

5.4 Interpretación visual de la provincia de Tucumán.

La interpretación visual fue elaborada partiendo de un conocimiento previo del terreno.

Dicha interpretación fue realizada en entorno digital, haciendo uso del software Arc View 3.2, el cual permite superponer a las imágenes en formato digital utilizadas, capas de información vectorial que se van elaborando.

La metodología presenta ventajas sobre el uso de transparentes superpuestos a imágenes impresas, dado que en un mismo procesador pueden incluirse gran cantidad de imágenes, de fácil manipulación, con la posibilidad de realizar en pantalla una variada gama de actividades, teniendo opción inclusive de manipular las imágenes con el objeto de mejorarlas visualmente, analizarlas a distintas escalas, etc. (Zerda, 2004).

5.4.1. Información de campo

La correcta interpretación visual del área de trabajo, requiere de una combinación de técnicas de teledetección y trabajo de campo, motivo por el cual, en instancia previa al trabajo de gabinete, se hizo reconocimiento en

terreno, lo cual consistió en documentar fotográficamente los sitios visitados, registrándose precisamente el posicionamiento geográfico de cada uno de los sitios, con ayuda de GPS (Sistema de Posicionamiento Global).

Es así como se compiló la siguiente información:

Circuito recorrido:

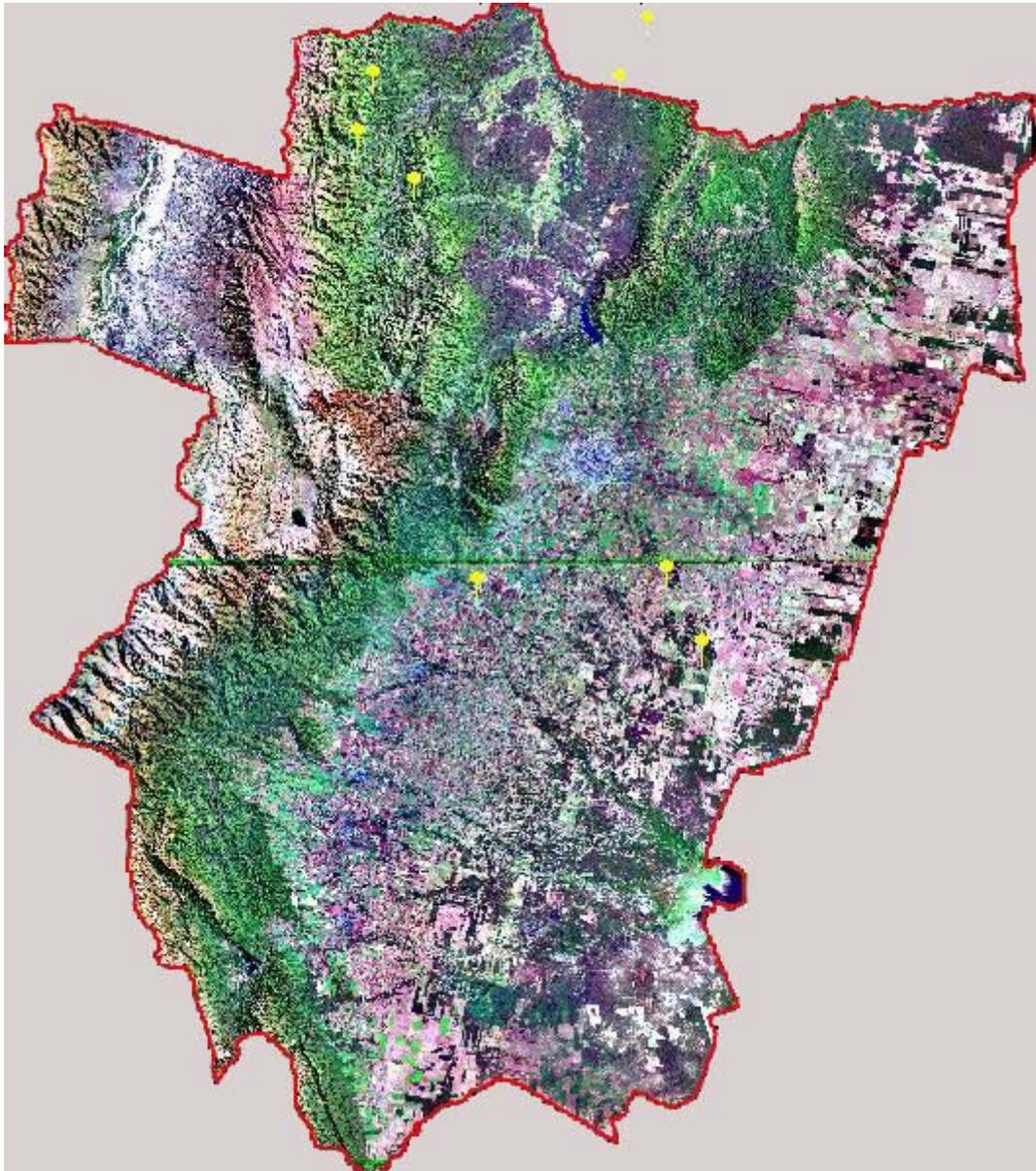


Imagen N° 25. Recorrido en terreno

Los puntos de control presentan las siguientes características:

<p>Punto 1</p> 	<p>Vista En Terreno</p> 
<p>Punto 2</p> 	<p>Vista en Terreno</p> 
<p>Punto 3</p> 	<p>Vista en Terreno</p> 

<p>Punto 4</p> 	<p>Vista en Terreno</p> 
<p>Punto 5</p> 	<p>Vista en Terreno</p> 

<p>Punto 6</p> 	<p>Vista en Terreno</p> 
	

Imagen N° 26. Reconocimiento a terreno del área de trabajo

Para la interpretación digital de la provincia de Tucumán, se definieron previamente las categorías que permitieron identificar las características mas destacadas del paisaje a los efectos del trabajo.

Respecto de las categorías utilizadas, fueron las siguientes:

01.- Centros Urbanos:

Son sitios poblados, en los cuales esta presente el típico trazado cuadrangular de los centros urbanos, con presencia de calles, que se manifiestan como líneas rectas, perpendiculares.

Son ejemplo de esta categoría:

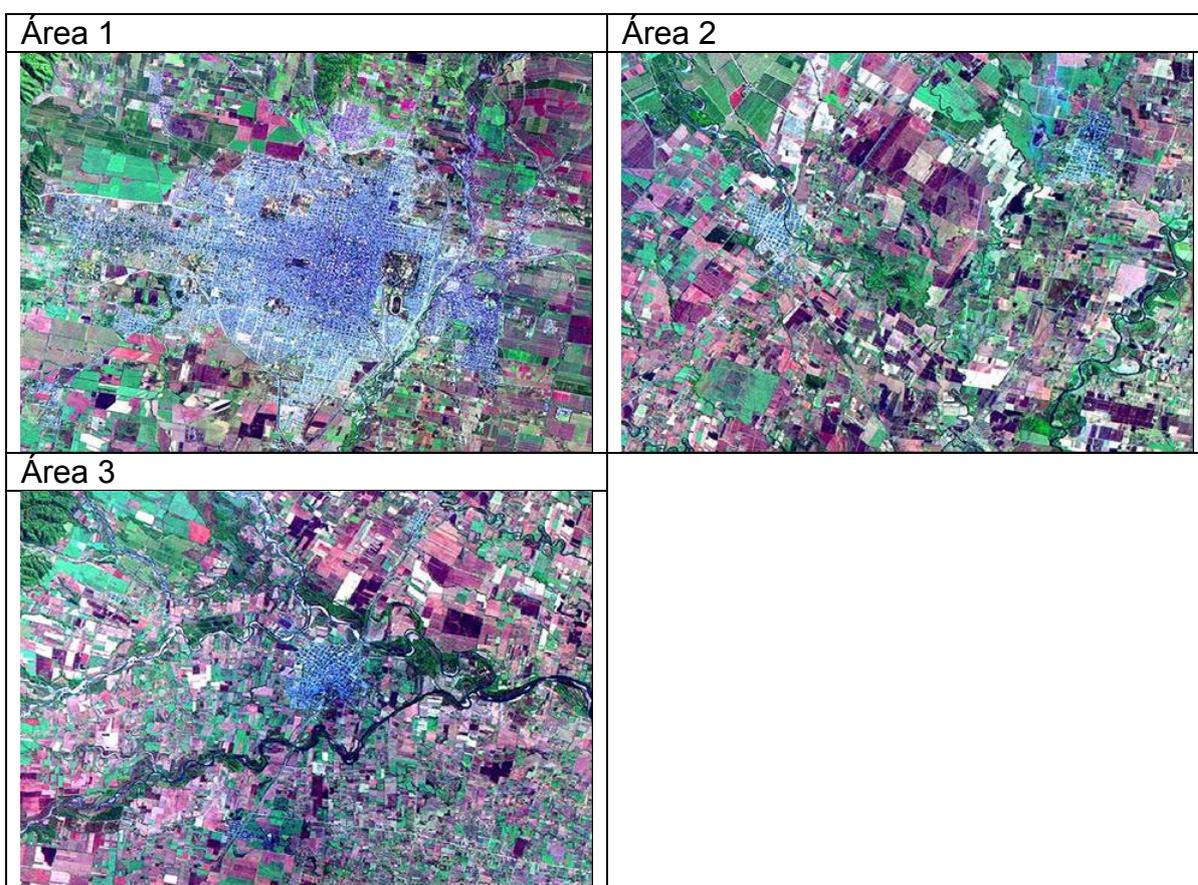


Imagen Nº 27. Caracterización de Centros Urbanizados

02.- Áreas con Actividad Agropecuaria:

La categoría esta caracterizada por presentar superficies fuertemente parceladas en figuras rectangulares de distinto tamaño, patrón que típicamente describe la actividad agropecuaria, dado los límites perimetrales presentes entre propiedades de diversos productores y los distintos cultivos que en cada parcela pueden presentarse.

Son ejemplo de esta categoría:

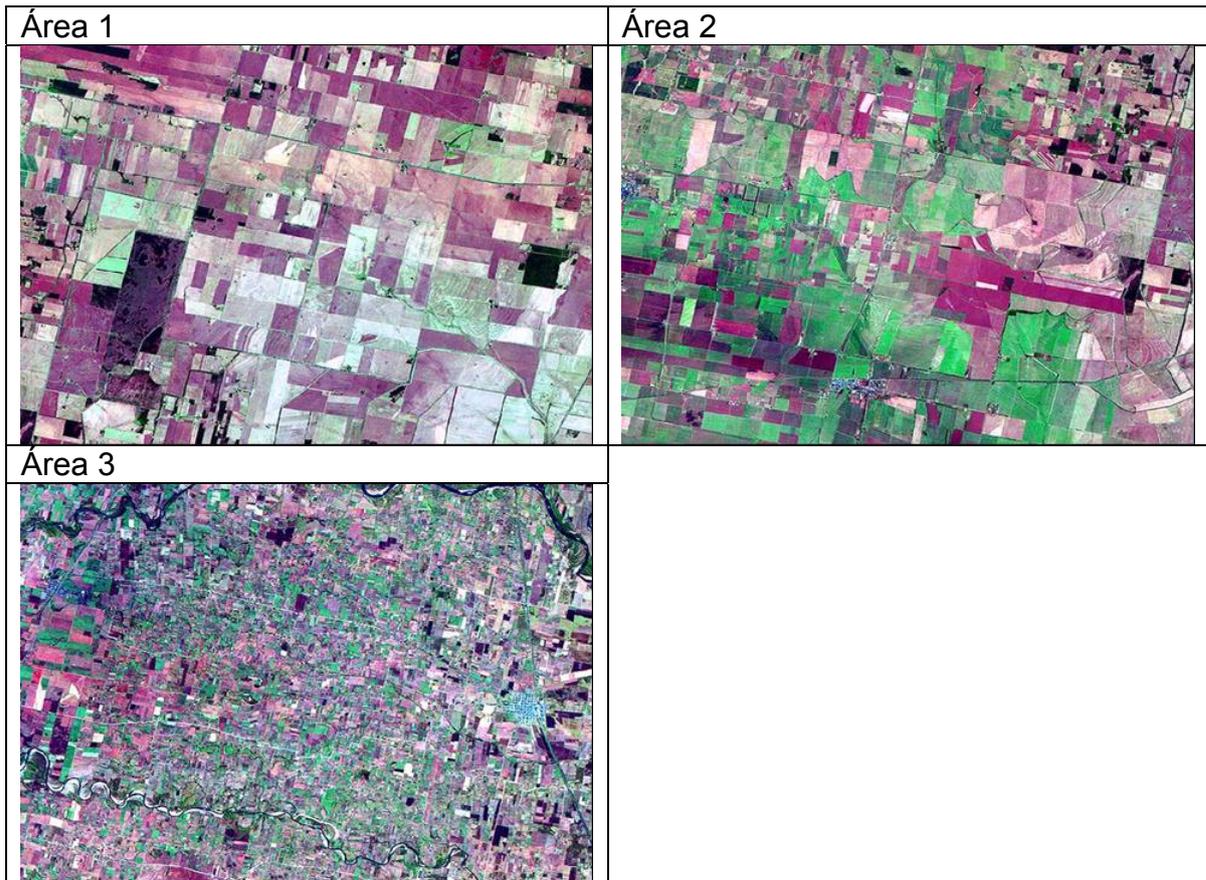
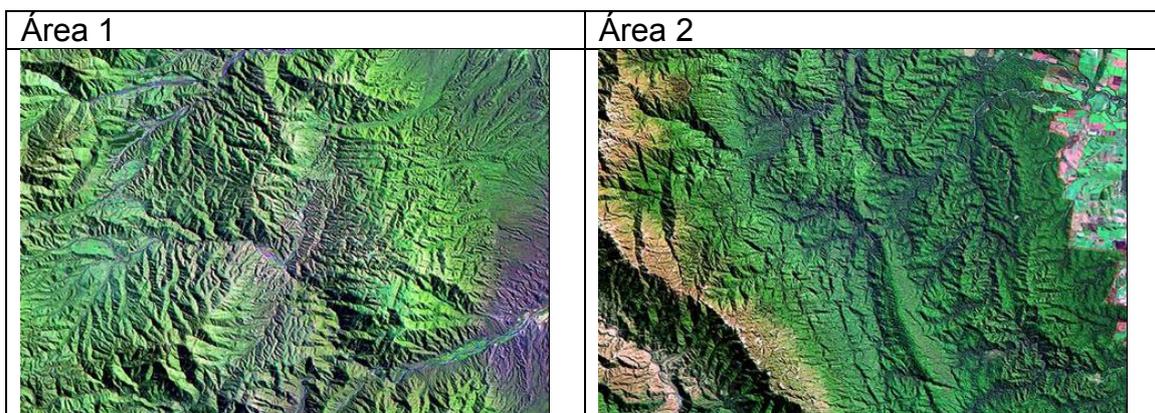


Imagen N° 28. Caracterización de Áreas con Actividad agropecuaria

03.- Bosque Montano

La categoría ha sido caracterizada por una cobertura boscosa de la zona montañosa, hacia el sector occidental del pedemonte.

Son ejemplo de esta categoría:



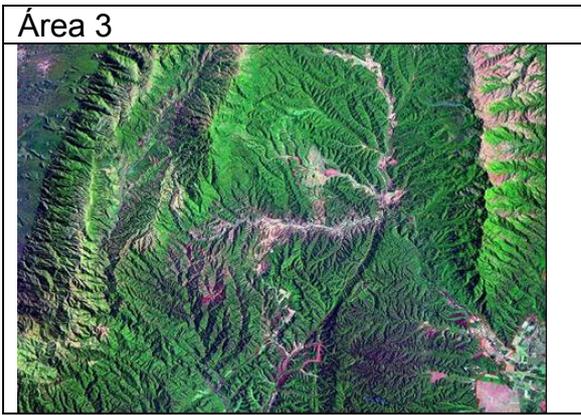


Imagen N° 29. Caracterización de Bosque Montano

04.- Bosque Residual

Son remanentes de bosque natural en un paisaje agropecuario.
Son ejemplo de esta categoría:

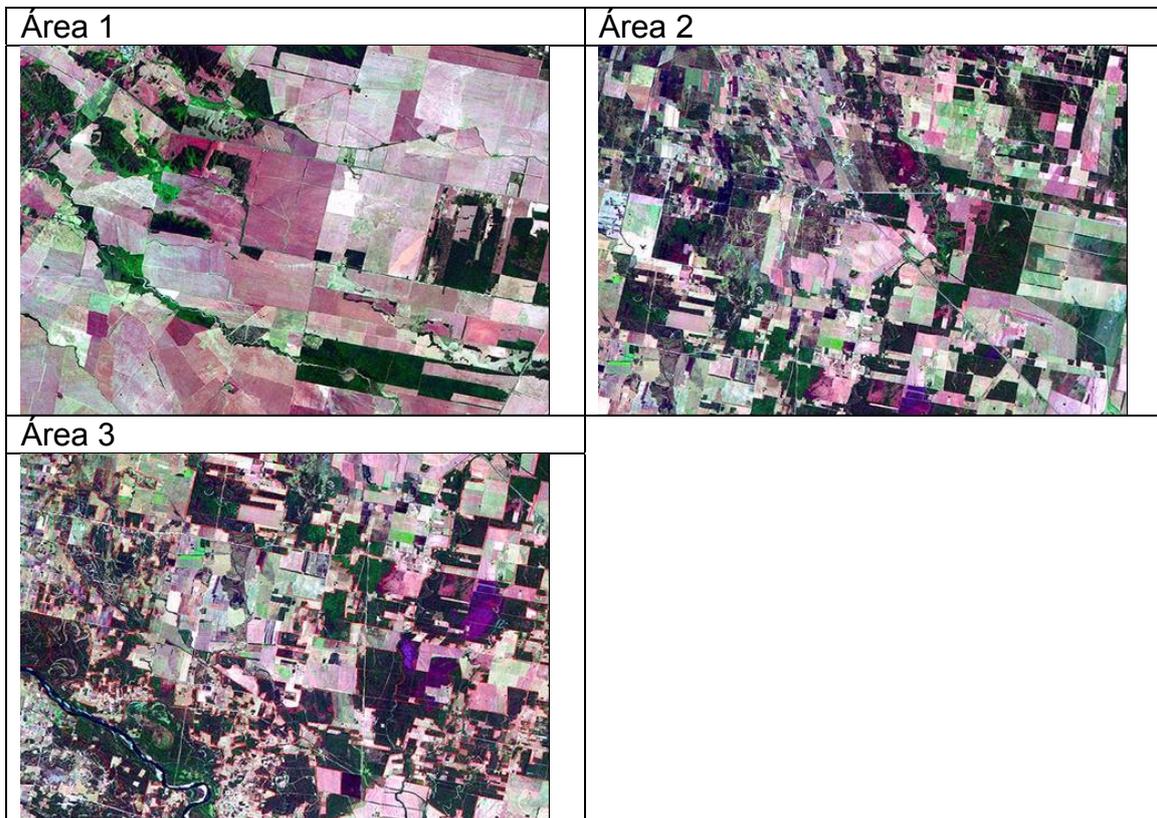


Imagen N° 30. Caracterización de Bosque Residual

05.- Cuerpos de Agua:

Incluye lagos, lagunas y embalses presentes en la provincia.

Son ejemplo de esta categoría:

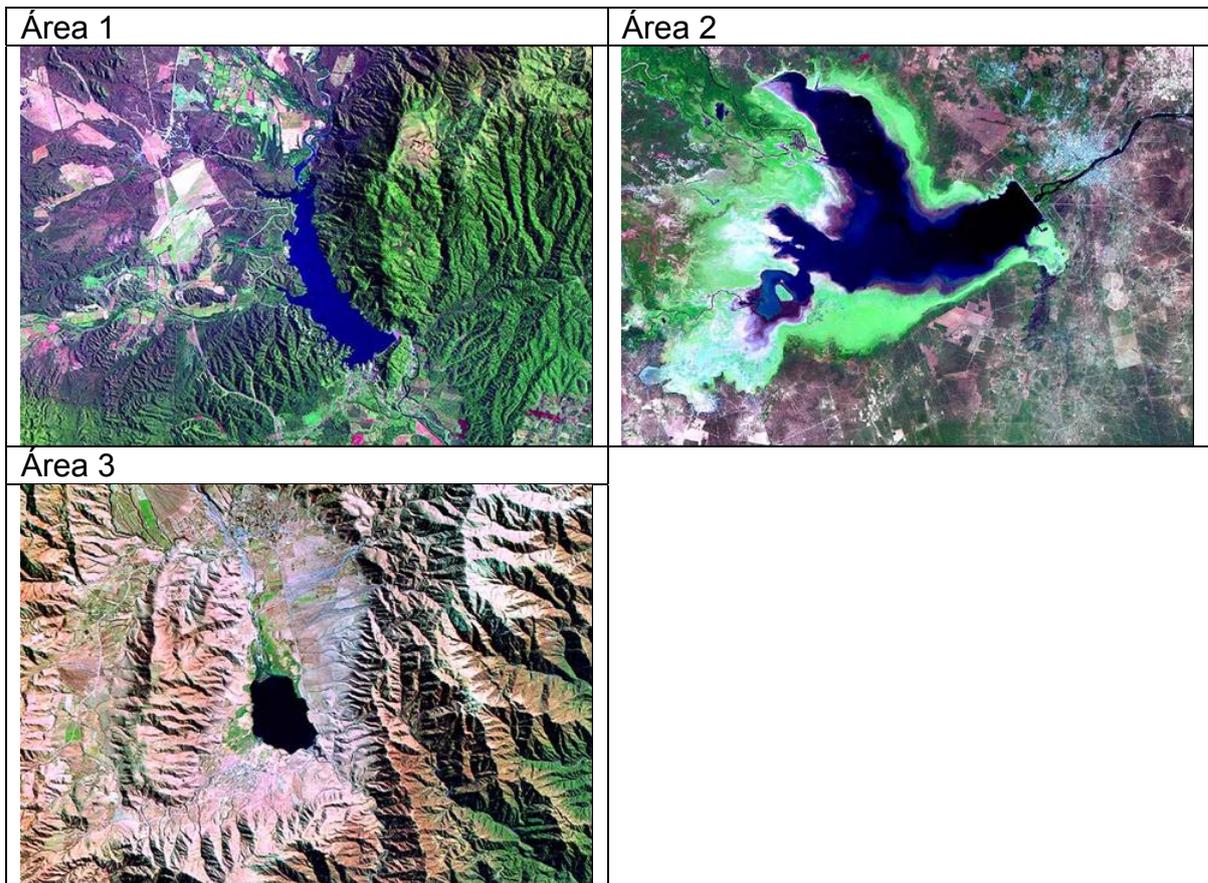
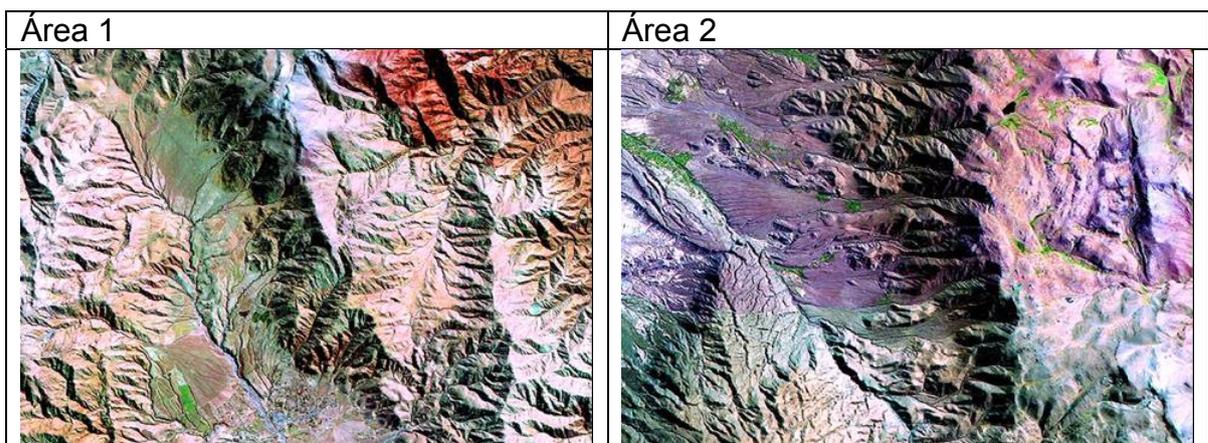


Imagen N° 31. Caracterización de Cuerpos de agua

06.- Zona de Montañas

Paisaje representado por montañas, con escasa y/o nula cobertura boscosa, presente en el sector Oeste de la provincia.

Son ejemplo de esta categoría:



Área 3



Imagen N° 32. Caracterización de Zona montana

07.- Zona anegable

Área 1



Área 2



Área 3



Imagen N° 33. Caracterización de Zona anegable

La escala con la cual se trabajo fue de 1:100.000.

Como se mencionó, el software utilizado fue Arc View 3.2, desarrollado por la empresa estadounidense ESRI. Presenta un estilo de documento principal, el *proyecto*, un archivo que reúne a todo los demás archivos con los que se ha desarrollado el trabajo.

El proyecto puede estar compuesto por varios tipos de documentos (mapas, tablas, gráficos, etc.) para los cuales existen diferentes “interfases de usuario”. Ellas son:

Vistas: área de trabajo con información cartográfica (parcelas, ríos, lagos, curvas de nivel, caminos, etc.).

Temas: dentro de una vista pueden existir distintas “capas” de información geográfica (ríos, lagos, curvas de nivel, parcelas, caminos, etc.). Cada tema es una capa de información.

Tablas: es el espacio en el que se realiza la gestión de los atributos temáticos asociados a los temas (cartografía) o aquellas tablas externas que se añaden al proyecto.

Gráficos: área de trabajo con gráficos realizados a partir de los atributos contenidos en las tablas de datos.

Layouts: área para el armado de composiciones de mapa (salidas gráficas de las vistas).

Scripts: área de creación de macros y de programación en lenguaje Avenue, propio de ArcView.

Este software posee una interfase diferente para cada tipo de documento.

Los archivos de polígonos que se fueron creando en la medida que se fue avanzando en la digitalización, son de formato shape (archivos de forma), y tienen la virtud de almacenar localizaciones y atributos a los elementos espaciales.

Cuando se trabaja con un archivo de forma, si bien se crea un solo documento, el mismo, a su vez, esta constituido por al menos otros 3 con igual nombre, pero distinta extensión.

Así es como si se crea un archivo de nombre *dptostuc.shp*, el mismo estará formado por otros 3:
dptostuc.dbf (tabla de atributos)
dptostuc.shp (datos espaciales - geometría)
dptostuc.shx (índice de los datos espaciales)

A partir de las herramientas del software se procesó digitalmente el área de trabajo.

Las más empleadas fueron:

Tabla N° 14. Herramienta de edición Arc View

	Permite añadir temas que van a formar parte de la vista
	El puntero permite que los temas incorporados a la vista sean o no visibles y/o activos.
	Lleva el zoom a la extensión total (de todas las vistas incorporadas)
	Lleva el zoom al/los tema/s seleccionado/s.
	Lleva el zoom a los elementos seleccionados del tema o temas activados.
	Permite ampliar y reducir el zoom desde el centro de la vista.
	Permite volver al zoom anterior, a la extensión espacial anterior en la pantalla.
	Permite ampliar y reducir el zoom a una determinada área de la vista tomando como centro una determinada posición.
	Permite cambiar el encuadre de la vista arrastrando el campo de visualización en todas las direcciones mediante el ratón
	Para obtener información acerca de cada uno de los elementos del mapa presente, clickeando sobre el
	Si se abre la tabla de atributos, se puede obtener los atributos de elementos seleccionados con esta herramienta, en el tema que está activo; así, al seleccionar los elementos sobre la vista, éstos quedan resaltados amarillo en la tabla, y permanecen así hasta que se anula la selección o se realiza otra nueva. Igualmente, los elementos seleccionados se resaltan en la tabla de atributos.

Respecto de las otras herramientas usadas, se mencionan:



Imagen N° 34. Herramientas edición Arc View

Cuya barra al desplegarse nos permite acceder a diversas herramientas, dentro de las cuales se emplearon:

Tabla N° 15. Herramientas de edición Arc View

	Permite cortar polígonos
	Añade un polígono irregulares
	Añade un punto
	Añade un polígono adyacente

Se utilizó el auxilio de otras, tales como los radios de tolerancia, que nos permite evitar intersecciones imperfectas por exceso o por defecto, como las presentes a continuación:

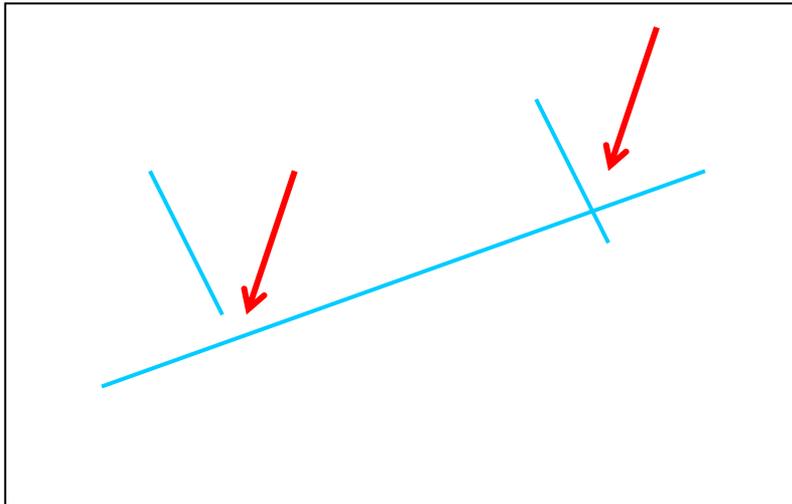


Imagen N° 35. Intersecciones imperfectas.

Para utilizarla se deben seguir los siguientes pasos:

Tabla N° 16. Habilitación de radios de tolerancia

1.- Habilitación herramienta	2.- Determinación radios de tolerancia

3.- Acceso a herramienta a partir iconos	4.- Acceso a herramienta a partir menú herramientas
	<ul style="list-style-type: none"> Suprimir último punto Deshacer edición de elementos Rehacer edición de elementos Habilitar salto general Inhabilitar salto interactivo Ocultar cursor de tolerancia de salto Saltar a vértice Saltar a línea Saltar a intersección Borrar selección Ampliar con zoom Reducir con zoom Llevar con zoom a lo seleccionado Panorámica Propiedades de la forma

Con el salto general activado, automáticamente se buscarán intersecciones en función al radio de tolerancia propuesto, mientras que si el salto interactivo es el funcional, acorde al radio de tolerancia propuesto, se podrá optar por el salto a un vértice, línea o a una intersección.

Para poder trabajar con la escala escogida, fue indicado en el apartado destinado a tal fin la opción 1:100.000



Imagen N° 36. Determinación escala de trabajo

Para mejorar los contornos de los polígonos creados, se empleó el editor de vértices, herramienta con el siguiente icono identificador:  la cual permite trabajar vértice, cambiando su posición, eliminándolos, y/o agregando nuevos.

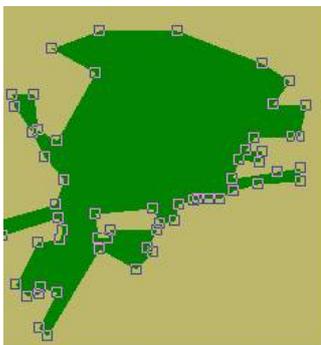


Imagen N° 37. Vista de los vértices de los polígonos

Otra herramienta utilizada, ha sido la escala de medidas, que permite medir distancias



, para lo cual primero debió establecerse las unidades de medida con las que se trabajaría, que en este caso ha sido en metros.

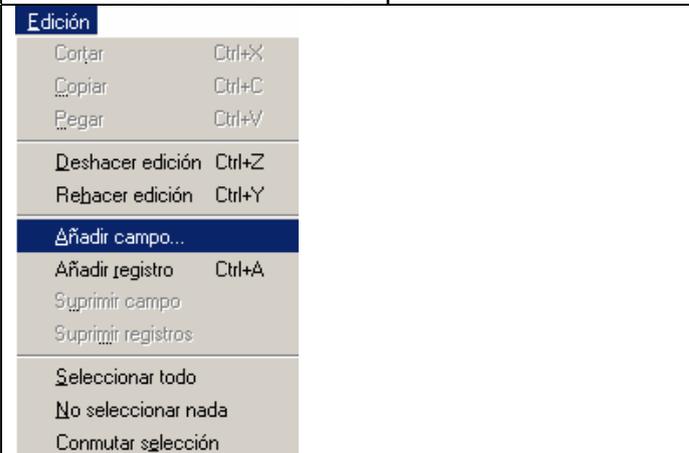
Para su uso solo se necesitó pulsar el cursor en el punto de origen y desplazarlo hasta el destino, dando doble clic al finalizar lo que se deseaba medir. En ese caso, debe consultarse la parte inferior izquierda de la ventana de visualización, donde aparece el cálculo de la distancia.

Se ha trabajado con la tabla de atributos, que es la que describe para cada elemento del tema (registro o fila) sus elementos temáticos (campo o columna).

Se accedió a las mismas a través del botón  con lo que se despliega la tabla del tema que se tiene activado en ese momento.

Debido a que plantearon diversas alternativas de análisis, fue necesario incorporar nuevos campos a las tablas preexistentes. Para ello se siguió el siguiente procedimiento una vez iniciada la edición:

Tabla N° 17. Pasos para adición de campos en tablas haciendo uso de Arc View

1.- Se añadió un nuevo campo	2.- Se especificó sus características
	

3.- Al momento de definir el tipo de datos que se ha de introducir, las alternativas son las siguientes:



El tipo empleado en este caso ha sido Número, que es un tipo de valor en Avenue. Como todos los otros objetos en Arc View, los números son manipulados, enviándoseles solicitudes. Por ejemplo, $3 + 5$, es interpretado como que el objeto 3 se le es enviado la solicitud de adición "Mas" con el parámetro 5. El objeto 8 es producido como resultado de la evaluación de la solicitud.

La cadena en cambio, es una secuencia de caracteres de longitud fija.

La clase cadena provee una amplia variedad de solicitudes para comparar convertir, manipular, dar formato y examinar aquellas solicitudes.

Por otro lado, en Avenue, el concepto de "verdadero" y "falso", son representados por objetos. Ambas son instancias de clases booleanas. Las palabras claves "verdadero" y "falso" proveen acceso a aquellos objetivos.

Respecto de la Fecha, sus objetos incluyen fechas e información de tiempo: año, mes, día, hora, minutos y segundos.

Una vez dentro de la tabla, para introducir datos, en algunos casos se procedió manualmente, iniciándose la edición de la tabla como primera acción, y accionando luego la herramienta editar: , clickeando como segundo pasó la celda donde se deseo introducir el dato, y posteriormente introduciéndolo.

Estando en la tabla, se ha calculado la superficie de cada uno de los polígonos creados, haciendo uso de la herramienta de cálculo, , con la cual se puede calcular los atributos de líneas y polígonos.

La misma habilita la siguiente ventana:



Imagen N° 38. Vista del calculador de valores de campos

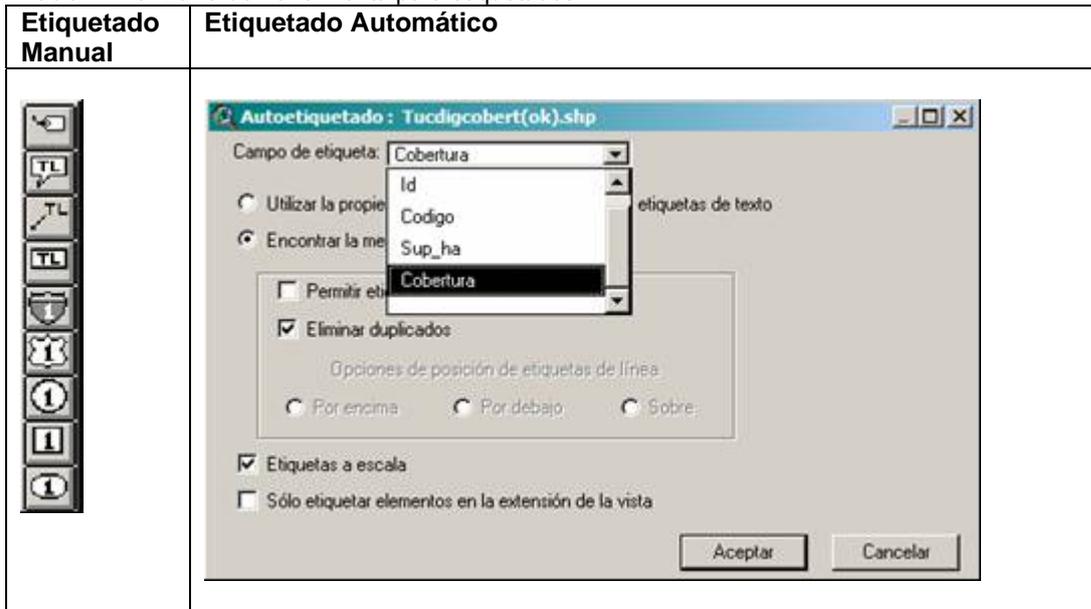
y luego ejecutando el siguiente comando:

[Shape].ReturnArea

Para mejor orientación durante la digitalización se aplicó algunos etiquetados manuales, a partir de la herramienta para este fin.

Se etiquetó también automáticamente, para lo cual se debió dar algunas indicaciones al sistema respecto de lo que se deseaba rotular, una vez ingresado al menú correspondiente:

Tabla N° 18. Barra de herramienta para etiquetados



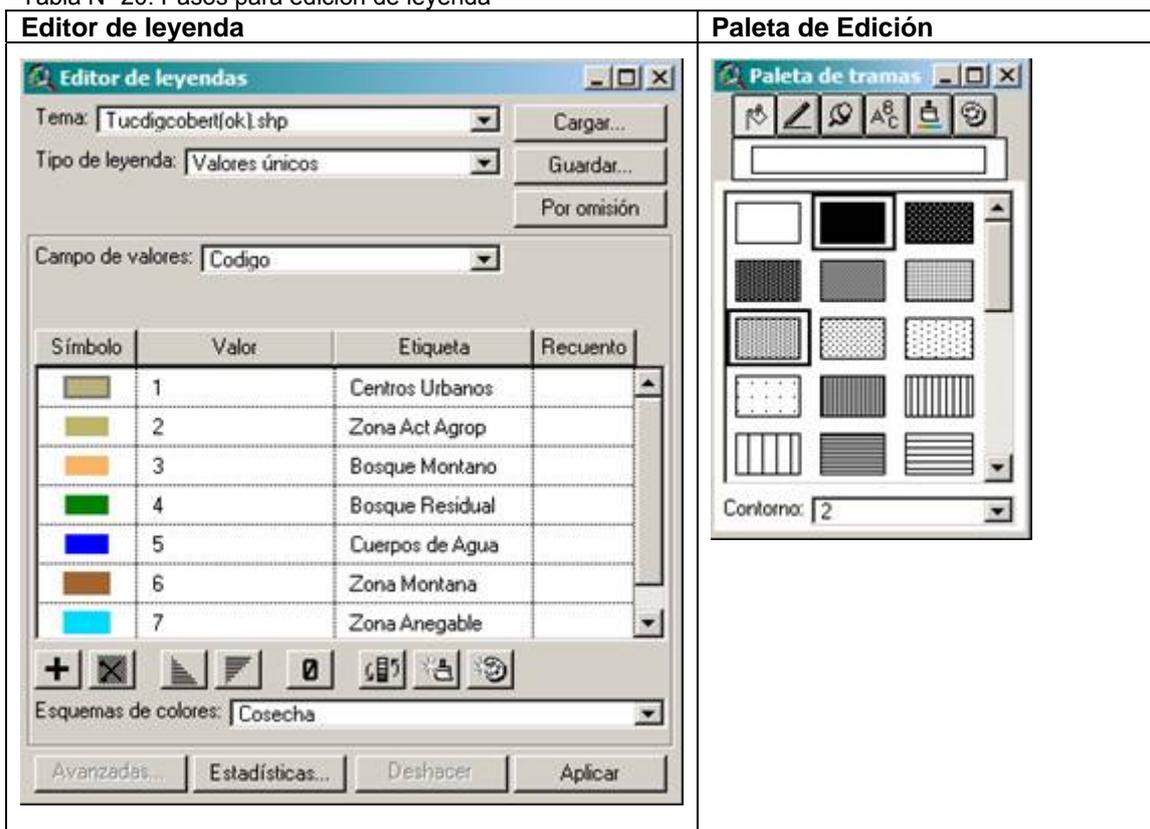
Para la manipulación de los registros tabulares se utilizaron herramientas de auxilio del programa, como ser:

Tabla N° 19. Herramientas para la manipulación de registros tabulares en Arc view

	Ordenan ascendente o descendientemente los valores del campo seleccionado
	Permite seleccionar todos los elementos de la tabla.
	Deselecciona todos los elementos previamente seleccionados.
	Con el operador de consultas es posible definir de forma precisa lo que se desea seleccionar, incluyendo varios atributos, operadores y cálculos. La consultas son realizadas mediante operadores lógicos (“mayor que”, “menor que”, “distinto a”, etc.)

Una vez terminada la discriminación de las áreas previstas, se procedió a simbolizar los elementos. Para ello se debió hacer doble clic sobre el tema accediendo así al editor de leyenda. Marcando (clickeando) luego cada uno de los elementos de la columna de Símbolos, se accedió a una paleta que permitió editar cada tema poligonal. De este modo se pudo seleccionar tramas, grosor de líneas, rellenos, etc.

Tabla N° 20. Pasos para edición de leyenda



Una vez definidas las características de identificación, se procedió a guardar esta configuración como archivo .avl (leyenda) de manera tal que al cargarlo, aparezcan las características de leyenda antes escogidas.

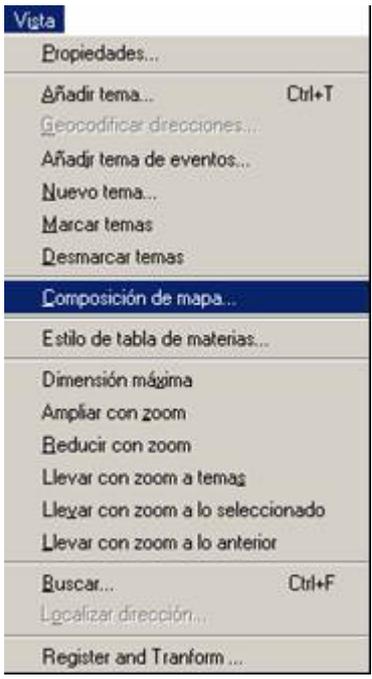
Con el producto final de la digitalización se hizo una composición de mapa, es decir, se combinó en una misma salida todos los productos elaborados.

Para ello, estando con la vista recientemente diseñada abierta, en el menú Vista→Composición de Mapas

A partir de ese momento se propusieron alternativas de visualización de la salida, como ser, el gestor de planillas, que da alternativas de tamaño de hojas.

Para evitar que se mantengan dinámicamente vinculados el documento con la representación en el marco de vista, se trabajó sin enlace activo, de modo tal que los cambios producidos sobre el documento no afectasen la representación.

Tabla N° 21. Pasos para la composición de mapas

Menú de acceso a composición de mapas	Edición Composición Mapas. Gestor de Plantilla
	

A este layout se le adicionaron algunos elementos además del mapa, tales como leyenda, barra de escala, texto y flecha del Norte.

De esta manera es como se elaboró el producto que se presenta a continuación:

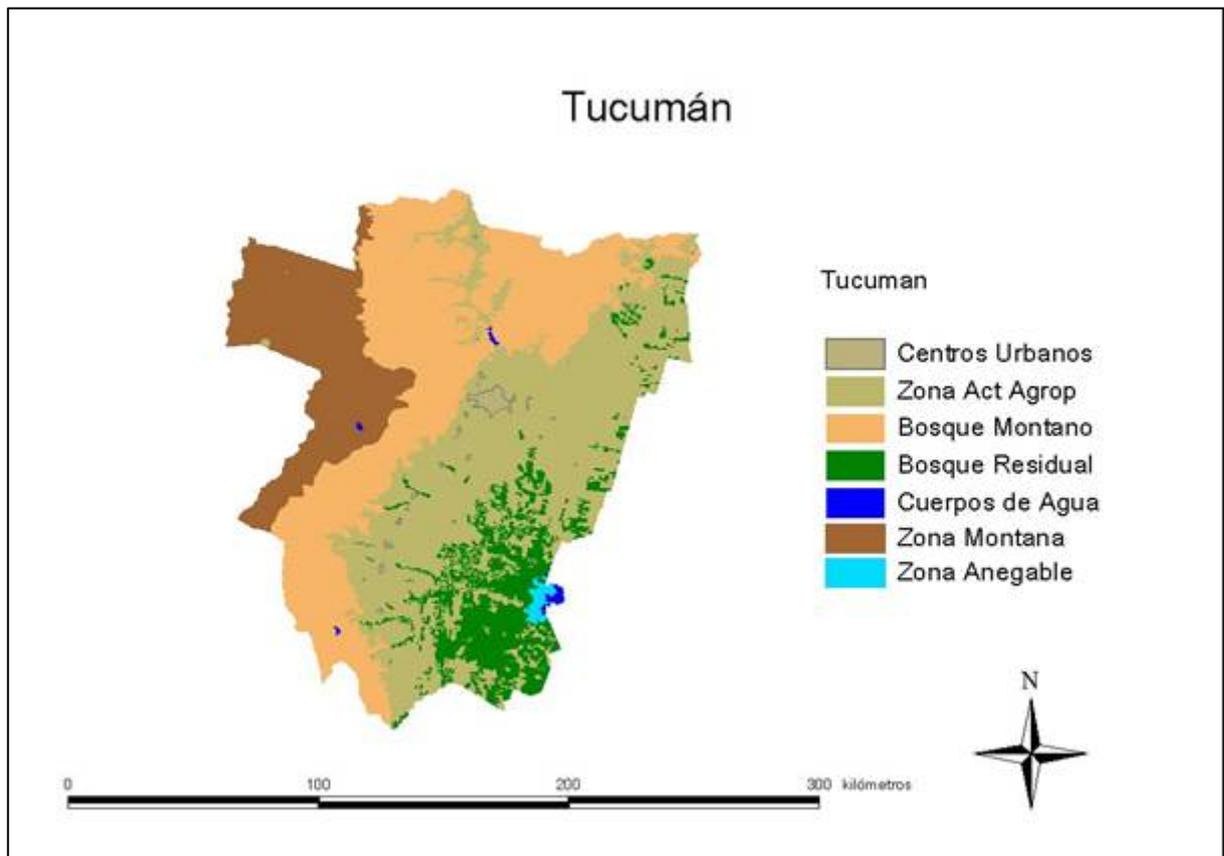


Imagen N° 39. Producto final de interpretación visual digital

5.5 Datos altitudinales de los focos de calor ocurridos en 2.006 en de Tucumán

Con los datos SRTM, se realizó una serie de análisis a partir de su procesamiento.

Inicialmente, para tomar de ese conjunto, los datos referidos solamente a la provincia de Tucumán, se utilizó herramientas de ERDAS 8.4.

Los pasos han sido los siguientes:

Se cargó el archivo raster referido a los datos altitudinales, que engloba la provincia de Tucumán y un entorno que no es de interés a efectos del trabajo.

Se cargó también el archivo AOI (Area of Interest), que delimita perfectamente la provincia de Tucumán.

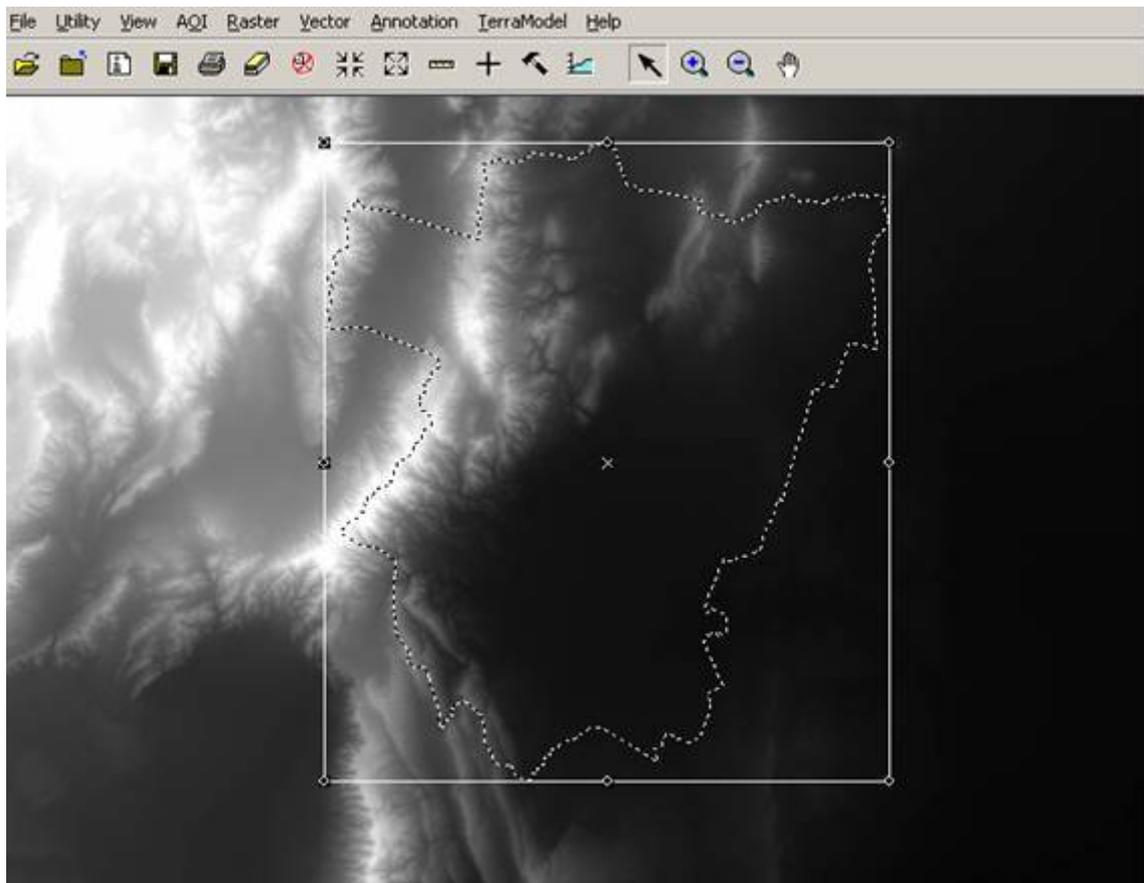


Imagen N° 40. Ubicación el AOI (área de interés) referida a Tucumán

A continuación se habilitaron secuencialmente las herramientas “Interpreter”→”Utilities”→”Subset” del menú principal de Erdas Imagine 8.4. Finalmente se activó una ventana que solicita sea ingresado el archivo raster con los datos altitudinales (Input File). A su vez se requirió el nombre de salida del nuevo archivo generado (Output File), que en este caso fue la provincia de Tucumán perfectamente delimitada. Luego fue necesario seleccionar el botón AOI ubicado en la parte inferior de la ventana, y escoger el archivo de extensión “.aoi” correspondiente al área de interés (la provincia de Tucumán). Posteriormente se ajustó el AOI a una caja (From Inquire Box) que engloba justamente en una caja el área ajustada que incluye la provincia de Tucumán. Se hizo correr la herramienta y una vez finalizada se obtuvo en nuevo archivo raster de datos altitudinales.

En el **Anexo N° 20** se detallan los pasos desarrollados para ejecutar los comandos del proceso antes explicado

De esta manera, con una superposición de temas, en Arc View, se pudo acceder a la distribución altitudinal de diversas áreas dentro de la provincia, como ser los departamentos y las diversas áreas digitalizadas.

Distribución altitudinal de la provincia de Tucumán

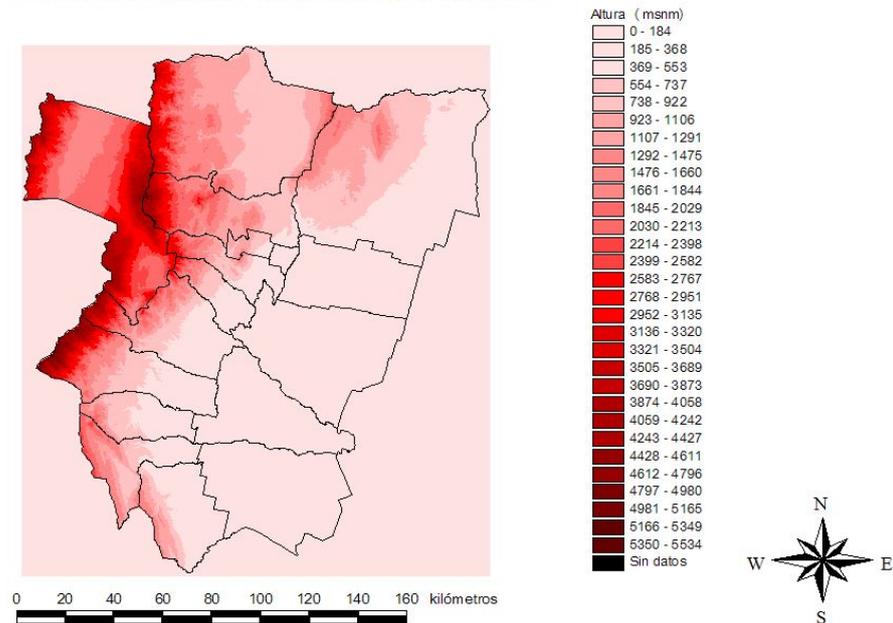


Imagen N° 41. Distribución altitudinal de la provincia de Tucumán

5.6 Los focos de calor y la altura

Haciendo uso del archivo raster de datos altitudinales, pudo determinarse el valor de altura de cada uno de los registros de focos de calor.

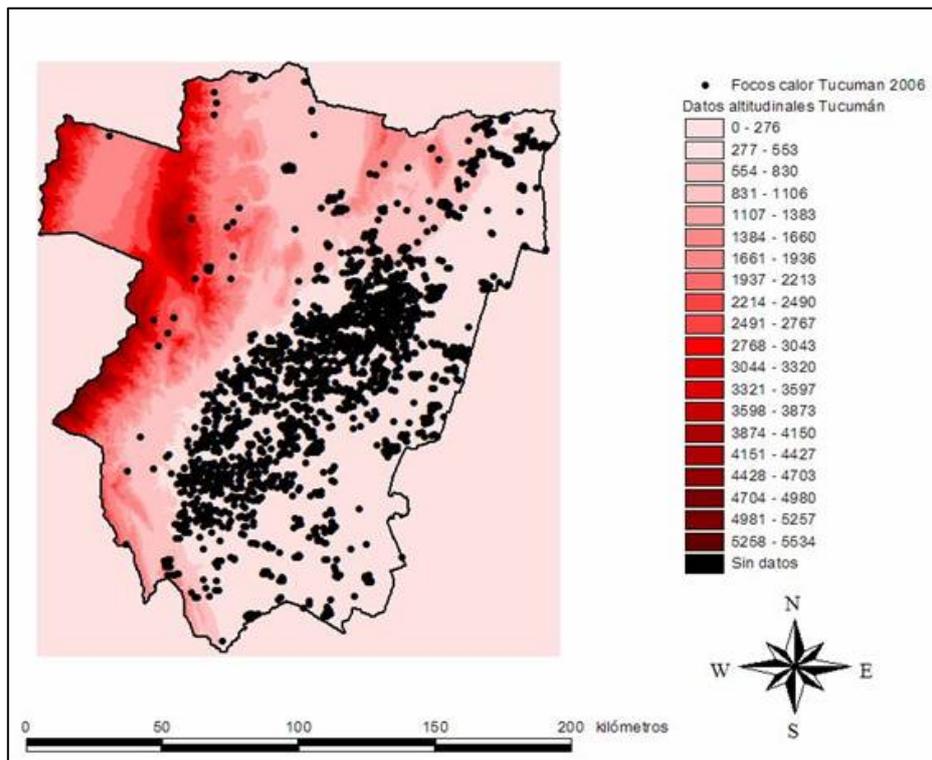


Imagen N° 42. Focos de calor – Valores altitudinales de la provincia de Tucumán

Para ello se procedió del siguiente modo: en una vista de Arc View, se cargó el archivo de formato “Grid” altitudinal y el archivo de formas de los registros de focos de calor.

Paso siguiente se habilitó la extensión “Grid Pig”, con la cual se pudo transferir la información altitudinal a cada una de la posición de los focos.

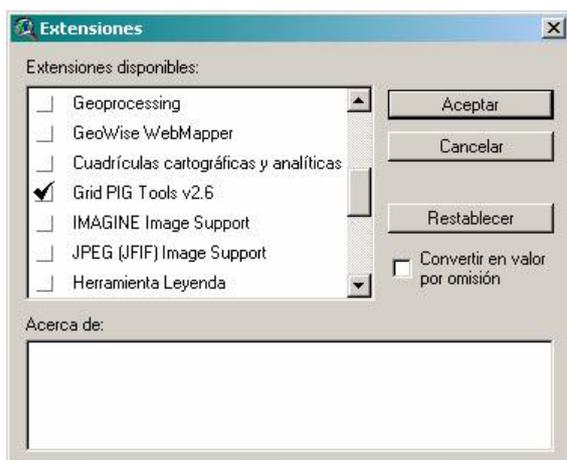
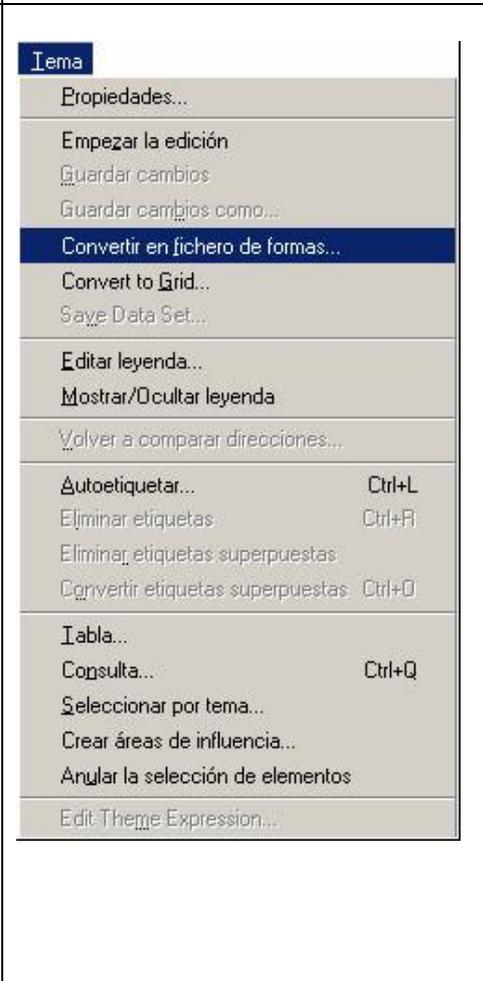


Imagen N° 43. Habilitación extensión Grid PIG

El valor altitudinal fue transferido del siguiente modo: Grid PIG Tools → Grid Value to a Point. Una vez ejecutada esta acción, se generaron nuevos campos de información en la tabla del archivo de forma de

los focos de calor, donde se acopla la variable altitudinal. Para conservar estos cambios, fue necesario generar un nuevo archivo de forma y nominarlo

Tabla N° 22. Transferencia de valores altitudinales a focos de calor

Despliegue menú Grid Pig	Generación de nuevo archivo de forma
 <p>Grid PIG Tools</p> <ul style="list-style-type: none"> Smooth Color Ramp Image Brightness/Contrast -----Clipping Routines Clip Grid with Graphic Extract Grid from a Graphic Clip Grid with Polygon -----Grid Routines Grid Resample Grid Statistics Grid Truncate Set Grid value(s) to NULL Set NULL Grid pixels to a value Grid Shift Grid Rotate Grid Unsigned 2 Signed Grid Cut/Fill Volume -----Grid Mosaics Mosaic Grids Merge Grids -----Grid Conversion Convert Grid to Image Batch Raster to Vector Point -----Grid Info to Vector Grid Value to a Point Grid Values to a Line 	 <p>Thema</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiedades... Empezar la edición Guardar cambios Guardar cambios como... Convertir en fichero de formas... Convert to Grid... Save Data Set... Editar leyenda... Mostrar/Ocultar leyenda Volver a comparar direcciones... Autoetiquetar... Ctrl+L Eliminar etiquetas... Ctrl+R Eliminar etiquetas superpuestas Convertir etiquetas superpuestas... Ctrl+O Tabla... Copiar... Ctrl+Q Seleccionar por tema... Crear áreas de influencia... Anular la selección de elementos Edit Theme Expression...

5.7 Perfil altitudinal

A fin de disponer de una mejor visualización altitudinal de sectores de interés, se realizaron gráficos de perfiles de altura a partir del uso de la herramienta Profile Extractor 6.0 (PE), que al incorporarla, habilita el siguiente botón en la barra de herramientas: 

Para poder utilizarla se debió cargar previamente el archivo grid de datos altitudinales de la provincia.

Una vez hecho esto, accionando el comando anterior (PE) aparece la siguiente ventana, con la cual se establecen los parámetros a considerar en el trazado de perfil.

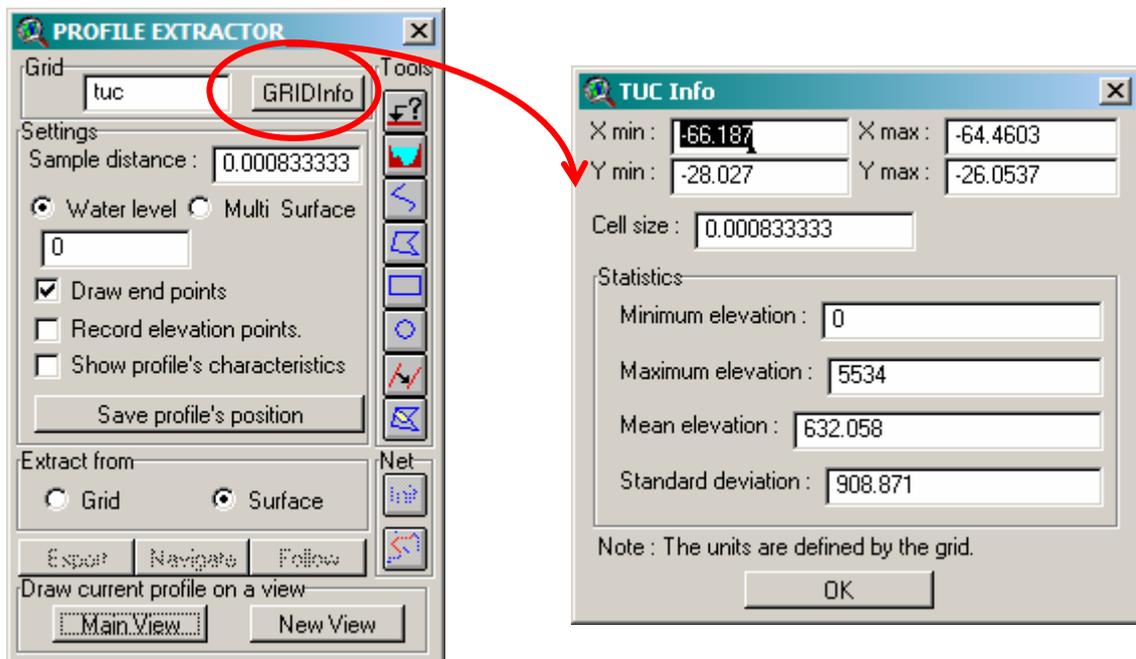


Imagen N° 44. Elaboración de perfiles altitudinales a partir de la herramienta Profile Extractor

Ejecutando el comando GRIDInfo, se obtiene información referida al archivo grid sobre el cual se trabaja, que en este caso es de datos altitudinales de Tucumán, el cual brinda un cuadro resumen con coordenadas límites de la caja que contiene el área de trabajo, los valores de elevación, etc.

En el paso siguiente se empleó la herramienta de dibujo  (de trazado de segmentos) que realiza luego el correspondiente perfil a través de la superficie de interés.

5.8 Modelos digitales de elevaciones

Para desarrollar los modelos tridimensionales de terreno se utilizó la herramienta Virtual GIS del software ERDAS 8.4.

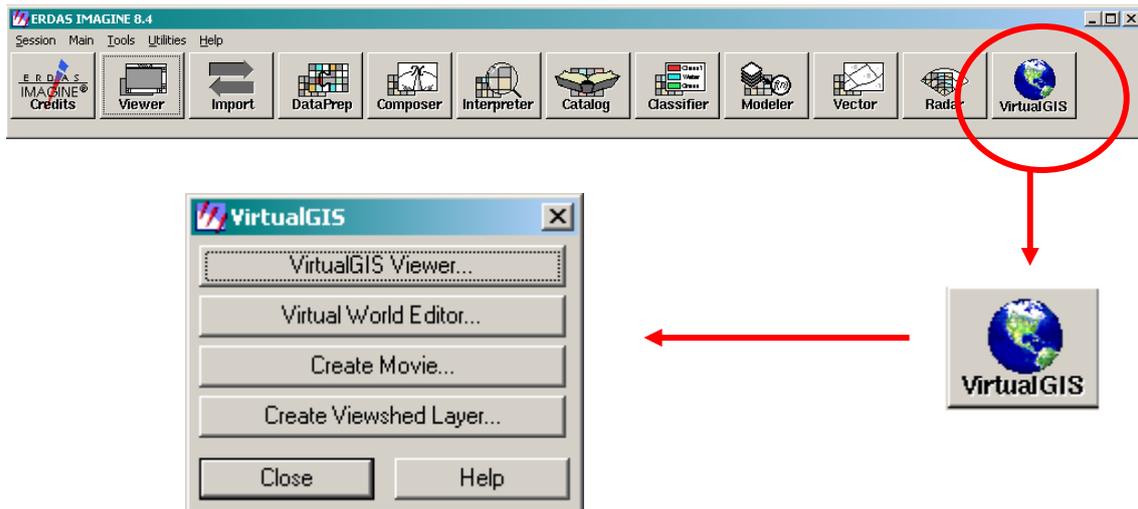


Imagen N° 45. Pasos en la elaboración de Modelos digitales de elevaciones con ERDAS 8.4

Abriendo un nuevo visor, se pudieron cargar los archivos a utilizar en el proceso, que en este caso es el archivo de formato tiff.

El software cuenta con algunas herramientas de edición que permitieron modificar la salida, a fin de que pueda ser cumplido más satisfactoriamente el objetivo planteado. Algunas de ellas (las utilizadas) son:

Tabla N° 23. Editor de modelos digitales de elevación

Propiedades de la escena	Editor de colores

5.9 Procesamiento de datos climáticos

Los datos climáticos del WORLDCLIM fueron procesados con ArcView. El conjunto fue trabajado como archivo de imagen, el cual se adicionó seleccionando el tipo de fuente de dato (imagen) y escogiendo las imágenes para cada uno de los meses del año.

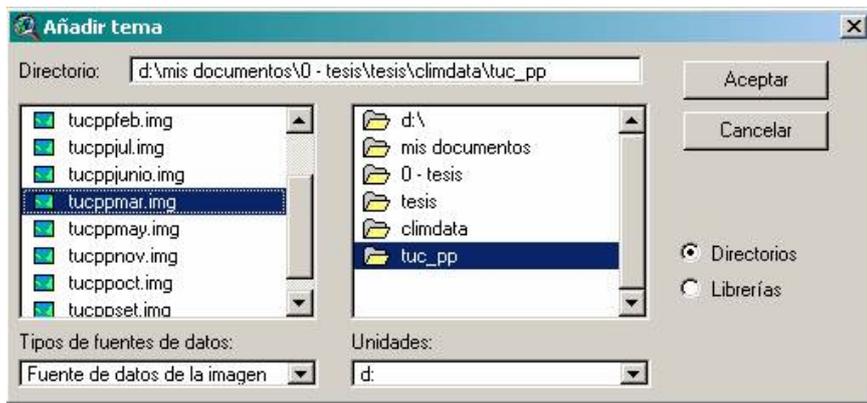


Imagen N° 46. Adición de tema de imagen

Para posteriormente ser transformado y guardado como archivo “Grid”, y de este modo poder acceder a los datos con ese formato.



Imagen N° 47. Conversión a formato Grid

Se cargó luego a una misma vista el archivo en formato “Grid”, los límites provinciales y departamentales, y las áreas digitalizadas, para poder entonces realizar análisis de diversas características en donde participe la información climática histórica (precipitación).

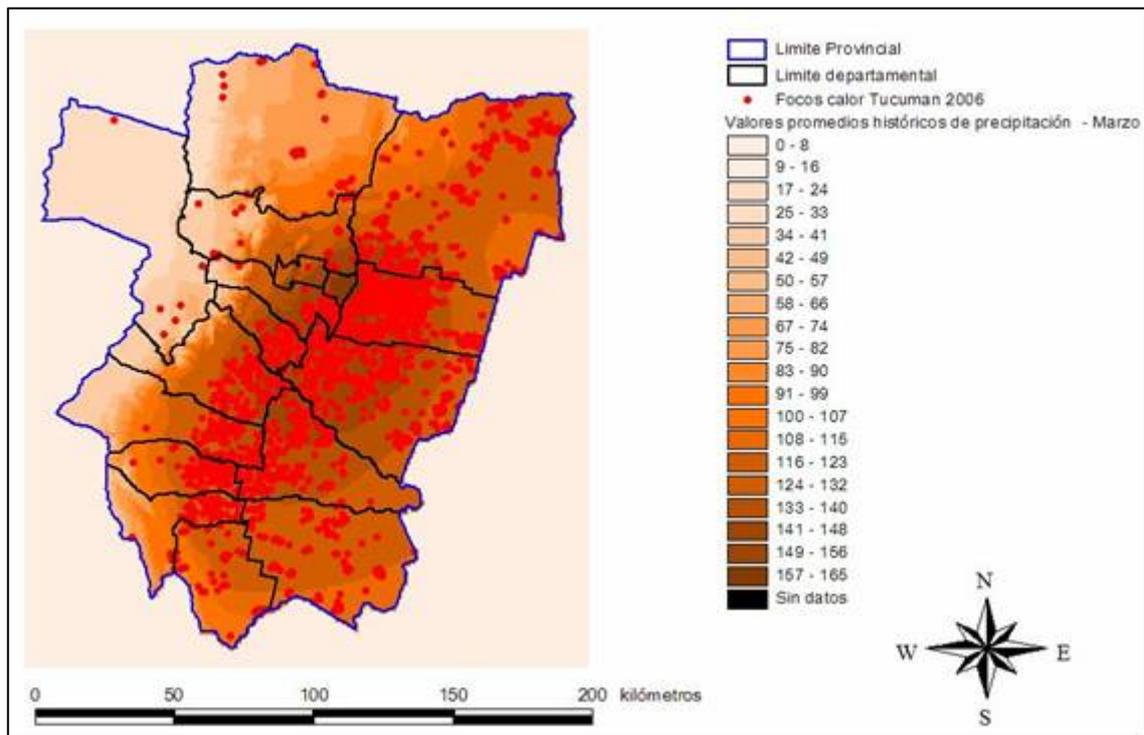


Imagen N° 48. Focos – Valores Promedios Históricos de precipitación.

5.10 Elaboración de elipses de análisis de distribución espacial

Respecto de la herramienta utilizada, pertenece a la extensión de Arcview “Animal Movement Analysis” y utiliza el método Jennrich-Turner, que determina áreas de probabilidad. El mismo es usado desde 1969 y básicamente son formas elípticas con eje “x” y eje “y” que derivan de las medias aritméticas de los datos latitudinales y altitudinales con los que se está trabajando. El producto que genera este método son áreas elípticas en las que se espera encontrar un cierto porcentaje de registros (MacAllister, 2.002).

El programa consulta que probabilidad de elipse se desea construir, teniendo opción de incluir el 95%, 90% y el 50% del total de los registros de focos.

Una vez tomadas las opciones del gráfico el programa emite en un cuadro las coordenadas X e Y del centroide, y el área de la elipse, la longitud del eje mayor, la longitud del eje menor y el ángulo del eje mayor en referencia al eje X.

A la herramienta Elipse Jennrich-Turner se accede desde el menú disponible al activar la extensión, del siguiente modo:

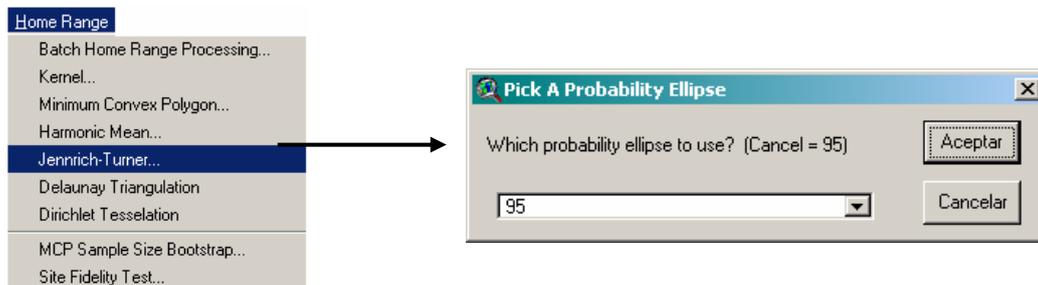
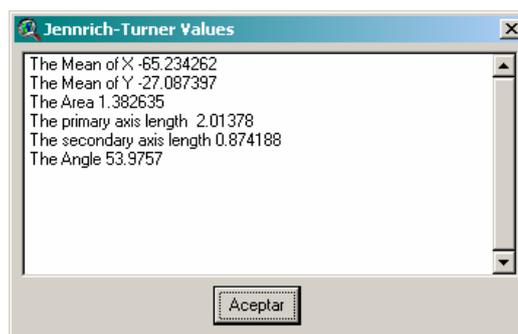


Imagen N° 49. Pasos para la confección de elipses, haciendo uso de Animal Movement

Paso siguiente se presentan las características de la elipse:

Coordenada X
 Coordenada Y
 Área
 Longitud del eje Mayor
 Longitud del eje Menor
 Ángulo



Luego, es presentada gráficamente la elipse propuesta. Sucede que al ser un gráfico la salida, para poder generar un registro, el mismo debió ser copiado, y pegado en un nuevo archivo de forma de polígonos.

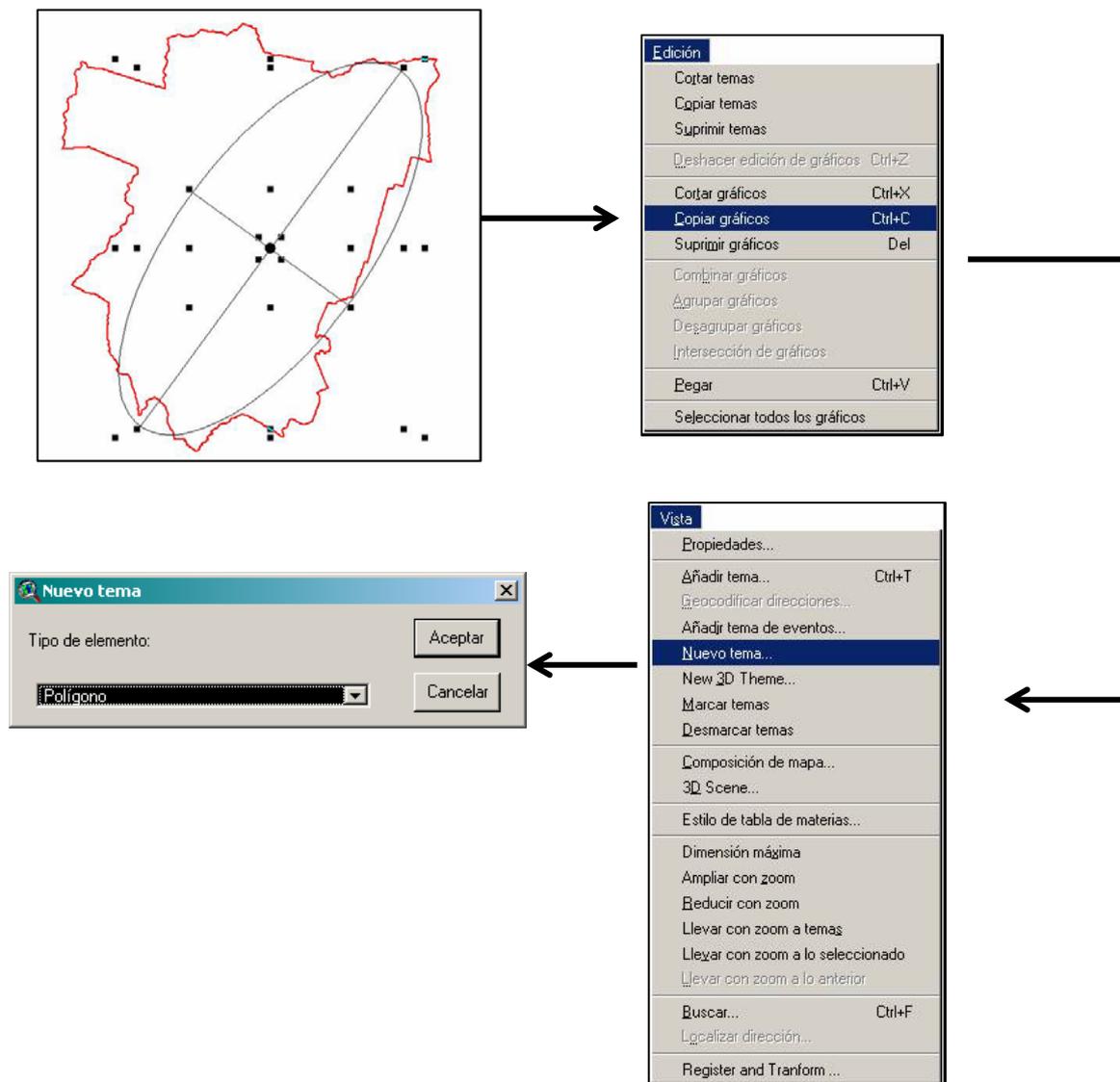


Imagen N° 50. Procedimiento para generar un archivo de formas a partir de un gráfico

Se le asignó un destino al nuevo tema de polígono y a continuación se procedió a pegar el dibujo, transformándose de ese modo en un objetivo del nuevo tema.

Posteriormente se repitió la metodología con todos los focos discriminados mensualmente.

5.12. Determinación de áreas de concentración de focos de calor registrados durante el 2.006 en la provincia de Tucumán

Haciendo uso de otra aplicación de la extensión “Animal Movement Analysis”, el método Kernel, que permite determinar áreas de concentración, no solo referenciadas espacialmente sino también temporalmente. A diferencia

del método Jennrich Turner, las figuras en este caso son irregulares (MacAllister, 2.002).

Se determinaron entonces áreas de probabilidades de concentración de diversos porcentajes de focos de calor.

Con la extensión habilitada y estando activo el tema correspondiente al archivo de forma de los focos de calor de la provincia de Tucumán, se accede a Home Range.

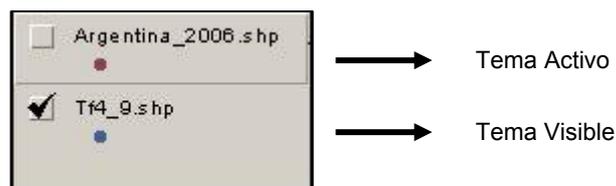


Imagen N° 51. Indicación tema activo y tema visible

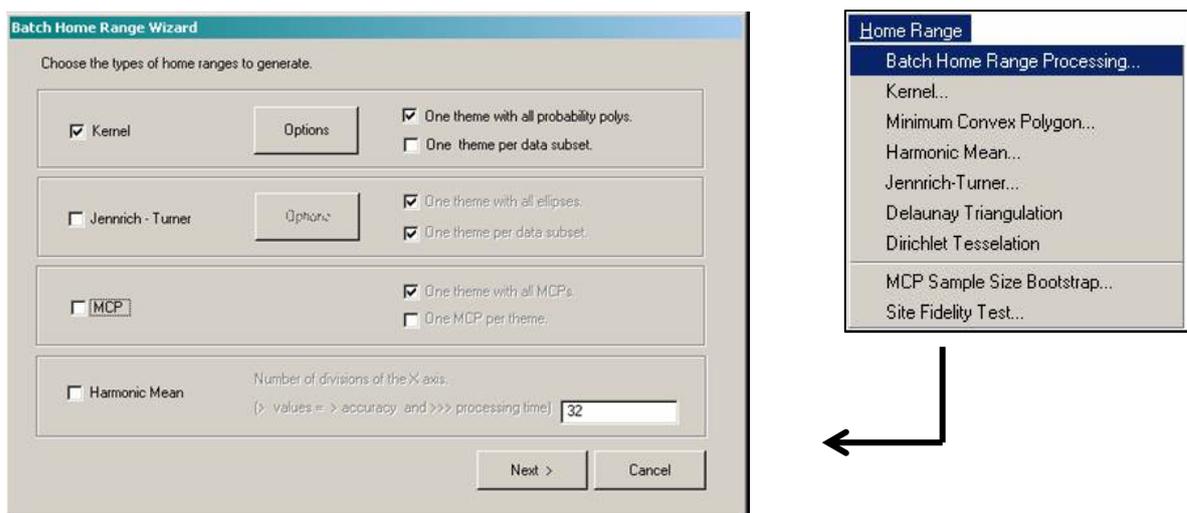


Imagen N° 52. Pasos para determinar áreas de probabilidad de concentración de diversos porcentajes de focos de calor

Se siguieron posteriormente las instrucciones de pantalla, que solicitan indicar el porcentaje de focos del cual se desea determinar el área de concentración.

A efectos del análisis que se deseó realizar, se propuso un 50%, un 75% y un 95%.

Posteriormente, con la determinación de estas áreas, se realizó un análisis derivado de la intersección de estas zonas con áreas digitalizadas.

5.12. Procesamiento de los valores de NDVI

Haciendo uso del software IDRISI Andes, se realizaron diversos análisis de los valores de NDVI registrados durante 2.006 en la provincia de Tucumán.

Para ello se propusieron diversas metodologías donde puede observarse la variación temporal que plantea este índice.

Vale destacar que al ser la base con la que se trabajó elaborada a partir la colección de datos de 10 días, se debió manipular esos paquetes de datos con herramientas propias de IDRISI Andes.

En primera instancia fue necesario acotar los datos al área de interés, dado que la base de datos de referencia contiene a toda Latinoamérica.

Para ello, se tomó un archivo de forma de la provincia de Tucumán, fue rasterizado, es decir, se cambió su formato vectorial a raster.

El paso siguiente fue colocar este archivo rasterizado dentro de una caja que lo contuviese, es decir, un área rectangular en cuyo interior están contenidos los límites de la provincia.

A continuación se le asignó a cada uno de los píxeles internos al límite provincial, el valor 1, y a los píxeles de su entorno (dentro de la caja que lo contiene) el valor 0.

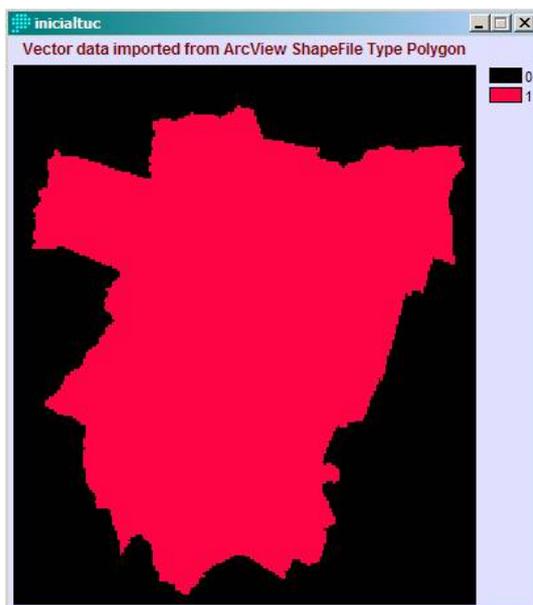


Imagen N° 53. Salida grafica IDRISI. Rasterizado provincia Tucumán.

Se utilizó luego el calculador de imágenes con el que se multiplicó el archivo raster creado con los archivos que contiene los valores de NDVI seleccionados según aspectos referidos a su integridad y a las condiciones atmosféricas, correspondientes al 2.006.

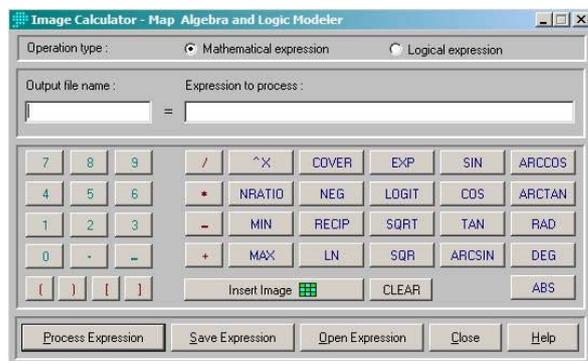


Imagen N° 54. Calculador IDRISI

El resultado fue guardándose como un archivo nuevo, que finalmente registra tan solo los valores internos al límite de la provincia, que multiplicados por 1, conservan su registro original, mientras que los demás, los de su entorno, no generan registro

(valores nulos).

El software nos brinda la posibilidad de repetir automáticamente la operación con cada uno de los paquetes (de 10 días) de datos.

Una vez obtenidos los archivos de NDVI perfectamente acotados, se fueron haciendo asociaciones de diversas índoles, acorde al objetivo planteado.

Así por ejemplo para obtener los valores de NDVI mensuales se fueron cargando al calculador, los 2 o 3 registros de un mismo mes, los cuales fueron sumados y finalmente dividido en 2 o 3 respectivamente.

Para ejemplificar mejor aún, se muestra el detalle del cálculo del mes de enero y febrero.

$$\text{NDVI enero} = (\text{NDVI 1-10} + \text{NDVI 11-20} + \text{NDVI 21-30})/3$$

$$\text{NDVI febrero} = (\text{NDVI 1-10} + \text{NDVI 11-20})/2$$

Donde

NDVI 1-10: paquete de valores de NDVI del día 1 al día 10

NDVI 11-20: paquete de valores de NDVI del día 11 al día 20

Y así sucesivamente.

En aquellos casos en los que se pretendió analizar los valores de NDVI en las distintas estaciones, se fueron tomando los paquetes de datos comprendidos en cada una de ellas y elaborado un promedio.

6. Resultados

6.1. Mosaico

El producto final de elaboración del mosaico se presenta a continuación:

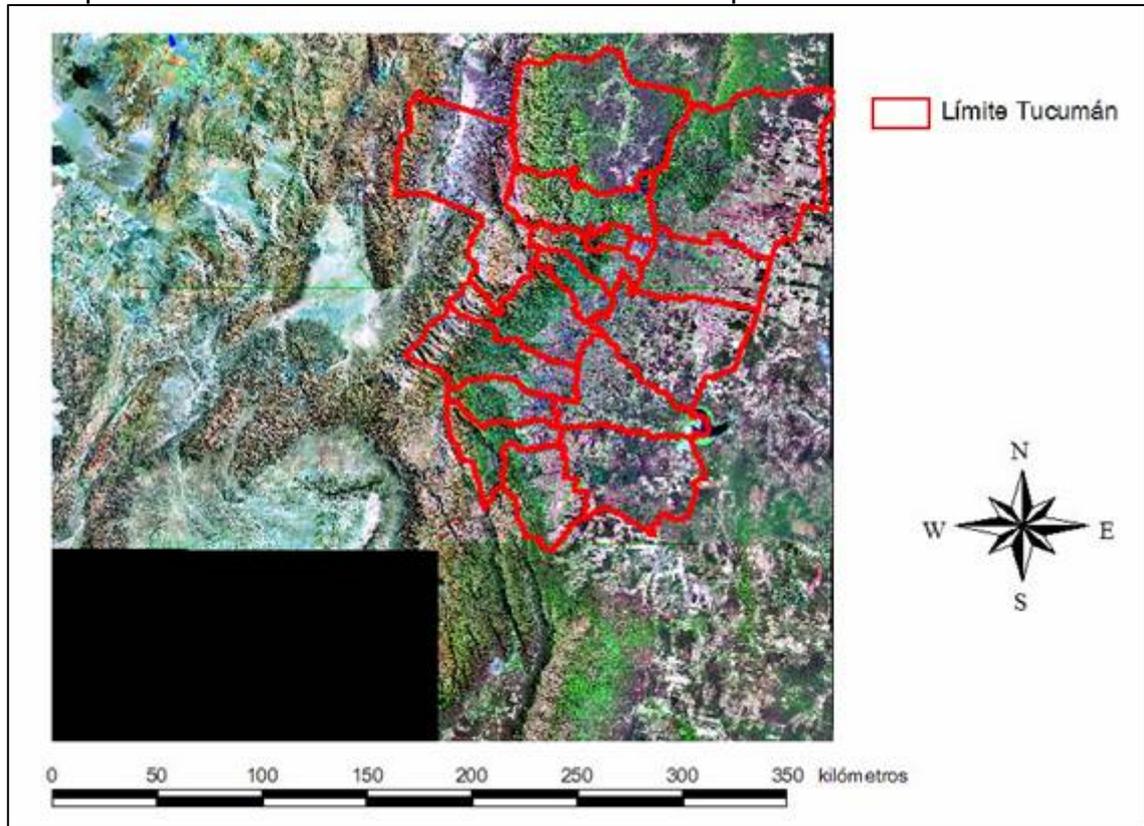


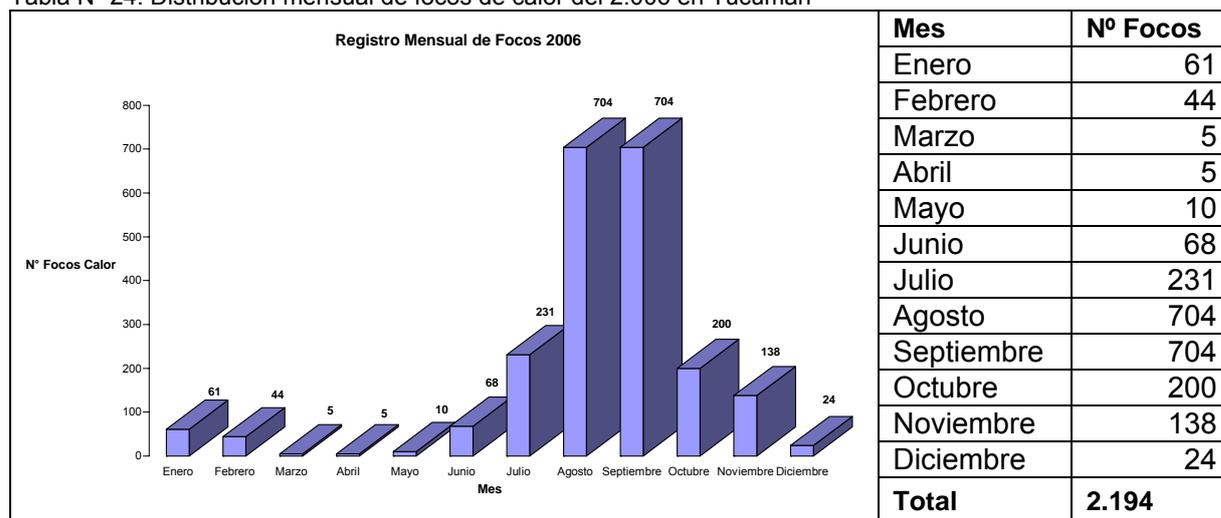
Imagen N° 55. Producto final de mosaico

A partir de este material se delimitó el área exclusiva de correspondencia con la provincia.

6.2. Focos de la provincia de Tucumán

En el año 2.006, se registraron en la provincia de Tucumán, 2.194 focos de calor. Los mismos han tenido la siguiente distribución temporal.

Tabla N° 24. Distribución mensual de focos de calor del 2.006 en Tucumán



Haciendo uso del software Geoda (Geodata Analysis Software) pudo obtenerse la siguiente salida gráfica, donde se manifiesta la distribución en la ocurrencia de focos de calor por mes a lo largo del año.

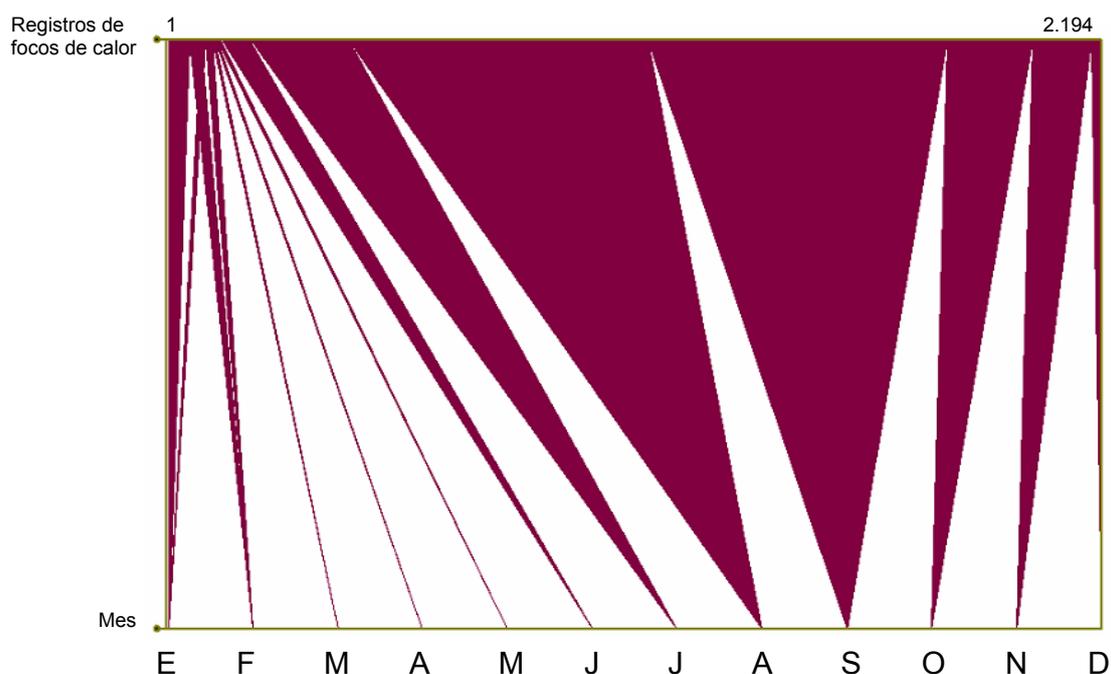


Imagen N° 56. Tendencia cuantitativa entre variables Meses – registros focos de calor.

Se presenta en el **Anexo N° 21** un cuadro comparativo de distribución espacial-temporal (mensual) de los focos de calor a lo largo del 2.006. En este año, los meses de mayores registros, han sido julio, agosto, septiembre y octubre, los cuales respectivamente poseen 231, 704, 704 y 200 focos; habiéndose concentrado en ese tiempo, el 83% del total de focos de calor del año.

En el mismo período, los registros de precipitaciones han sido los más bajos del año. Del análisis de promedios históricos de precipitación surge que en estos meses se registran tan solo el 11 % del total de las precipitaciones anuales, dado que las mismas se concentran fuertemente en el verano, acompañado esto por vientos, que si bien son leves, pero se hacen presentes en la zona, lo cual puede influenciar el área de quema. Según Minetti (2.005), con datos aportados por el Servicio Meteorológico Nacional, en 9 años de registro, se han presentado los siguientes valores mensuales promedio de velocidad de viento:

Tabla N° 25. Velocidad media (km/h) de vientos en San Miguel de Tucumán, con datos del Servicio Meteorológico Nacional, período 1.961-70.

Fuente: Climatología de los vientos. Minetti, J. El clima del Noroeste argentino

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
S. M. de Tucumán	6	5	4	3	3	3	4	4	5	6	6	4	4,4

Además, debe tenerse en cuenta que desde la actividad ganadera, se realizan quemas de pastura, ya reseca, con el objeto de realizar una renovación de la misma.

No debe desestimarse que, si bien la quema del cultivo de caña azúcar está prohibida por la legislación vigente (artículo 38 de la Ley 6.253, con la modificación introducida por la Ley 7.459, que indica que la quema de caña, como método auxiliar de la cosecha, está prohibida), la misma se sigue practicando, y es llevada a cabo en esta época del año.

6.3. La participación de la caña de azúcar

Respecto de la actividad cañera, los registros de superficie cubierta ubican a los departamentos Cruz Alta, Leales, Simoca y Monteros, con los valores máximo de ocupación.

Tabla N° 26. Superficie ocupada por caña de azúcar, a nivel departamental, según campaña
 1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Laboratorio de Teledetección y SIG. Distribución de la superficie cultivada en Tucumán por departamentos. Campaña 2.004-2.005. Salta. Argentina.
 2 Paoli et al. 2.006. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2.005-2.006. Cultivos de Verano. Salta. Argentina.
 3 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Laboratorio de Teledetección y SIG. Distribución de la superficie cultivada en Tucumán por departamentos. 1er Avance campaña 2.007. Salta. Argentina.

Campaña 2.004/2.005.			Campaña 2.005/2.006		
Dptos.	Sup. (Ha)	% del total de caña de Tucumán	Dptos.	Sup. (Ha)	% del total de caña de Tucumán
Cruz Alta	45.550	21,30	Cruz Alta	47.720	21,26
Leales	33.980	15,89	Simoca	37.480	16,70
Simoca	35.020	16,37	Leales	36.080	16,07
Monteros	21.390	10	Monteros	24.130	10,75
Fuente : 1			Fuente : 2		
Campaña 2.006/2.007					
Dptos.	Sup. (Ha)	% del total de caña de Tucumán			
Cruz Alta	55.520	19,34			
Leales	51.700	18,01			
Simoca	47.900	16,68			
Monteros	29.270	10,19			
Fuente : 3					

La sumatoria de la superficie ocupada por caña de azúcar en la provincia de Tucumán, en el tramo del año 2.006 en el que se desarrolla el cultivo, representa el 10,9% del total de la provincia. Por su parte, los departamentos Cruz Alta, Simoca, Leales, y Monteros, ocuparon en ese año el 7,07% de la superficie provincial y el 44.05%, 31.77%, 20.26% y 22.23% de sus respectivas superficies.

El análisis de la distribución espacial de los focos de calor, tomando como referencia los límites departamentales de la provincia de Tucumán, da la siguiente información:

Tabla N° 27. Distribución departamental de focos de calor

Departamento	N° Focos	% del total
Yerba Buena	1	0,05
Trancas	48	2,19
Tafí Viejo	31	1,41
Tafí del Valle	6	0,27
Simoca	206	9,39
Río Chico	126	5,74
Monteros	148	6,75
Lules	77	3,51
Leales	346	15,77
La Cocha	50	2,28
Graneros	101	4,60
Famaillá	76	3,46
Cruz Alta	486	22,15
Chicligasta	129	5,88
Capital	2	0,09
Burruyacu	296	13,49
Alberdi	65	2,96
Total	2.194	100

La distribución antes mencionada puede visualizarse gráficamente

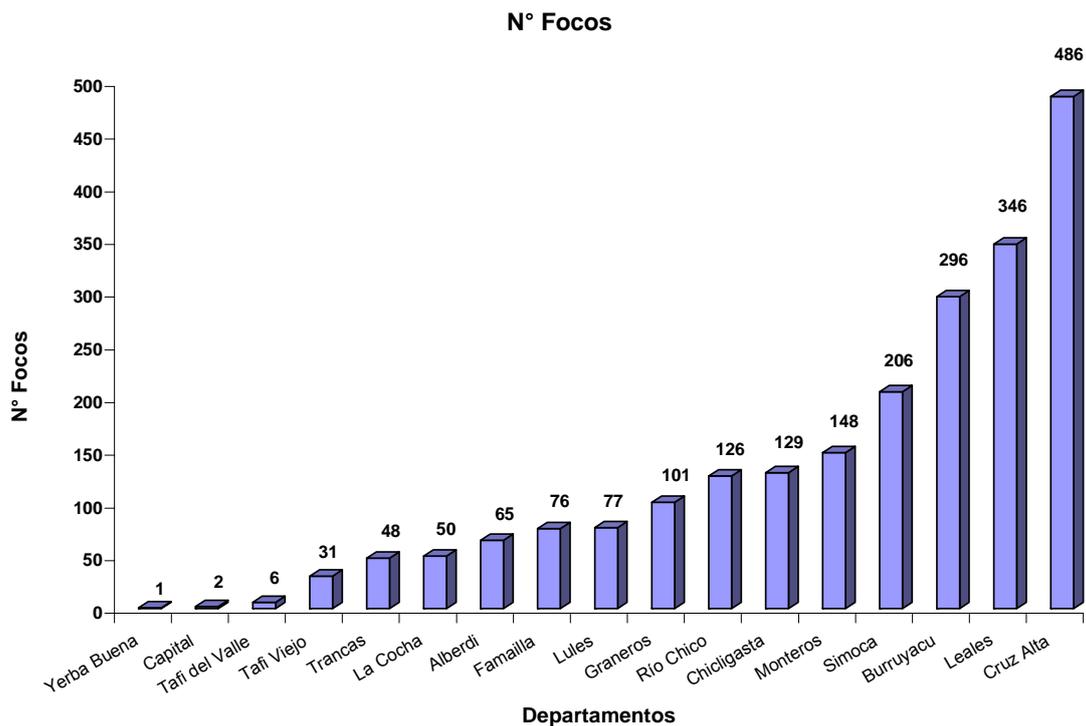


Imagen N° 57. Focos de calor por departamento. Tucumán. 2.006

La discriminación departamental de los focos es presentada en el **Anexo N° 22**. Es destacada la participación de la margen oriental de la provincia, (departamentos Cruz Alta, Leales, Burruyacu y Simoca) que con el 36% de la

superficie contienen al 60% de los focos, lo que se traduce en un total de 1.334 registros.

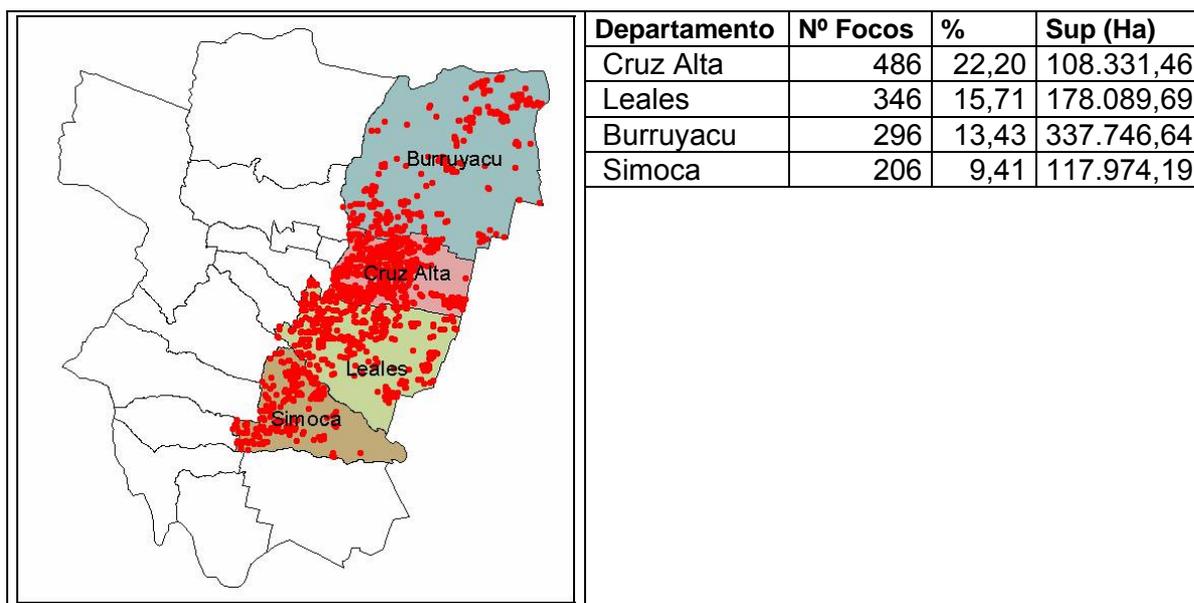


Imagen N° 58. Distribución espacial focos de calor en departamentos Cruz Alta, Leales, Burruyacu, Simoca en 2.006.

Puede en estas condiciones resaltarse la fuerte asociación que existió en el año 2.006 entre la actividad cañera y la aparición de focos de calor, lo cual se resume en el cuadro siguiente:

Tabla N° 28. Porcentaje del total de focos, porcentaje del total de caña de azúcar de la provincia, por departamento.

Departamento	% Focos	% del total de caña
Cruz Alta	22,20	20,87
Simoca	9,41	18,28
Leales	15,71	15,88

En el gráfico presentado a continuación se visualiza la superposición registrada en 2.006 entre el área con alta ocupación de caña de azúcar y el área de mayor densidad de registros de focos de calor.

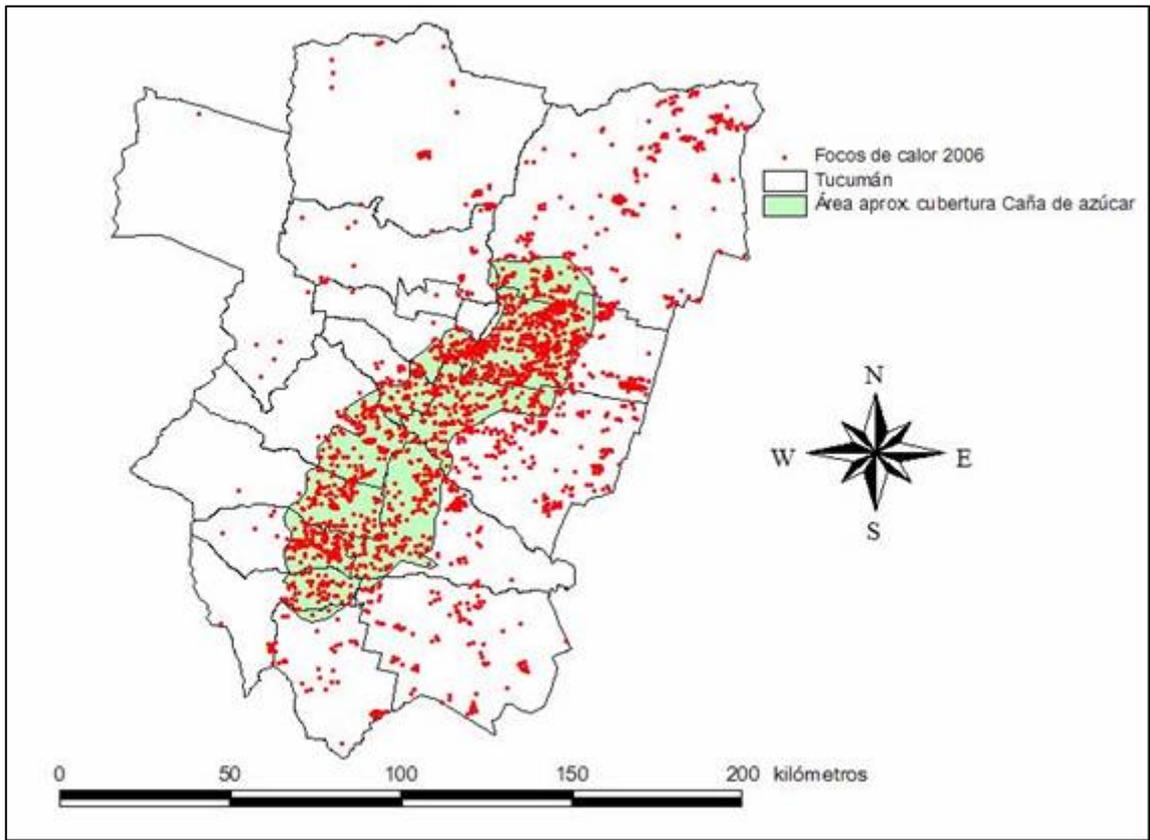


Imagen N° 59. Focos de calor – Área densamente ocupada por caña de azúcar

Quando se analiza la densidad de focos (N° focos/10 km^2) los valores departamentales son los siguientes:

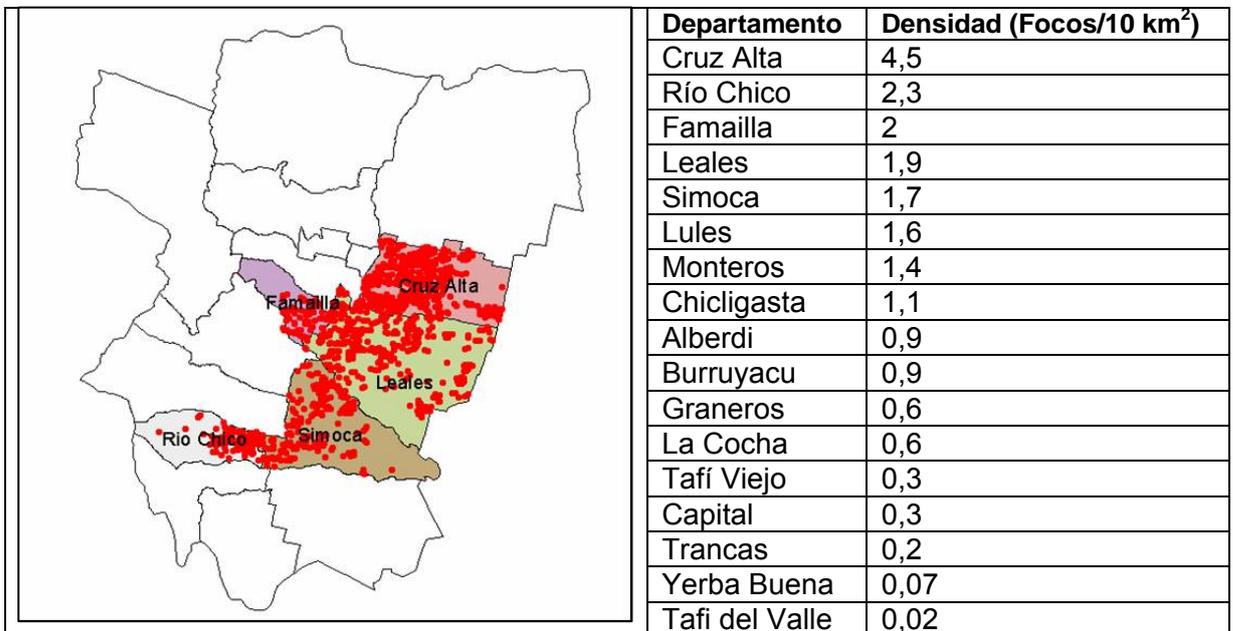


Imagen N° 60. Densidad de focos de calor en departamentos de Tucumán en 2.006

En esta situación, el cuadro asociativo queda del siguiente modo:

Tabla N° 29. Densidad de focos de calor y ocupación con caña de azúcar por departamentos

Departamento	Densidad (Focos/10 km ²)	Sup. Caña	% del total de caña
Cruz Alta	4,49	42.410	20,87
Leales	1,94	32.260	15,88
Simoca	1,75	37.140	18,28
Monteros	1,36	22.150	10,90

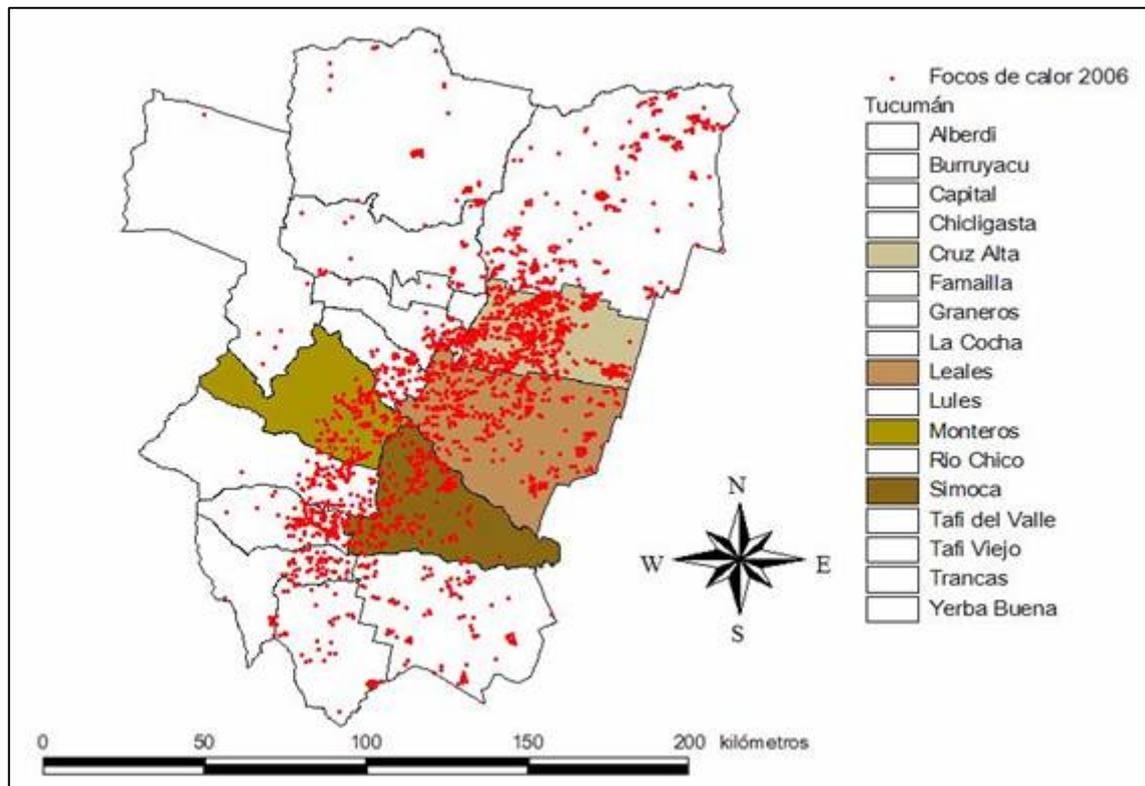


Imagen N° 61. Departamentos con mayores densidades de focos de calor

El área identificada como de alta concentración de focos de calor presenta una densidad aproximada de 4,24 focos/10 km². Los departamentos afectados a esta zona son los siguientes: Burruyacú, Cruz Alta, Leales, Simoca, Lules, Famailla, Monteros, Chicligasta, Río Chico, Alberdi, La Cocha, Graneros. Cabe destacar que los mismos se ven en todos los casos vinculados de manera parcial al área antes mencionada, de modo tal que se determinaron los valores de densidad de focos de calor en la parcialidad de los departamentos comprometidos. Los valores se presentan a continuación.

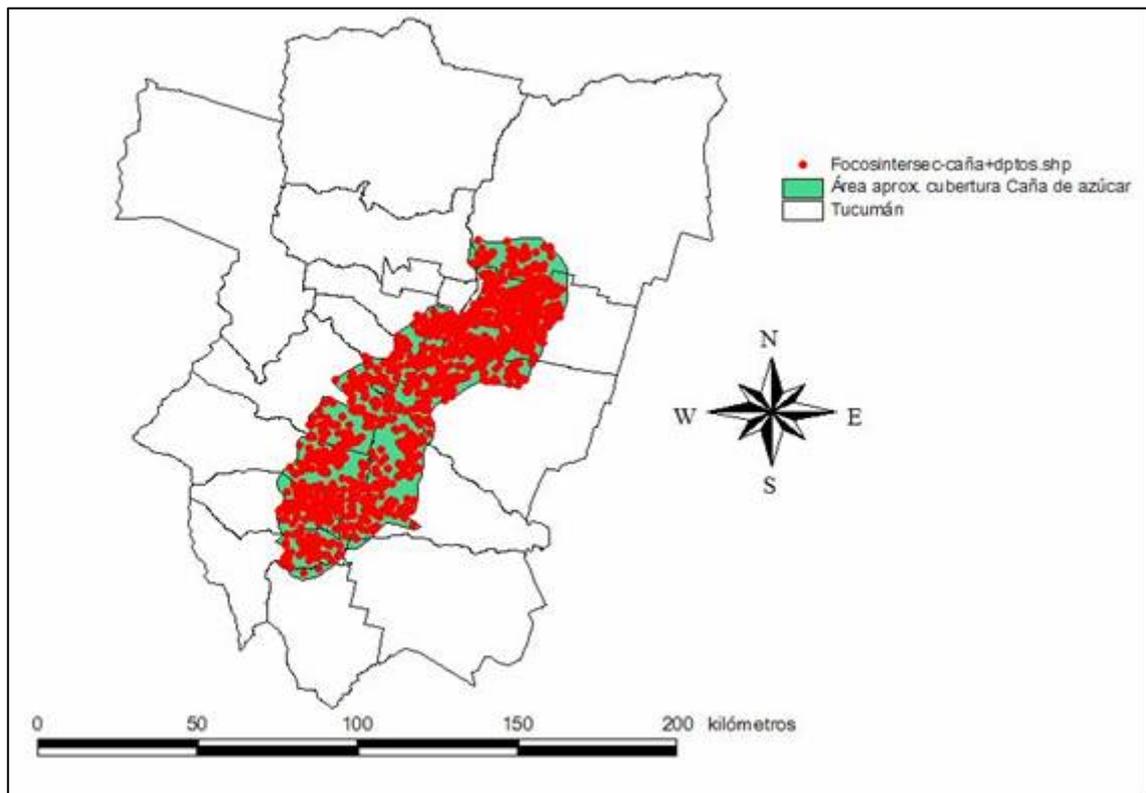


Imagen N° 62. Focos de calor del con ocupada densamente por caña de azúcar

Tabla N° 30. Densidad de focos de calor de la parcialidad de los departamentos comprendidos en el área densamente ocupada por caña de azúcar

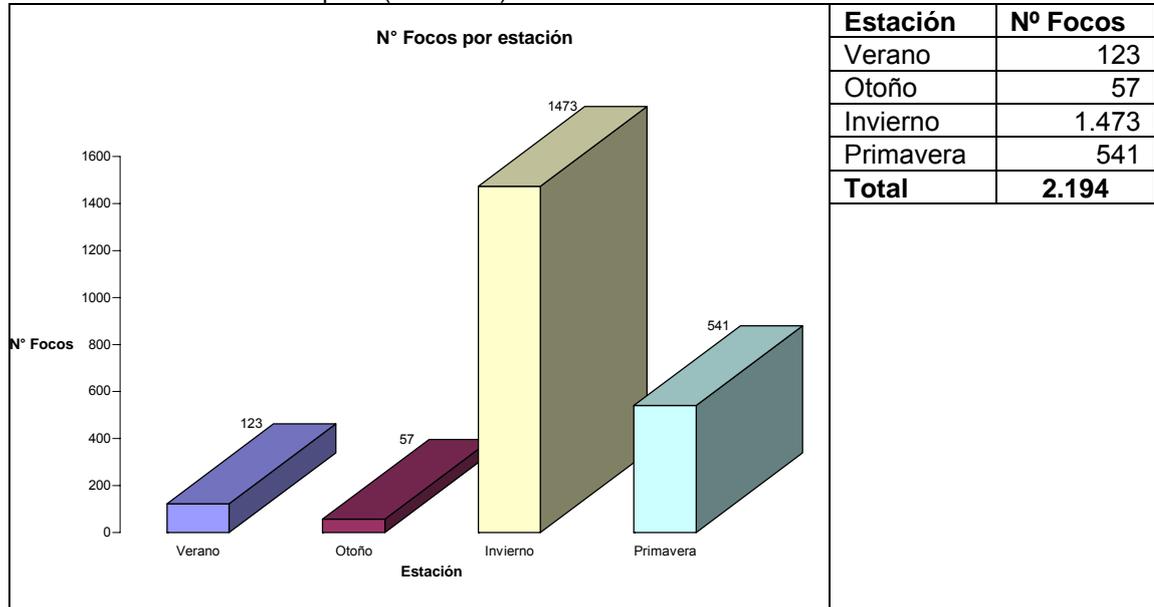
Departamento	Nº focos	Sup. (km ²)	Densidad (Nº focos/10km ²)
Alberdi	52	165,03	3,15
Burruyacu	75	239,21	3,14
Chicligasta	127	310,46	4,09
Cruz Alta	392	594,45	6,59
Famailla	58	140,73	4,12
Graneros	1	12,34	0,81
La Cocha	4	34,72	1,15
Leales	167	440,01	3,80
Lules	71	130,37	5,45
Monteros	131	350,35	3,74
Río Chico	120	205,77	5,83
Simoca	145	529,95	2,74
Tafí Viejo	1	13,07	0,76

Con valores de focos de calor de 6.59, 5.83 y 5.45 por cada 10 km² los departamentos Cruz Alta Río Chico y Lules, alcanzan los valores de densidad más altos en las parcialidades que participan del área densamente ocupada con caña de azúcar

6.4 Análisis temporal

En la discriminación estacional de registros de focos de calor del 2.006, la distribución ha sido la siguiente:

Tabla N° 31. Distribución temporal (estacional) de focos de calor en 2.006



La participación de los focos por estación puede visualizarse en otra salida gráfica que se presenta a continuación, confeccionada a partir del software GeoDA

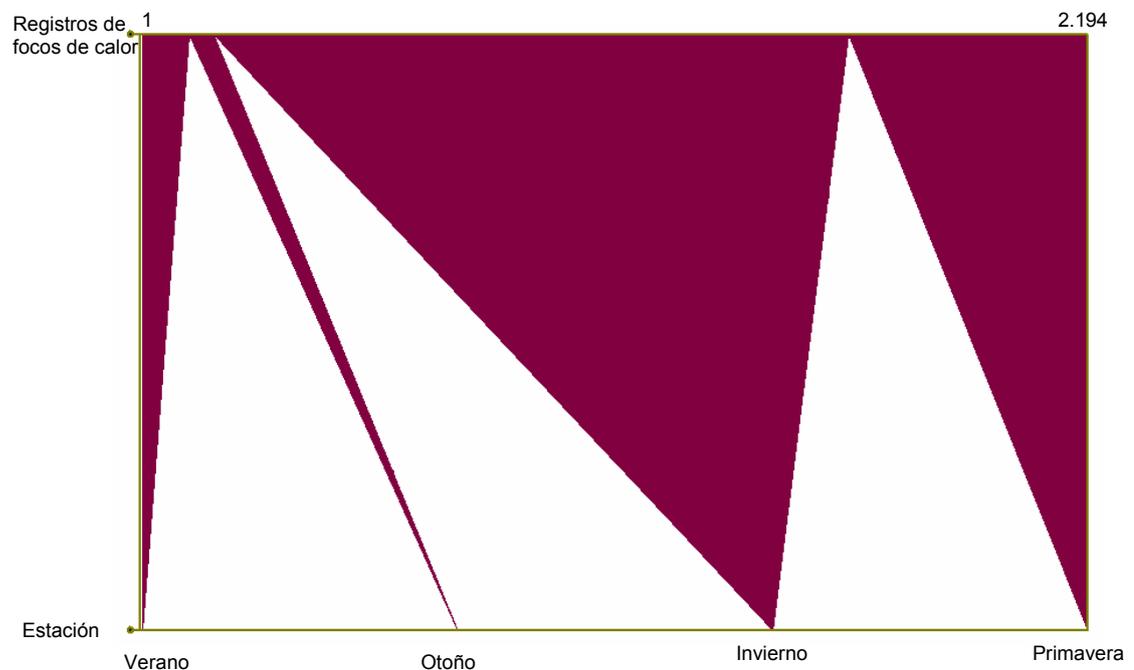
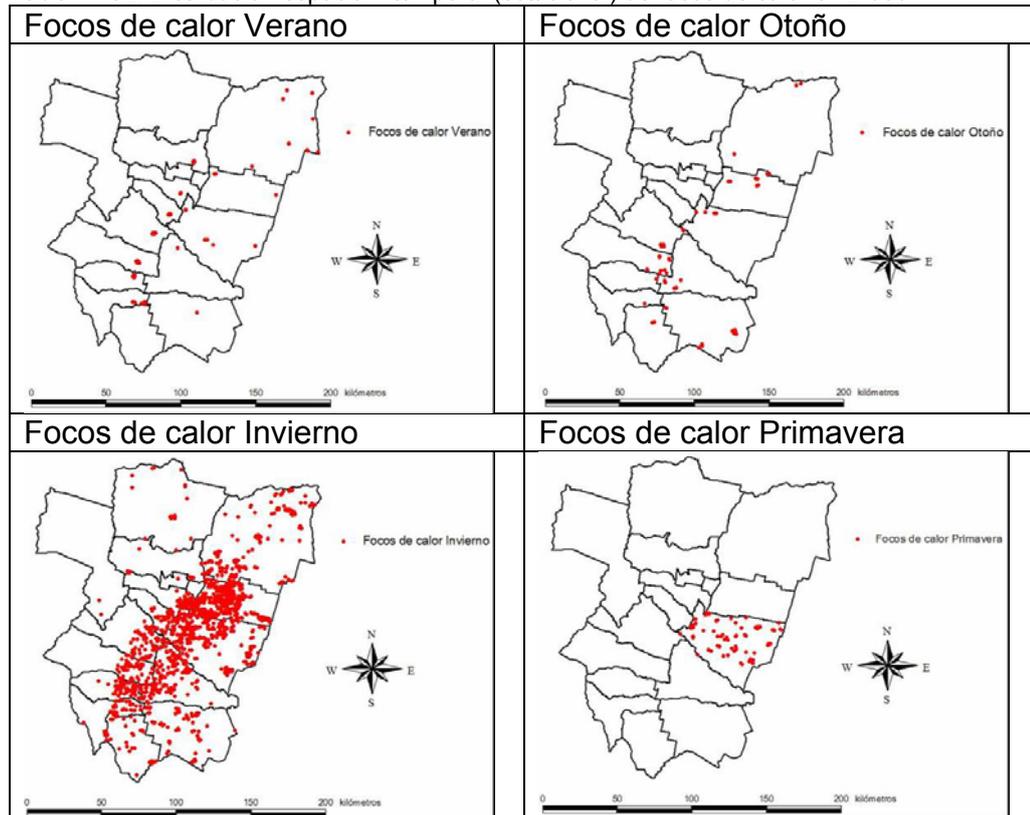


Imagen N° 63. Tendencia cuantitativa entre variables Estaciones – registros focos de calor.

Tabla N° 32. Distribución espacial - temporal (estacional) de focos de calor en 2.006



Los focos de calor de la estación de verano se distribuyen en su mayoría inmediatamente hacia el Oeste de la mitad Sur del pedemonte, en zonas con grandes centros urbanizados y con importantes rutas, tal es el caso de los departamentos Alberdi, Río Chico, Chicligasta, Monteros y Famaila, en los departamentos del Sur de la provincia, que presentan centros urbanos con alta concentración de focos, unidos todos por la ruta nacional 38. En la zona antes mencionada se encuentran 91 de los 123 focos registrados en la provincia, en esta estación del año (74%).

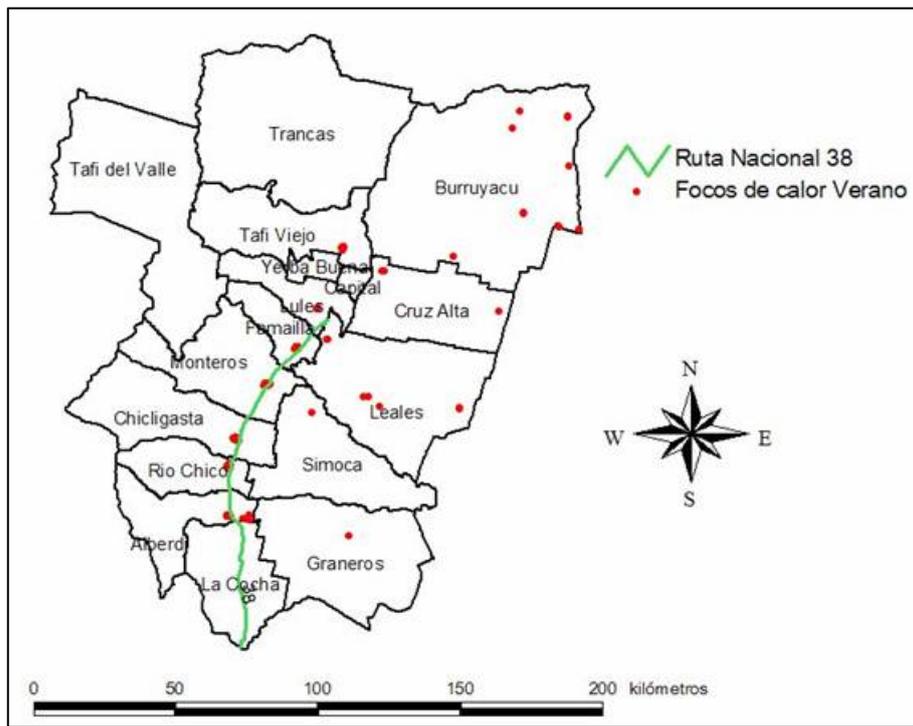


Imagen N° 64. Focos de calor de verano. Ruta Nacional 38

En el otoño se dan los menores valores de registros, con tan solo el 2,6%, ubicado hacia el Oeste del pedemonte, principalmente en el centro y Sur de la provincia.

La época de mayor cantidad de focos de calor es el invierno, donde el 67 % de los focos se suceden, distribuidos en toda la provincia, con una alta participación de la zona con actividad agropecuaria y de bosques residuales.

En los meses de primavera en su totalidad los focos de calor se presentan en el departamento Leales, ocupado por zona con actividad agropecuaria y bosques residuales exclusivamente.

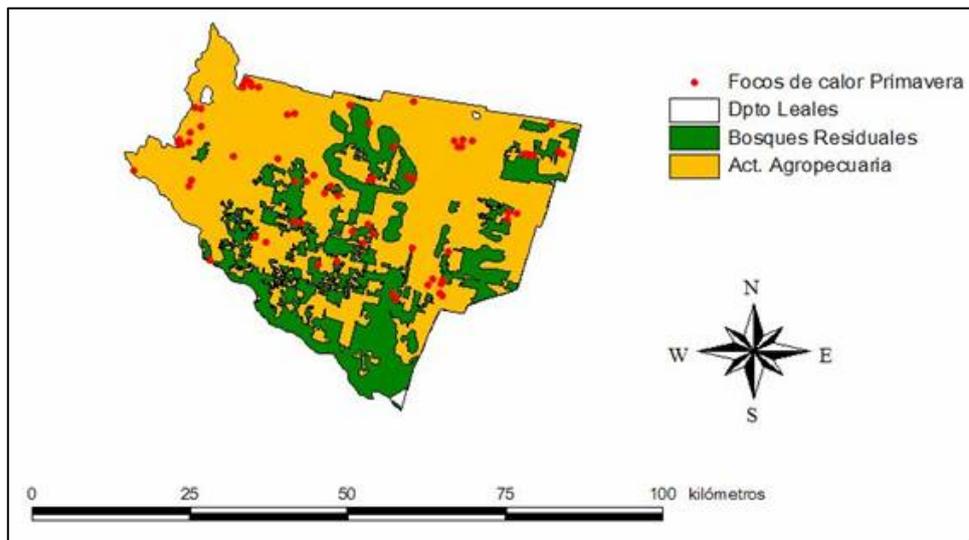


Imagen N° 65. Focos de calor de primavera, departamento Leales

6.5 Análisis de la evolución del número de focos a lo largo de la estación

Los registros de focos de calor discriminados por estación pueden ser observados en el **Anexo 23**.

Respecto de las estaciones, el invierno presenta los mayores valores de registros de focos (67 %), justificado esto por la estación seca que se presenta durante el invierno, la utilización de la quema como práctica cultural de renovación de pasturas, y como método complementario de cosecha de la caña de azúcar.

Puede observarse en el gráfico de análisis de focos ocurridos en otoño, que los registros comienzan con valores nulos en el primer cuarto, incrementándose en la medida que se avanza en la estación, llegando a su fin con el valor máximo registrado para ese período. Ya en el invierno, los valores continúan con crecimiento exponencial hasta el fin de la estación, llegando a registrar valores cercanos a los 700 focos en el último cuarto de la estación. Se destaca la alta concentración de focos en el invierno, en los departamentos Cruz Alta, Leales y Simoca, área coincidente con la zona más densamente ocupada por caña de azúcar.

A fines del invierno, los registros de focos de calor comienzan a decaer, durante la primavera la cantidad disminuye hasta terminar la estación con la casi carencia de registros.

Lo antes mencionado se resume en el cuadro que se presenta a continuación:

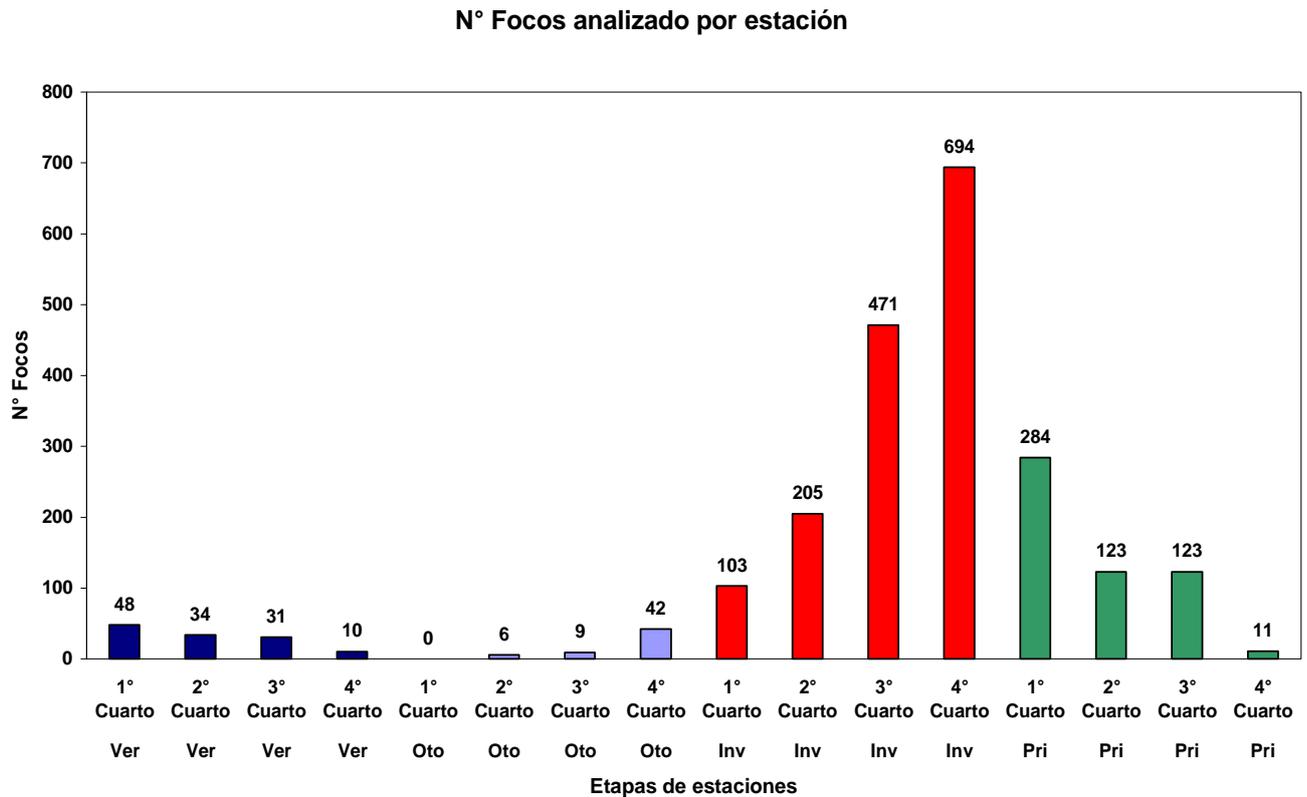


Imagen N° 66. Distribución de focos de calor a través de las estaciones del año

6.6 Análisis de la distribución de focos de calor en diversas áreas de la provincia de Tucumán

En la interpretación visual realizada en la provincia de Tucumán, se discriminaron las siguientes áreas:

- 01.- Centros Urbanos
- 02.- Áreas con Actividad Agropecuaria:
- 03.- Bosque Montano
- 04.- Bosque Residual
- 05.- Cuerpos de Agua:
- 06.- Zona de Montañas
- 07.- Zona anegable

6.7 Focos por cobertura

Acorde a la discriminación derivada de la digitalización, se determinaron las siguientes superficies para cada cobertura.

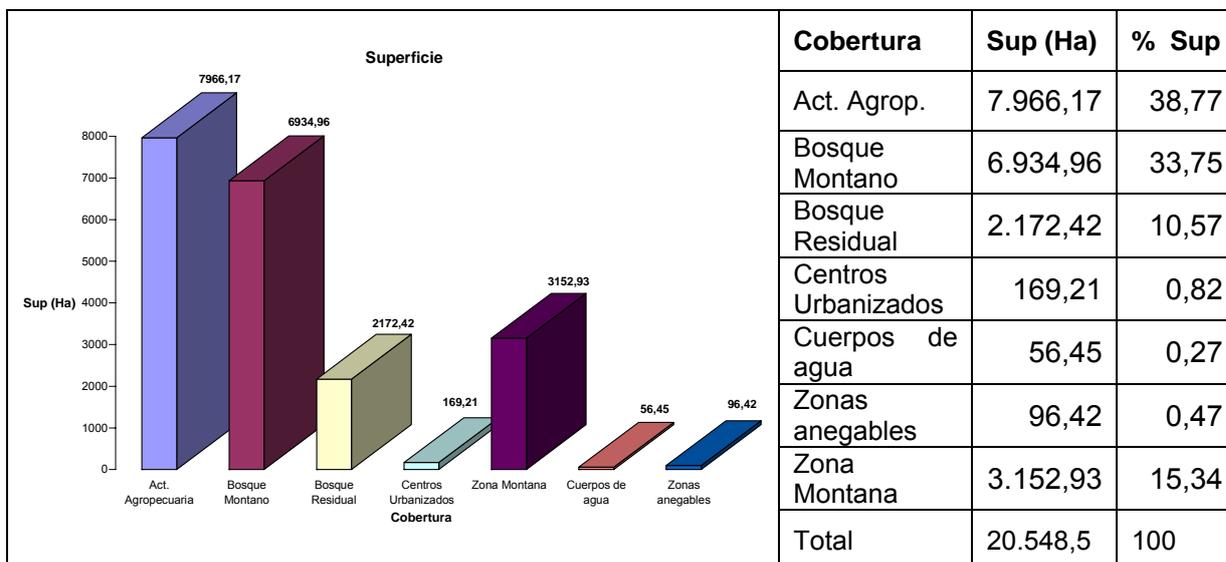


Imagen N° 67. Superficie (Ha) ocupada por las distintas áreas discriminadas

Los focos registrados en el transcurso del año 2.006 en Tucumán presentan la siguiente distribución espacial

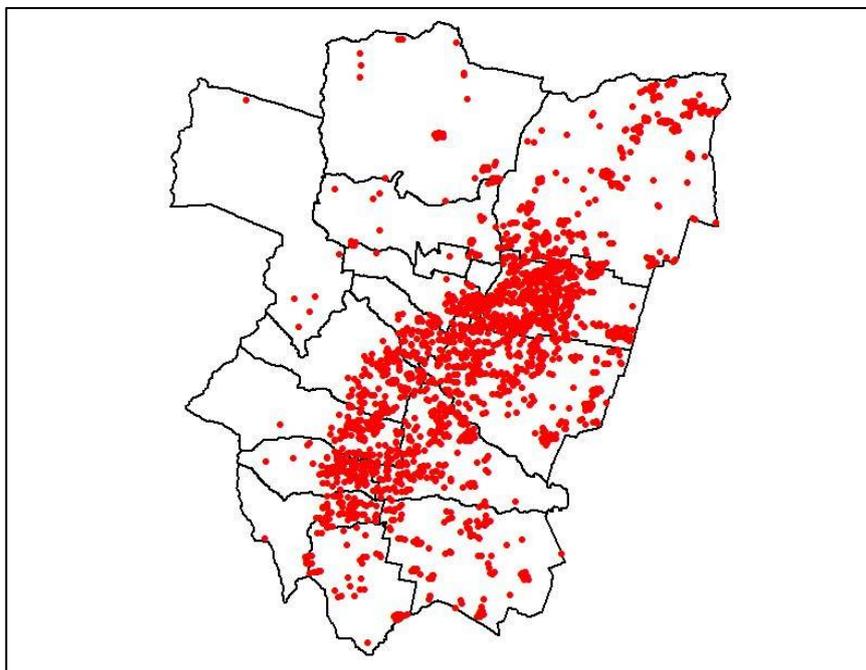


Imagen N° 68. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2.006 en Tucumán.

El análisis de la participación de cada una de las coberturas en los registros de focos de calor, arroja los siguientes valores:

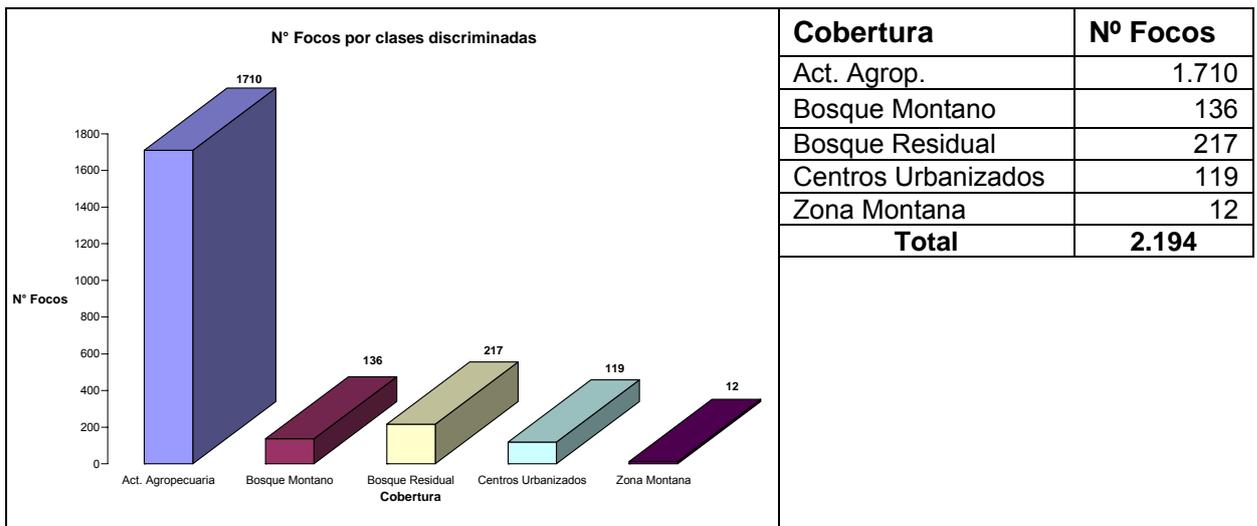
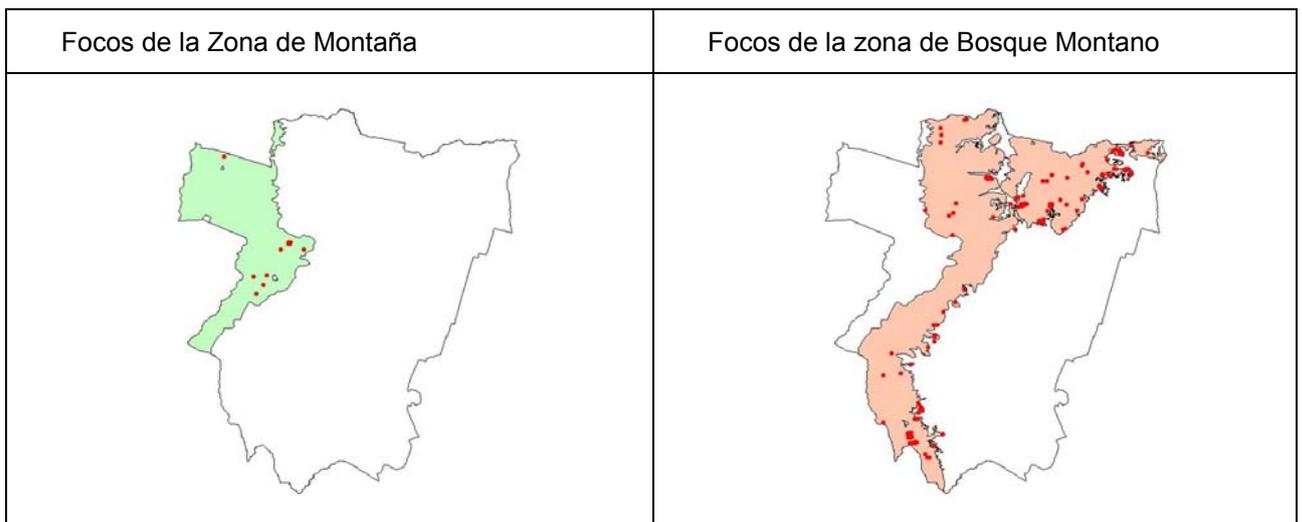


Imagen N° 69. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2.006 en Tucumán, acorde a las áreas discriminadas

Gráficamente, la distribución espacial en cada una de estas áreas, ha sido la siguiente:



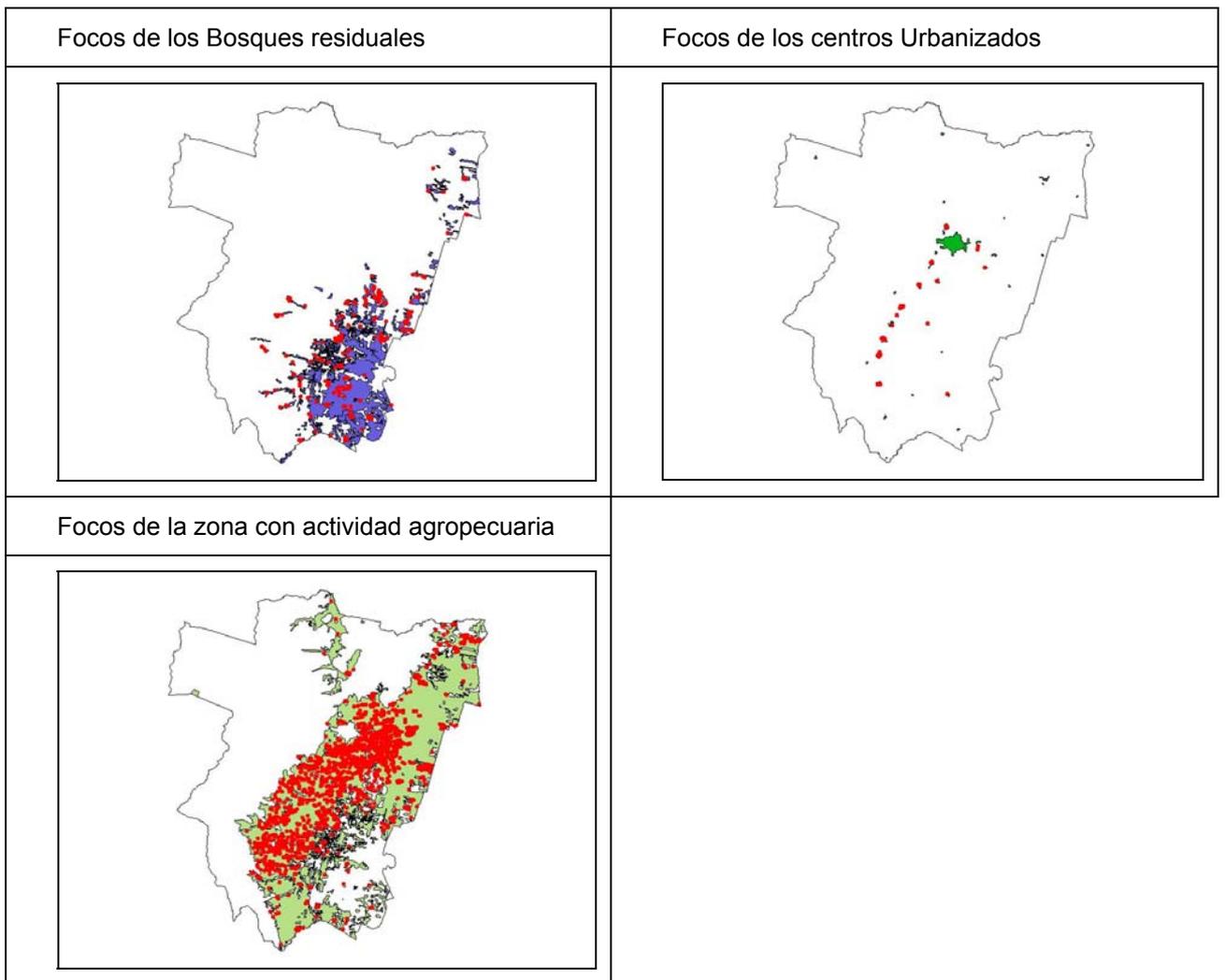


Imagen N° 70. Distribución espacial de focos de calor registrados en 2.006 en Tucumán, acorde a las áreas discriminadas de manera individual

Es dominante la participación de la zona con actividad agropecuaria en los registros de focos, conteniendo más del 75%, hecho justificado por las prácticas de quema.

Siguiendo en orden de importancia y en una alejada segunda posición se ubican los bosques residuales, sitios en los que es habitual la quema en circunstancias en las que se desea habilitar nuevas tierras para su uso en la actividad agropecuaria.

A continuación se suceden los bosques montanos, los centros urbanizados y por último la zona montana. Por su parte, las zonas anegables no presentaron registros de focos de calor.

A partir del software GeoDA se pudo confeccionar otra salida gráfica donde puede visualizarse la asociación de las distintas coberturas con los registros de focos de calor.

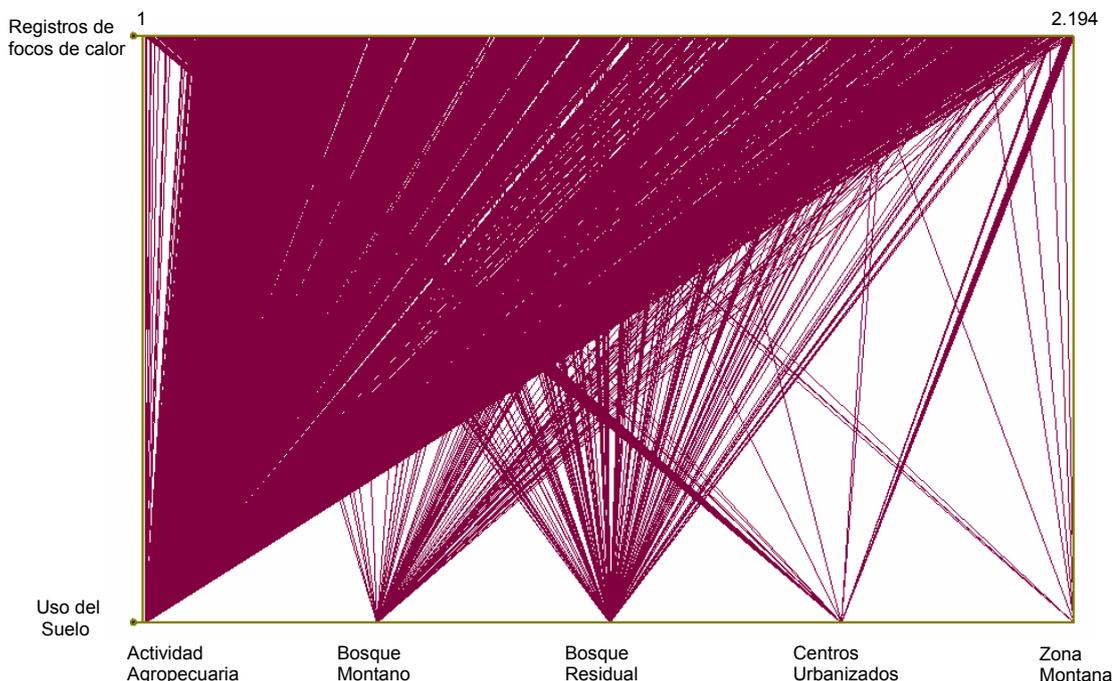


Imagen N° 71: Tendencia cuantitativa entre variables Uso de suelo – registros focos de calor.

Es destacable en el gráfico el aporte de la zona con actividad agropecuaria al total de los registros de focos de calor, área desde la cual se desprende un área con denso trazado de líneas, representando cada una de ellas un foco de calor. Esta zona es seguida por los bosques residuales y a continuación, los bosques montanos. Ya con mucha menos participación aparecen los centros urbanizados y la zona montana.

El detalle de la participación porcentual es presentado a continuación

Tabla N° 33. Porcentaje del total de focos de calor correspondiente a cada tipo de área discriminada.

Cobertura	% Focos
Act. Agropecuaria	77,94
Bosque Montano	6,20
Bosque Residual	9,89
Centros Urbanizados	5,42
Zona Montana	0,55
Cuerpos de agua	0
Zonas anegables	0
Total	100

Analizando por otro lado la aparición de focos por unidad de superficie, se da una alteración en el posicionamiento de cada una de estas áreas, dado que

si se calculan densidades, los centros urbanos concentran la mayor cantidad de focos de calor, asomando en una segunda posición la zona con actividad agropecuaria.

Tabla N° 34. Áreas discriminadas en interpretación visual, superficie y focos de calor

Cobertura	Sup. (Ha)	Nº Focos	% Sup.	% Focos	Densidad focos (Nº/10 km ²)
Act. Agropecuaria	7.966,17	1.710	38,77	77,94	214,7
Bosque Montano	6.934,96	136	33,75	6,20	19,6
Bosque Residual	2.172,42	217	10,57	9,89	99,9
Centros Urbanizados	169,21	119	0,82	5,42	703,3
Zona Montana	3.152,93	12	15,34	0,55	3,8

Se presenta el caso de los centros urbanizados, que si bien abarcan una reducida superficie total, presentan focos con alta concentración.

Se muestran a continuación algunos ejemplos

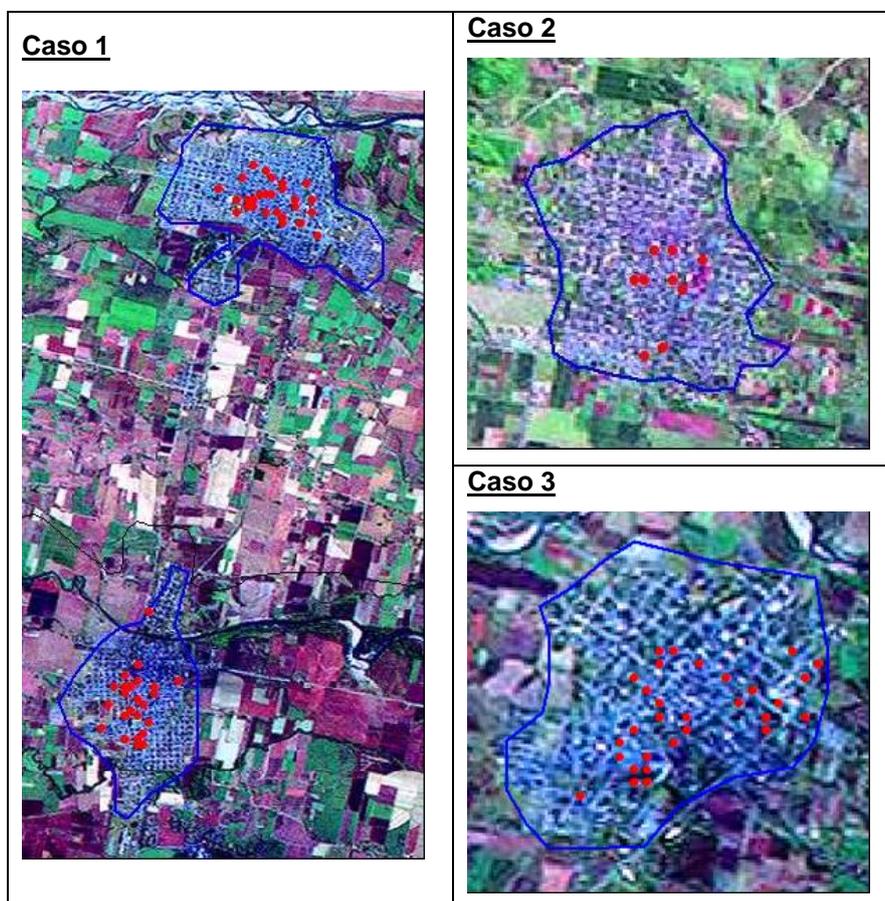


Imagen N° 72. Focos de calor en centros urbanizados

6.8 Análisis de la distribución temporal – espacial de focos de calor en la provincia de Tucumán, según estación y área discriminada

Teniendo en cuenta el número de registros de focos de calor en las diversas áreas Surgidas a partir de la interpretación visual, la superficie ocupada por la actividad agropecuaria, claramente contiene la mayor cantidad de focos de calor, y en este tipo de áreas, la mayor intensidad de registros se dan en el invierno, época de intensas quemadas con diversos fines en la zona. Los bosques residuales se ubican a continuación.

Es destacable, a pesar de baja participación de los focos de calor en los centros urbanizados, su fuerte concentración en el verano.

Tabla N° 35. Distribución temporal de los focos de calor de áreas discriminadas por estación.

Área	N° Registros			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Áreas Actividad Agrop.	419	23	43	1.225
Bosque de Montano	59	0	2	75
Bosque Residual	46	0	12	159
Zona de Montañas	5	0	0	7
Centros Urbanizados	14	98	0	7

Lo antes mencionado puede visualizarse gráficamente en el **Anexo N° 24**

6.9 Densidad de focos de calor según estación y área discriminada

Cuando se analizan los registros en términos de densidad, las concentraciones más altas de focos de calor se dan en verano en los centros urbanos. Esta situación merece especial atención al momento de su interpretación, debido a que pueden generar confusiones con posibles incendios (Giglio, 2.007). En estos sitios, los focos de calor, no tienen el mismo origen que los de áreas rurales. En este sentido, puede aseverarse que la actividad industrial participa como fuente de registros.

Focos en centros urbanizados durante el verano



Imagen N° 73. Densidad de focos de calor en centros urbanizados durante el verano

En segundo lugar aparecen las áreas con actividad agropecuaria, que al igual que las demás áreas, sigue un patrón de registros, presentando los valores mas altos en invierno, que se minimizan hasta el verano y ya en otoño comienzan su incremento.

6.10 Patrón de distribución espacial acorde a elipses.

Respecto del patrón de distribución espacial que describen las elipses, la tendencia general ubica a la mayoría de las mismas con sus ejes mayores orientados en dirección Noreste-Suroeste, a lo largo del área con actividad agropecuaria. Se presenta en el **Anexo N° 25** las gráficas de cada uno de los meses con sus correspondientes referencias.

6.11 Desplazamiento de los centroides

Una vez determinada la posición de los centroides correspondientes cada una de las elipses de distribución mensual de focos de calor, se pudo determinar el desplazamiento que los mismos sufren a lo largo del año.

Para ello se utilizó la herramienta Animal Movement Analysis, que permite crear una polilínea ordenada a partir de un archivo de puntos, transfiriendo todos los atributos del tema de puntos a los segmentos creados.

Los pasos fueron los siguientes:

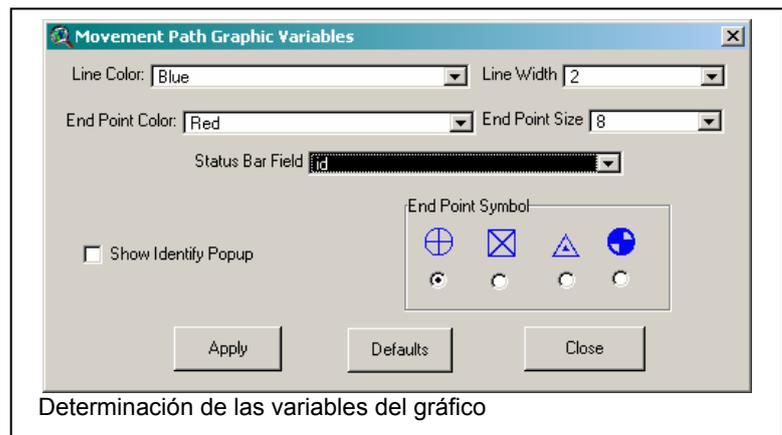
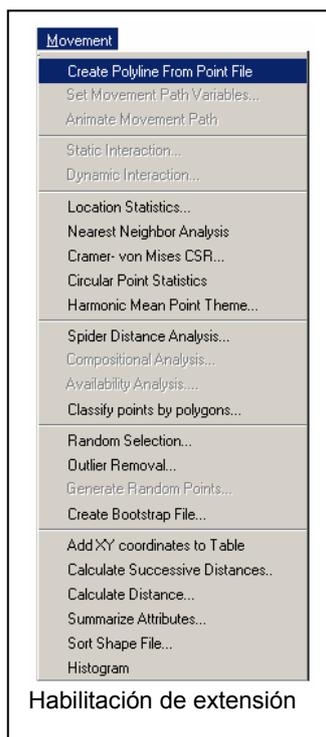


Imagen N° 74. Pasos para ejecución de desplazamiento de centroides con Animal Movement

La salida gráfica se presenta a continuación:

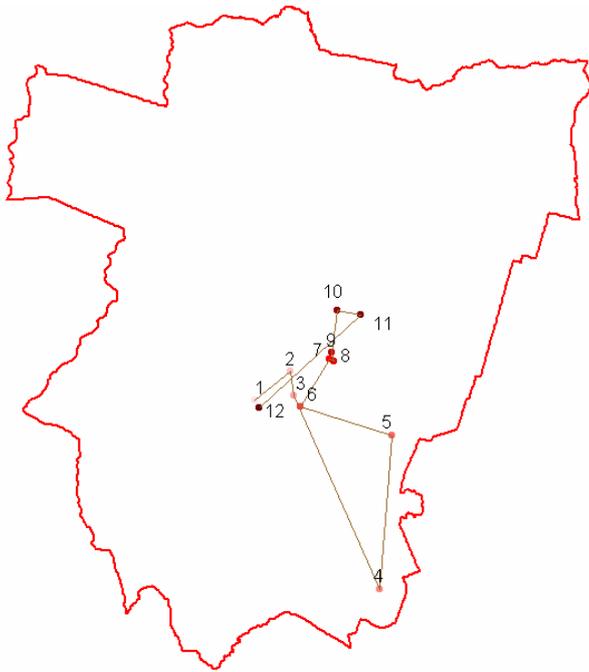


Imagen N° 75. Desplazamiento de centroides en la Tucumán

A partir de los segmentos se pudo determinar las distancias de desplazamiento de los centroides, ejecutando la siguiente sintaxis aplicada a la tabla asociada a la vista de líneas de Arcview:

[Shape].returnlength

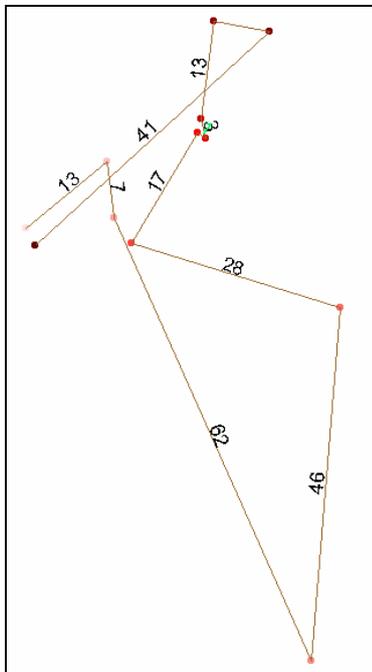


Imagen N° 76. Desplazamiento de centroides

Finalmente las distancias de desplazamiento han sido las siguientes:

Atributos de Lineautodocntroid.shp						
Shape	Id	Centroid x	Centroid y	Mes	Long_m	Long_km
PolyLine	2	-65.35010	-27.13640	febrero	13399.351	13
PolyLine	3	-65.34180	-27.20880	marzo	7287.421	7
PolyLine	4	-65.09000	-27.77920	abril	62350.573	62
PolyLine	5	-65.05280	-27.32500	mayo	45572.084	46
PolyLine	6	-65.31980	-27.24140	junio	27978.199	28
PolyLine	7	-65.23430	-27.09880	julio	16626.789	17
PolyLine	8	-65.22380	-27.10680	agosto	1320.038	1
PolyLine	9	-65.22960	-27.08090	septiembre	2654.148	3
PolyLine	10	-65.21350	-26.95530	octubre	12662.768	13
PolyLine	11	-65.14290	-26.96880	noviembre	7187.913	7
PolyLine	12	-65.44230	-27.24400	diciembre	40666.374	41

Imagen N° 77. Tabla de atributos referida a los centroides

Los centroides difieren del siguiente modo:

De enero a febrero: 13 km

De febrero a marzo: 7 km

De marzo a abril: 62 km

De abril a mayo: 46 km

De mayo a junio: 28 km

De junio a julio: 17 km

De julio a agosto: 1 km

De agosto a septiembre: 3 km

De septiembre a octubre: 13 km

De octubre a noviembre: 7 km

De noviembre a diciembre: 41 km

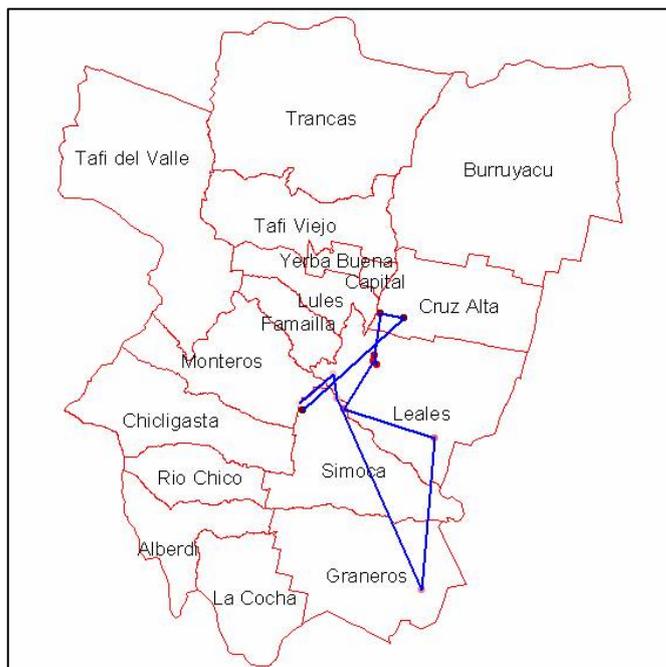


Imagen N° 78. Desplazamiento de centroides en la provincia de Tucumán

Los centroides a pesar de sufrir desplazamientos, se mantienen en la margen Este, área (uso agropecuario). Se evidencia nuevamente la concentración espacial que se da entre los meses de julio, agosto y septiembre, meses de mayores registros.

En todos los casos los centroides se posicionan en los departamentos: Monteros, Leales, Simoca, Graneros y Cruz Alta.

Enero: Monteros

Febrero: Leales

Abril: Graneros

Mayo: Leales

Junio: Simoca

Julio: Leales

Agosto: Leales

Septiembre: Leales

Octubre: Cruz Alta

Noviembre: Cruz Alta

Diciembre: Simoca

6.12. Procesamiento datos SRTM

Al disponer de los datos altitudinales correspondientes a la provincia de Tucumán, pudo obtenerse la siguiente información referida a las áreas discriminadas:

Tabla N° 36. Distribución altitudinal de las áreas discriminadas en la visualización digital.

Área	Valores altitudinales promedios (msnm)	Máxima	Mínima	Amplitud
Zona Actividad Agrop.	795	1.864	276	1.588
Bosque Montano	2.009	3.733	377	3.356
Bosque Residual	484	701	270	431
Centros Urbanizados	605	1.726	292	1.434
Zona Montana	3.240	5.534	1.051	4.483

La visualización grafica puede ser consultada en el **Anexo N° 26**.

Vale destacar que la mayor proporción de focos de calor, son registrados hacia el Este del pedemonte que atraviesa la provincia, sector en el que se despliegan mayoritariamente la zona con actividad agropecuaria y los bosques residuales, emplazadas donde la amplitud altitudinal es menor.

En cuanto a los focos de calor de cada una de las áreas, los mismos se distribuyen en altura del siguiente modo:

Tabla N° 37. Valores altitudinales extremos de los focos de calor de las áreas discriminadas en la visualización digital.

Área	Máxima	Mínima
Bosque Residual	673	271
Zona con Actividad Agropecuaria	850	228
Zona Montana	2.952	1.667
Bosque Montano	3.117	406
Centros Urbanizados	625	296

En la salida gráfica presentada a continuación se puede observar la distribución altitudinal de los focos de calor de las distintas áreas a lo largo del 2.006.

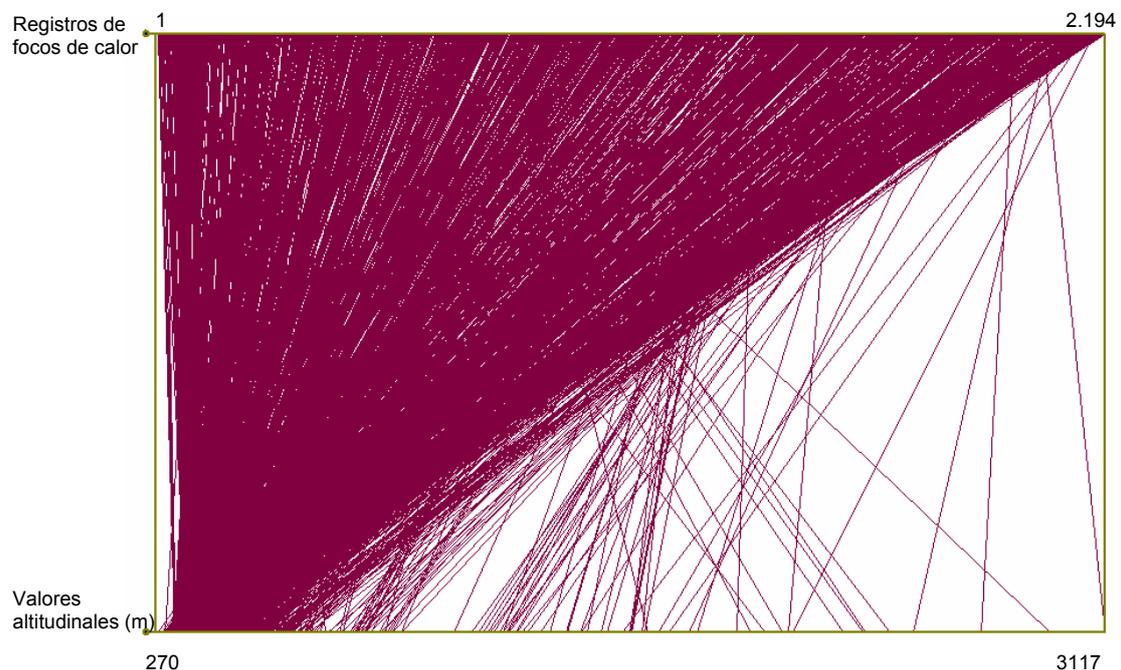


Imagen N° 79. Tendencia cuantitativa entre variables valor altitudinal – registros focos de calor.

Por otro lado, se analizó individualmente la vinculación altitudinal de los focos en las áreas identificadas a través de interpretación visual.

La zona con actividad agropecuaria presenta un promedio altitudinal de 795 m y, el 89 % de la superficie se ubica entre los 290 y los 560 msnm, espacio en el que se encuentra el 1.613 focos de calor, traducido en un 94 % del total.

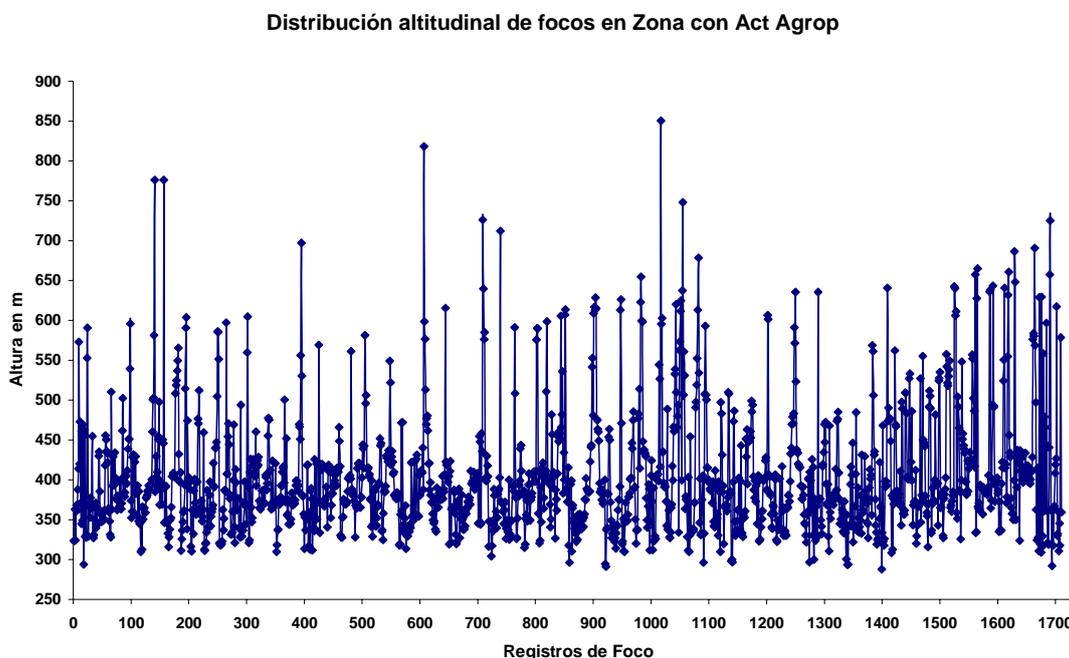


Imagen N° 80. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con actividad agropecuaria

El 67 % de los focos de calor se registran hasta los 1.000 m de altura a pesar de que los bosques montanos presentan una gran amplitud altitudinal y por tanto una gran dispersión en altura de los registros de focos. El 89 % de la superficie se ubica entre los 280 y 370 msnm, donde están presentes 177 focos, el 81 % del total.

Distribución altitudinal de focos en Zona con Bosque Montano

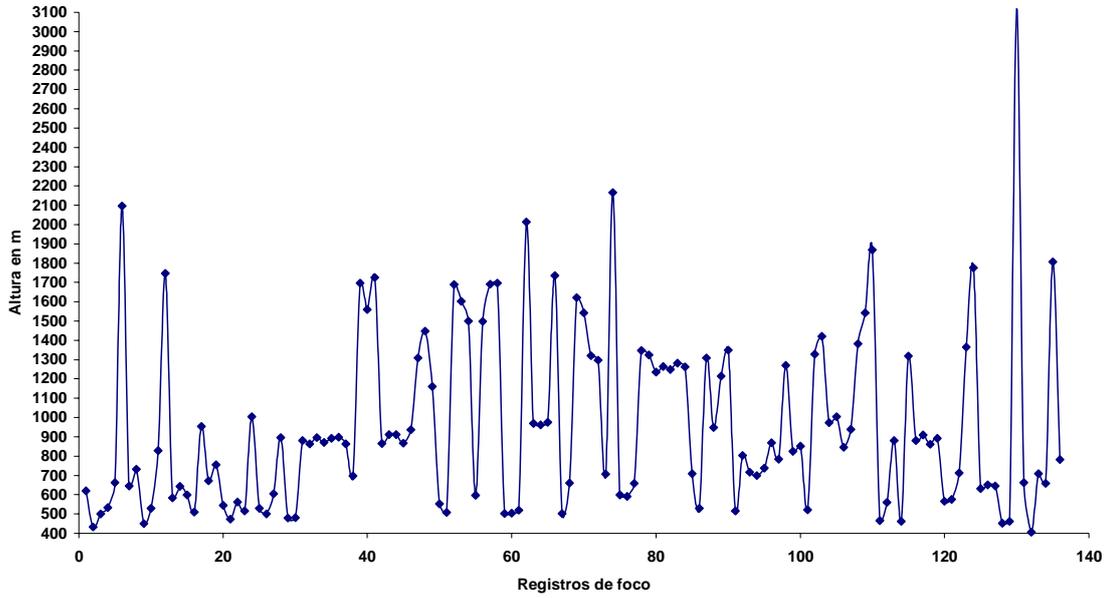


Imagen N° 81. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con bosque montano

Distribución altitudinal de focos en Zona con Bosque Residual

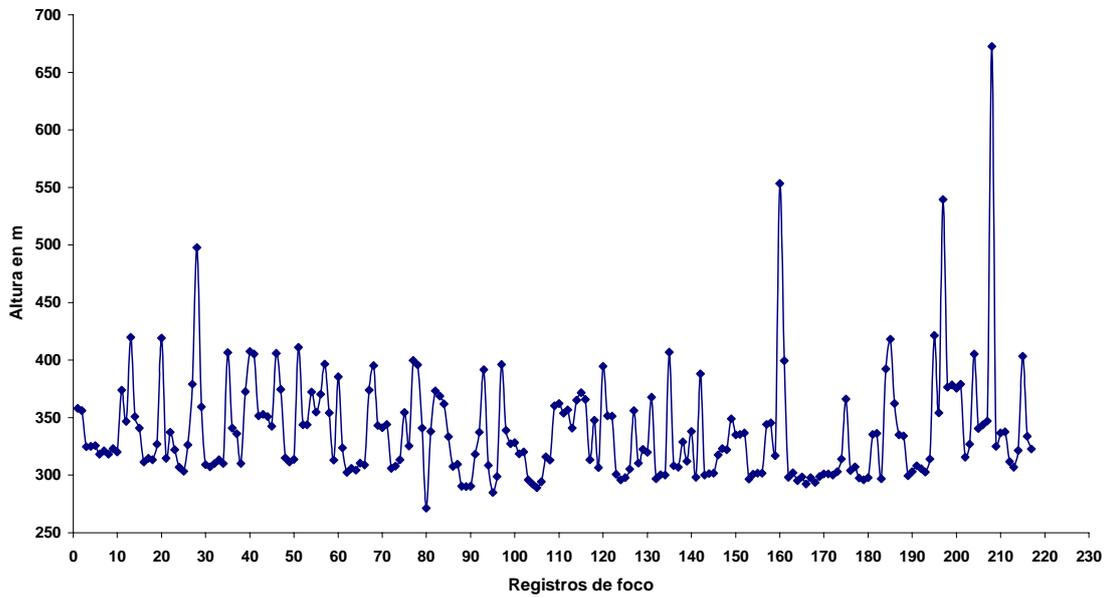


Imagen N° 82. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con bosque residual

A pesar de que los centros urbanos pueden situarse en cualquier nivel altitudinal, se han registrado a los grandes asentamientos poblacionales de la provincia entre los 290 m y los 1.726 msnm. En este espacio, el 85% de los focos de calor (102 registros) se ubican entre los 350 m y los 400 msnm, con escasa participación de focos en localidades de mayor altitud.

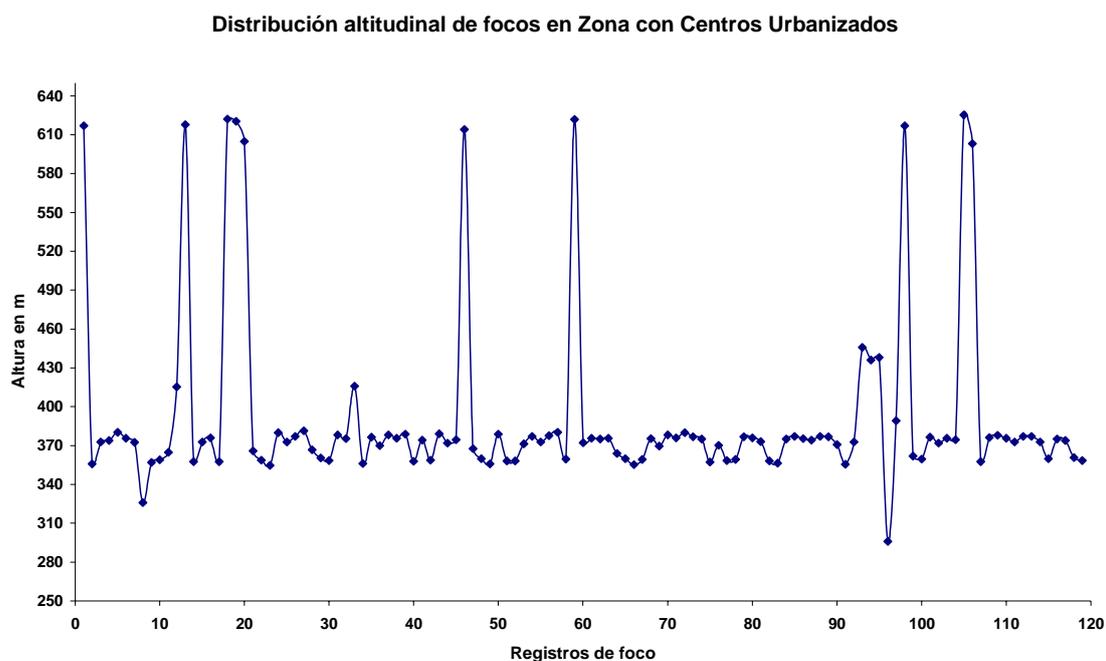


Imagen N° 83. Distribución altitudinal de focos de calor en zona con centros urbanizados

Los focos registrados en la zona de montaña representan el mayor piso altitudinal, (entre los 1.051 m y los 5.534 msnm). Con base en los 1.667 m, es el conjunto de focos mas reducido y el que presenta mayor altura dentro de las zonas discriminadas.

Distribución altitudinal de focos en Zona Montana

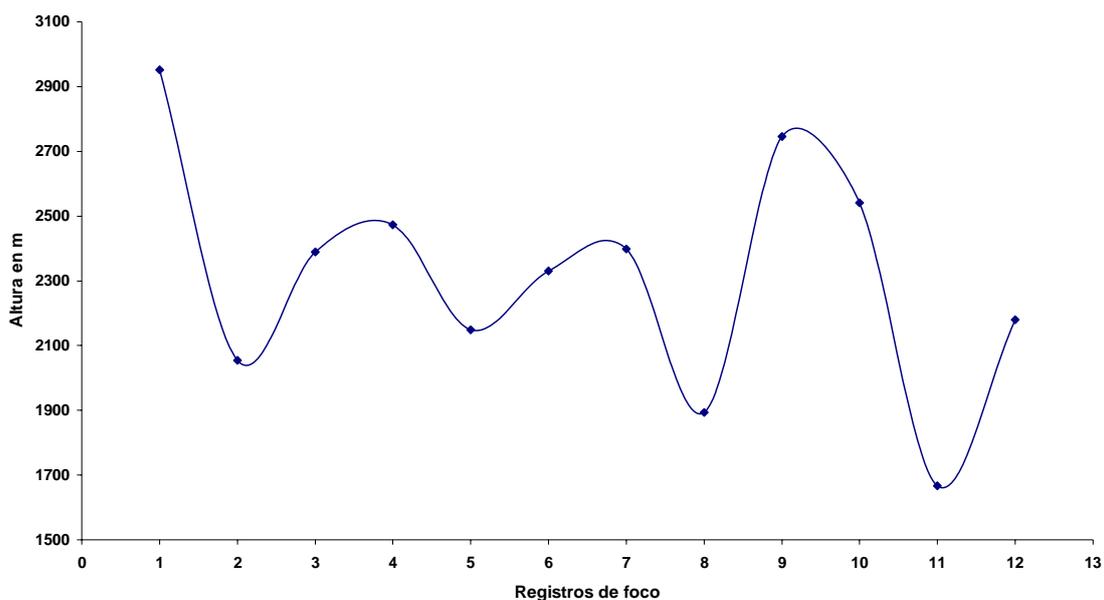


Imagen N° 84. Distribución altitudinal de focos de calor en zona montana

Las alturas promedios de los focos registrados en cada una de las áreas discriminadas que presentaron registros son las siguientes:

Tabla N° 38. Valores altitudinales promedios de los focos de calor de las áreas discriminadas en la visualización digital.

Área	Promedios (msnm)
Zona con Actividad Agropecuaria	401
Bosque Montano	961
Bosque Residual	338
Centros Urbanizados	392
Zona Montana	2.315

Al analizar la distribución de los focos en al área con actividad agropecuaria (área de mayor participación en registros) incluida en elipses, tanto la del 95% (elipse mayor) como la del 50% (elipse menor) presentan una orientación general Noreste-Sudoeste.

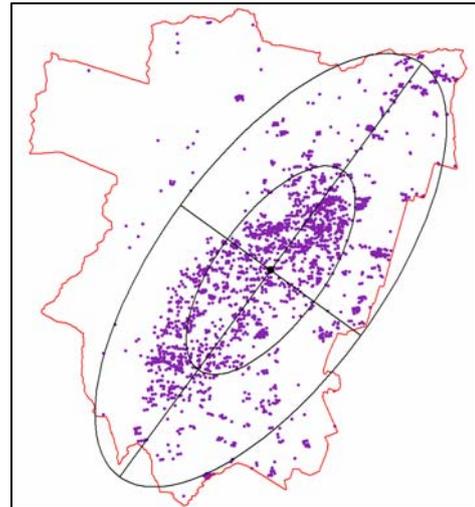
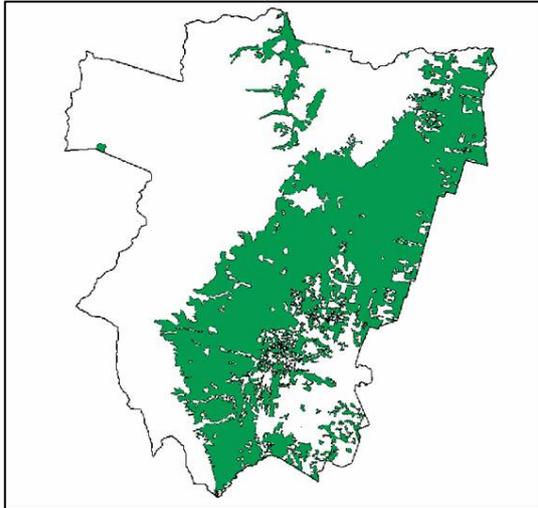


Imagen N° 85. Zona con actividad agropecuaria. Elipse general

Teniendo en cuenta esta situación, se consideró la variación altitudinal del relieve. Para ello se analizó la variabilidad de pendiente siguiendo el eje mayor de la elipse que contiene el 95%.

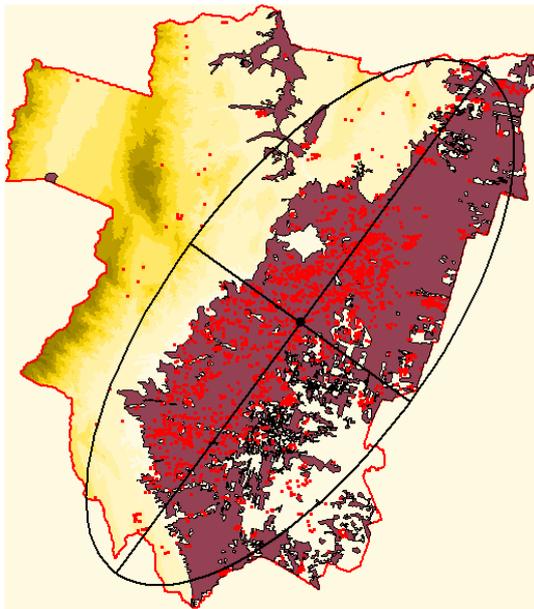


Imagen N° 86. Elipse área con actividad agropecuaria

La salida gráfica fue la siguiente:

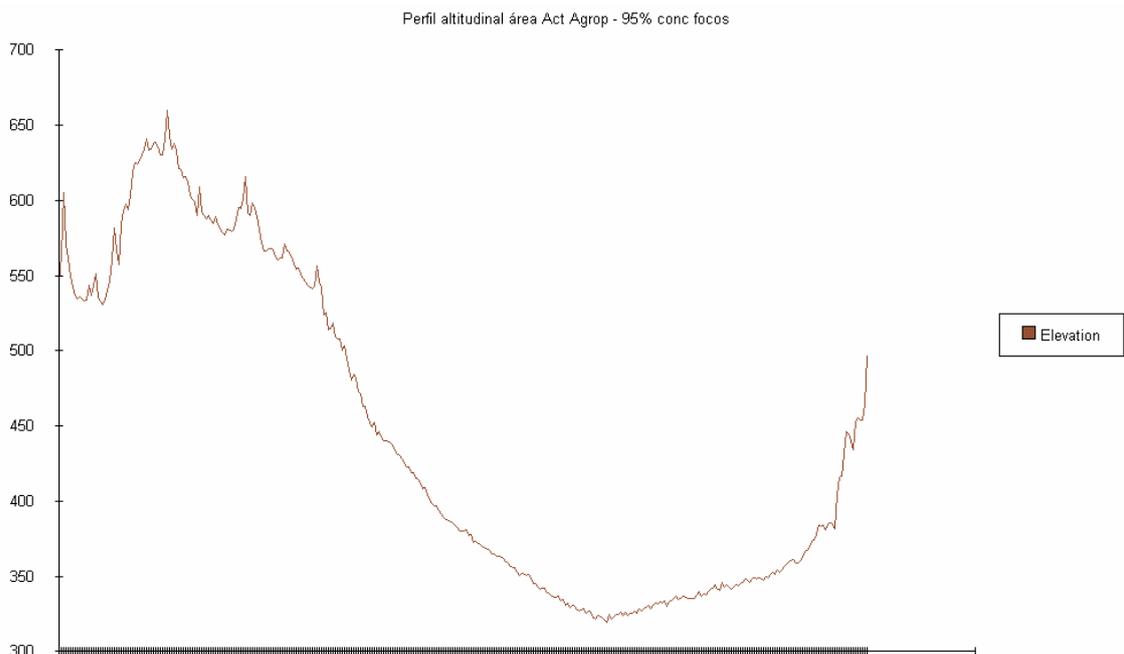


Imagen N° 87. Perfil altitudinal referida al área con ocupación agropecuaria

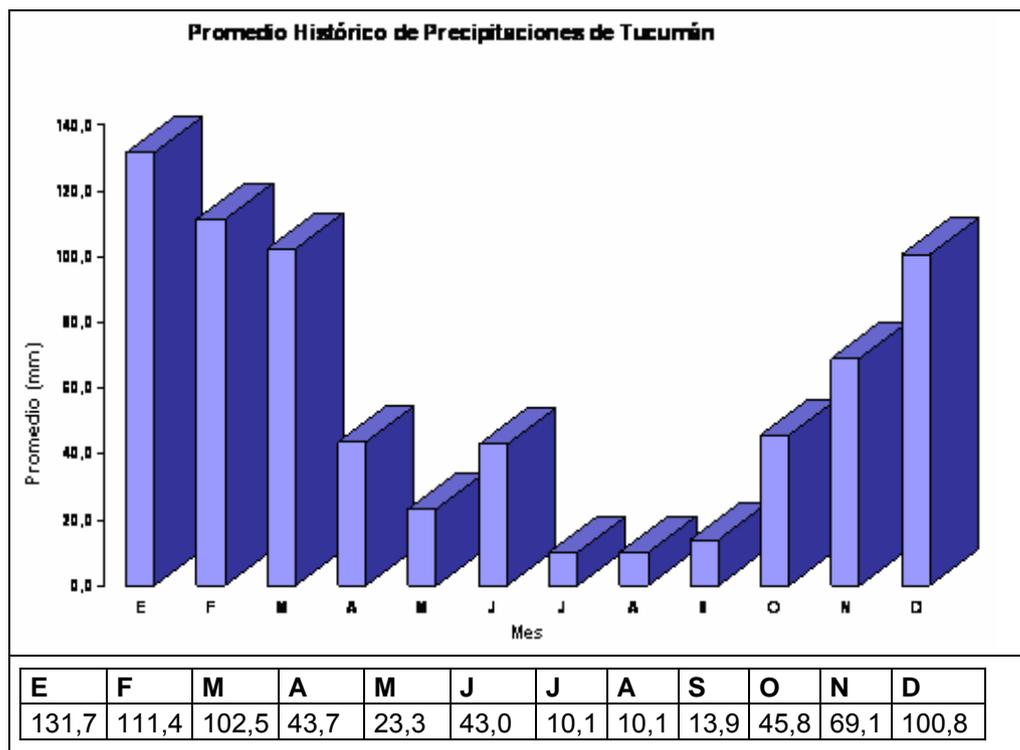
Para una mejor visualización del relieve del área considerada, se procedió a confeccionar algunos modelos digitales de elevación.

Los productos obtenidos son presentados en el **Anexo N° 27**

6.13. Datos climáticos

A partir de datos del WORLDCLIM se obtuvieron los siguientes valores promedio mensuales históricos de precipitaciones de la provincia de Tucumán.

Tabla N° 39. Valores promedio mensuales históricos de precipitación en la provincia de Tucumán



A partir de la combinación de estos datos con los registros de focos de calor, pudo determinarse el valor promedio histórico de precipitación mensual correspondiente a la ubicación de cada uno de los focos de calor, en el mes que los mismos sucedieron. La salida gráfica puede ser vista en el **Anexo N° 28**.

Siguiendo con este análisis, se determinó también el valor promedio de precipitación mensual correspondiente a todos los sitios donde se registraron focos de calor (discriminados mensualmente) en el 2.006.

Tabla N° 40. Valores promedio histórico de precipitación de los sitios donde se registraron focos de calor, discriminado por mes.

Mes	Precipitación Promedio
Enero	152
Febrero	120
Marzo	141
Abril	59
Junio	29
Julio	17
Agosto	15
Septiembre	22
Octubre	61
Noviembre	85
Diciembre	112

Puede observarse en los gráficos que continúan el claro contraste que se da entre los valores de precipitación y los registros de focos de calor.

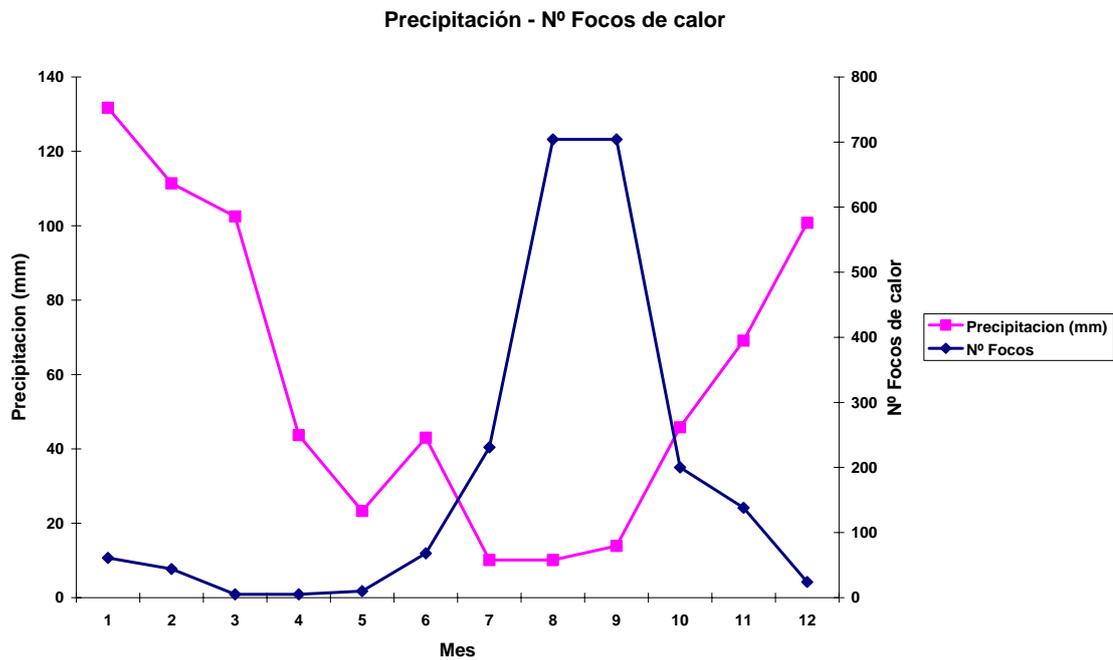


Imagen N° 88. Precipitación – Nº Focos de calor. Tucumán. 2.006

Otra posible visualización de lo mencionado anteriormente se expresa mediante la siguiente salida:

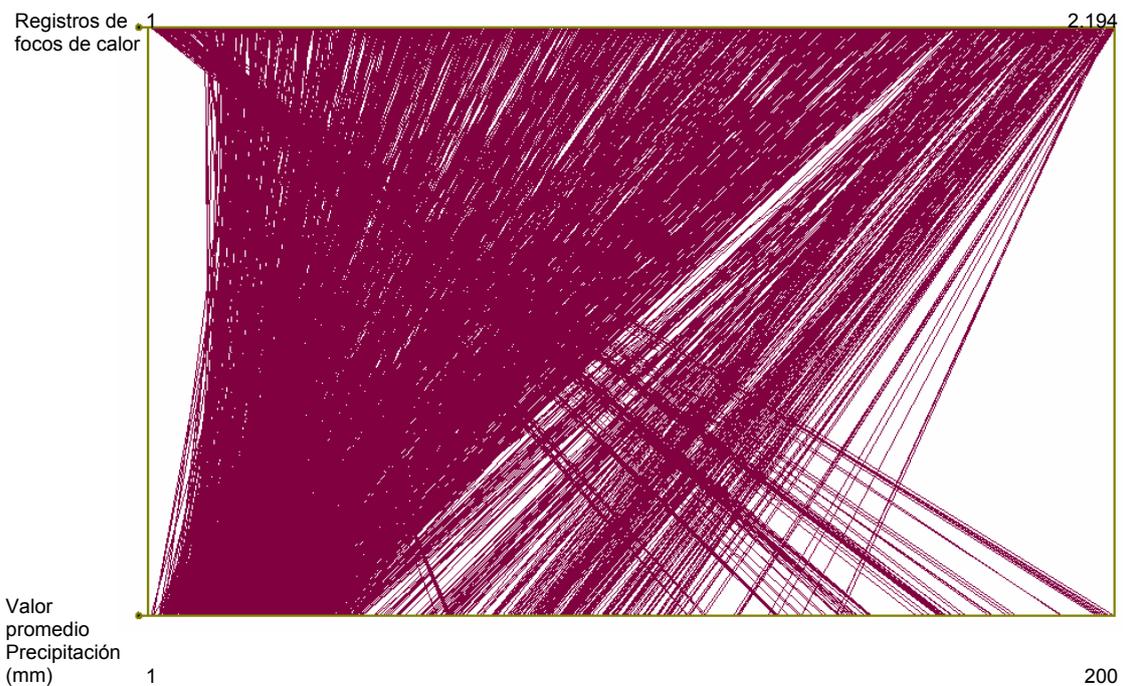


Imagen N° 89. Tendencia cuantitativa entre variables Promedio mensual precipitación – registros focos de calor.

Queda manifiesta en esta salida gráfica que en meses de escasa precipitaciones (≤ 50 mm) los valores de registros de focos son mayores.

6.14 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

Los registros de este índice han sido los siguientes:

6.14.1. Valor promedio anual de NDVI

El análisis del valor anual de NDVI sugiere la presencia casi permanente de actividad fotosintética en la zona con bosque montano, la cual puede identificarse con valores promedios superiores a 200. Valores de 150 y 200 son frecuentes hacia el Este de esta formación, en el área con actividad agropecuaria y bosques residuales, donde la primera, presenta a lo largo del año, una intensa ocupación con cultivos de invierno y verano, lo cual posiciona al promedio en valores relativamente altos. Se ofrece en el **Anexo N° 29** un detalle gráfico y tabular de lo mencionado.

6.14.2. Análisis mensual

En todos los casos el área asociada al bosque montano ha presentado valores altos de NDVI.

La constancia de valores de registro de índice de vegetación se repite para la zona de montañas, en el sector Noroeste de la provincia, valores que en todos los casos son los más bajos, justificado esto por la prácticamente ausencia de vegetación en esa área.

El registro promedio más alto, lo posee el mes de febrero, debido esto a que, a la constante actividades fotosintética de los bosques montanos, se le suma la de los cultivos de verano, que ocupan gran parte de la superficie de la provincia.

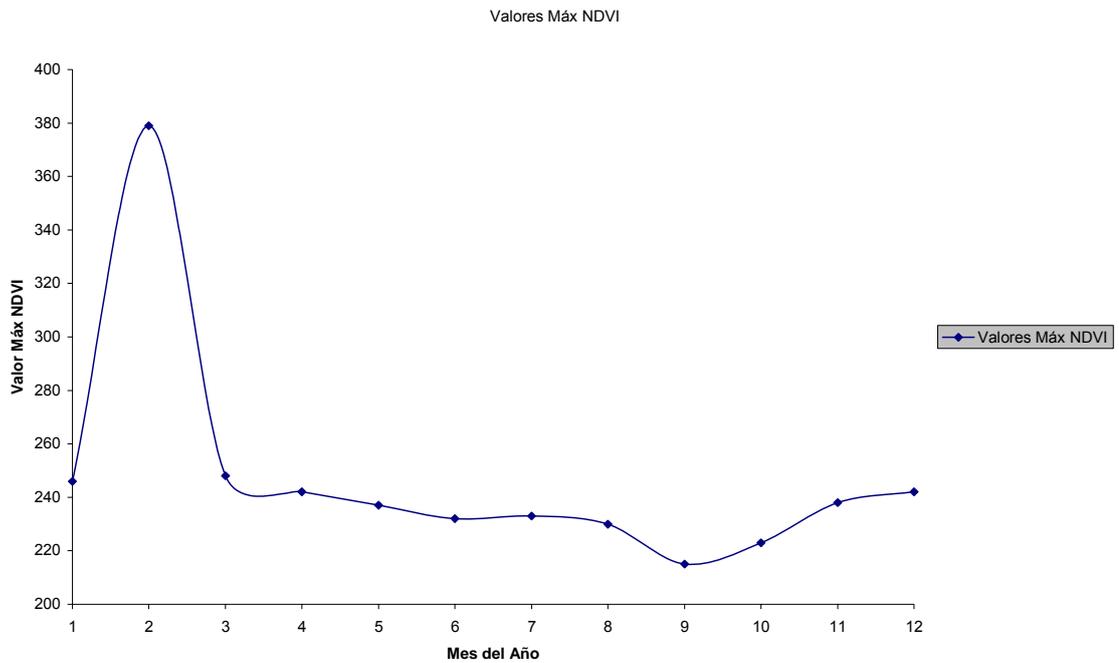


Imagen N° 90. Valores máximos de NDVI por mes en Tucumán

El valor mínimo de NDVI promedio lo ocupa el mes de septiembre, donde se manifiesta la presencia del invierno con la consiguiente inactividad fisiológica de la vegetación y la escasez de precipitaciones.

Una vez superado ese mes, la actividad fotosintética empieza a incrementarse, lo cual puede percibirse con el incremento de las áreas cubiertas con tonalidades de verde, asociado eso con el constante aumento de los valores medios de NDVI mensuales.

El mes de febrero, un 29% de la provincia es ocupado con valores de NDVI cercanos 360, y el 80 % de la provincia registra valores de NDVI mayores a 300, lo que refiere a la alta actividad fotosintética de la cobertura en la superficie total de Tucumán.

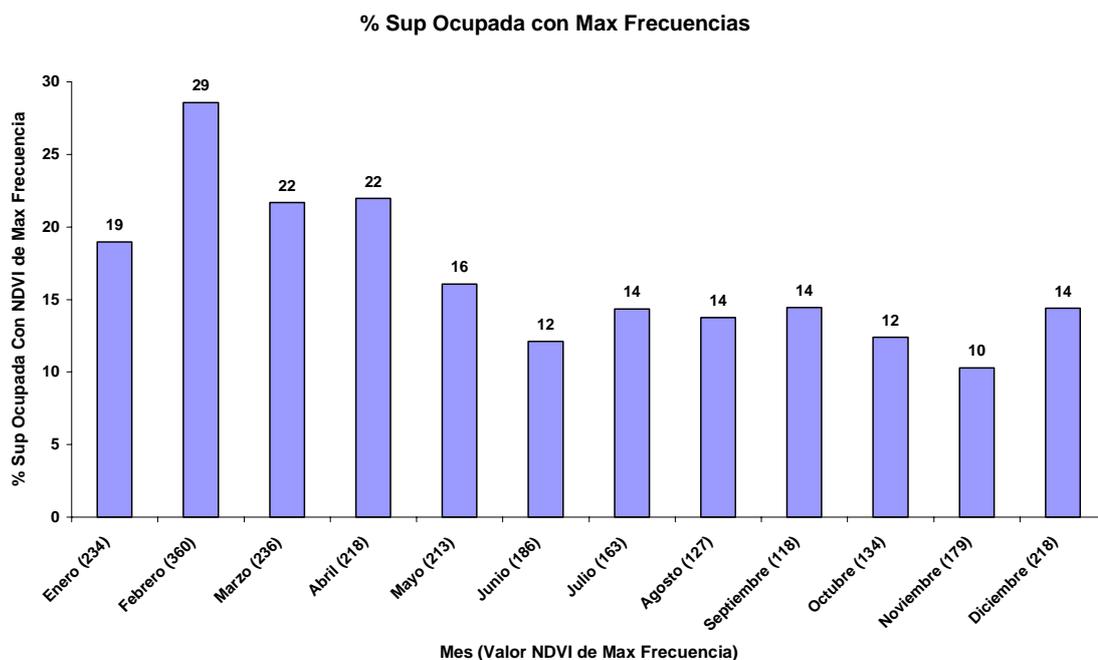


Imagen N° 91. Superficie ocupada con máximas frecuencias de NDVI por mes

Para mayor detalle del NDVI puede ser consultado el Anexo N° 30

6.14.3. Análisis de valores de NDVI por estación.

Los valores máximos de NDVI se dan en verano, estación en la cual aproximadamente el 90 % de la provincia esta cubierta por valores mayores a 150, lo cual indica la actividad fotosintética de la mayor parte de la provincia, llevada a cabo por los bosques montanos, como así también por los cultivos de verano.

Los valores comienzan a declinar a fines del verano, para llegar al mínimo en el invierno, estación en la cual puede notarse que los valores mas altos se dan en los bosques montanos y de manera irregular, en los bosques residuales. El **Anexo N° 31** presenta detalle de lo expuesto anteriormente.

6.14.4. Determinación de áreas de concentración de focos de calor registrados durante el 2006 en la provincia de Tucumán

Haciendo uso de la herramienta Animal Movements Analysis, pudo determinarse diversas áreas de probabilidad de ocurrencia de focos de calor, las cuales se presentan en el **Anexo N° 32**.

Del análisis de la intersección de las áreas de concentración de focos y las áreas digitalizadas presentadas en el **Anexo N° 33** Surge lo siguiente:

En todos los casos la mayor parte de las diversas áreas de concentración de focos de calor abarcan mayoritariamente áreas con actividad agropecuaria.

El área asociada al 95% de los focos, ocupa el 65% de la superficie total con actividad agropecuaria. En el área de concentración del 75% de los focos de calor, la cobertura alcanza al 90%, mientras que en el área de concentración del 50%, la cobertura supera el 95% del área con ese uso.

A modo concluyente puede mencionarse la fuerte asociación entre la actividad agropecuaria y la presencia de focos de calor.

7. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se desarrolló una metodología que permite estudiar la distribución espacial y temporal de los focos de calor sucedidos durante el año 2.006 en la provincia de Tucumán, a partir de registros del fenómeno detectados mediante el sensor MODIS, montado en los satélites Aqua y Terra, ambos de órbita polar baja.

Para realizar este estudio se empleó la base de registro de focos completa del año 2.006, disponible en sitios de dominio público en la Internet. Para el análisis espacial de la distribución de estos focos fueron tomados diferentes límites de referencia. Por un lado, se emplearon el límite provincial y los departamentales. Por otro lado, se realizó una interpretación visual a partir de la cual se determinaron a escala de pantalla 1:100.000, siete tipos de áreas. Se determinó también a grandes rasgos, a partir de fuentes vinculadas al seguimiento de superficies cubiertas por cultivos agrícolas en el NOA, el área de mayor concentración de caña de azúcar.

Para el análisis temporal se tomaron en cuenta los siguientes espacios temporales: el año, los meses y las estaciones del año.

Las conclusiones más relevantes que surgen a partir de la combinación de diversos límites espaciales y temporales son: que los meses de agosto y septiembre son los más críticos en cuanto a número de registro de focos. Debido a la fuerte vinculación del proceso de quema, a la cosecha de caña de azúcar, el área central de distribución de este cultivo esta fuertemente asociado a los registros de focos de calor. Los departamentos Cruz Alta, Leales, Burruyacu, Simoca y Monteros, concentran la mayor cantidad de registros, estando ocupados predominantemente con tierras de uso agropecuario y bosque residuales. Cuando se considera la densidad de focos (focos/10 Km²), los valores más altos pertenecen a los departamentos Cruz Alta, Río Chico, Famailla y Leales.

La estación de invierno es la más crítica, dado que se generan quemas para renovar pasturas, cosechar caña de azúcar y las precipitaciones son escasas. El verano concentra sus focos de calor principalmente en grandes centros urbanizados al Sur de la provincia.

Respecto a las áreas discriminadas, la zona con actividad agropecuaria es predominante sobre el resto en registro de focos, principalmente en invierno.

Con referencia a la variable altura sobre el nivel del mar, la presencia mayoritaria se da en un rango de entre los 250 m y los 700 m.

La elevada presencia de focos de calor asociados a fuego en el centro de la provincia, permite delimitar un área, en una época del año, en la que se realizaría un aporte considerable de gases de efecto invernadero, con otras graves consecuencias para los pobladores locales como lo son la visibilidad (por presencia de humo), la afección a la salud humana, a la calidad de los cultivos, daños a los tendidos eléctricos, etc.

A partir de la elaboración de modelos de proporciones pueden ser analizadas de manera resumida las participaciones en aporte de registros de focos de calor realizadas durante el 2.006 en la provincia de Tucumán: referido a las estaciones del año, los focos de calor (FC) se vinculan del siguiente modo:

$$FC (E) = 24,6 (P) + 5,6 (V) + 2,6 (O) + 67,1 (I)$$

Siendo

P: primavera

V: verano

O: otoño

I: invierno

Referido a los meses del año, del siguiente modo:

$$FC (M) = 2,7 (E) + 2 (F) + ,22 (M) + 0,22 (A) + 0,45 (M) + 3,9 (J) + 10,5 (J) + 32,08 (A) + 32,08 (S) + 9,11 (O) + 6,28 (N) + 1,09 (D)$$

Referido al uso del suelo

$$FC (A) = 9,89 \% (BR) + 6,20 \% (BM) + 5,42 \% (CU) + 77,94 \% (AA) + 0,55 \% (ZM)$$

Siendo

BR: bosque residual

BM: bosque montano

CU: centros urbanizados

AA: área con actividad agropecuaria

ZM: zona de montañas

La conclusión general de este trabajo apunta a remarcar que la percepción remota dispone de herramientas efectivas para la detección, análisis y seguimiento de fuentes emisoras de fuerte radiación en el rango del infrarrojo del espectro electromagnético, asociadas estrechamente a procesos de quemaduras e incendios, hecho que se ve favorecido, por la disponibilidad de software (algunos de uso libre y gratuito), y de importantes bases de datos de dominio público, referidas a diversos temas (focos de calor, modelos digitales de elevación, NDVI, climáticos, etc.).

Es posible a partir de esto, y de un adecuado adiestramiento en su manipulación y análisis, determinar patrones espaciales y temporales que vinculen la ocurrencia de focos de calor, a variables climáticas y territoriales, lo cual permitiría determinar períodos y áreas riesgo de ocurrencia de fuego.

De este modo pueden realizarse seguimientos temporales y espaciales de este tipo de eventos, lo cual representa un medio apropiado para interpretar y por consiguiente predecir el comportamiento del fenómeno, convirtiéndose así en una herramienta eficiente para su prevención y control.

Resulta de gran importancia en la interpretación del fenómeno, disponer de información complementaria referida al uso del suelo. En todos los casos reviste gran valor el aporte del intérprete en la justificación de ese fenómeno.

Otras líneas de trabajo y desarrollo relacionadas al área temática de esta investigación, deberían abordar temas como: delimitación y monitoreo de áreas quemadas, detección en tiempo real de focos de calor, proporciones de error en las detecciones, entre los más destacados.

8. Bibliografía

Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2003. Atlas de los Bosques Nativos Argentinos. Disponible desde Internet en: <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=902> [con acceso el 20 junio de 2007]. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR. Buenos Aires. Argentina.

Best, G.; Gommers, R. 2007. El Cambio Climático. Unidad de Coordinación del Año Internacional de las Montañas. FAO. 2P. Disponible desde Internet en: <http://www.alianzamontanas.org/files/pdf/factsheets/clim-s.pdf> [con acceso el 27 de marzo de 2007]. Roma. Italia.

Bobba, M.; Hernández, C. 2005. Aspectos geográficos del noroeste argentino. En Minetti, J. El clima del Noroeste Argentino. 2005, p 9-25. Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS). Fundación CARL C: ZON CALDENIUS. Investigaciones Paleoclimáticas y Paleoambientales del cuaternario. Sede NOAA. Tucumán. Argentina.

Cabrera, A. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Del boletín de la sociedad Argentina de Botánica, Vol. XIV, N° 1 -2. 43 p. Buenos Aires. Argentina.

Ciesla W. 1996. Cambio Climático, bosques y ordenación forestal. Una visión en conjunto. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma. Italia.

Collado, A. y Echeverría, J. 2005. Información Técnica N° 167: Variabilidad espacio – temporal de los incendios rurales en la provincia de San Luis y Mendoza. 34 p. ISSN 0327-425X. Disponible desde Internet en: http://www.inta.gov.ar/SANLUIS/info/Pub_Biblio/Informacion%20Tecnica%20167.pdf > [con acceso el 15 de julio de 2007] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimenta Agropecuaria San Luis. San Luis. Argentina.

Consortium for Spatial Information of the Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR-CSI). Consorcio para La información Espacial. Disponible desde Internet en: <http://csi.cgiar.org/> >, <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/listImages.asp> [con acceso en julio de 2007]

Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. 3ª edición revisada. 569 p. Ediciones RIALP S.A. Madrid. España.

Département des sciences du melieu et de l'aménagementr du territoire. 2003. Mila Grid Utilities 1.4 Extension. With enhanced Grid multi clip function. Vincent GUISSARD. Disponible desde Internet en: <http://www.mila.ucl.ac.be/logistique/sig/sig-tools/milagrid/milagrid.zip> [con acceso el 01 de julio de 2006]. Bélgica.

Diario La Gaceta. Miércoles 25 de Julio de 2007. Notas de tapa:

La quema de caña dejó sin luz a 90.000 usuarios de Tucumán
Disponible desde Internet en:
<http://www.lagaceta.com.ar/vernota.asp?id_nota=227748> [con acceso el 23 de agosto de 2007]. Tucumán. Argentina.

Diario La Gaceta- Tucumán. Jueves 2 de Agosto de 2007
Notas de tapa: Incendios: La quema de caña provocó un gigantesco corte de luz. Disponible desde Internet en:
< http://www.gacenet.com.ar/vernotae.asp?id_nota=228857>,
<http://www.gacenet.com.ar/vernotae.asp?id_seccion=16&id_nota=228886>
[con acceso el 23 de agosto de 2007]. Tucumán. Argentina.

Dirección de Estadísticas de la provincia de Tucumán (Octubre de 2005 y el 30 de Abril de 2006). Presentación de Censo Citrícola 2005 a través del GIS. Disponible desde Internet en:
<http://www.infofrut.com.ar/archivos/censocitricola.ppt#284,1,Presentación_de_Censo_Citrícola_2005_a_través_del_GIS>con acceso el 15 de agosto de 2007]. Tucumán. Argentina.

Dirección de Estadística de Tucumán. Censo Nacional Agropecuario 1988 y 2002. 2002. Cantidad y Superficie total de las Explotaciones Agropecuarias (EAP), por departamento. Tucumán. Disponible desde Internet en:
<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2004>> [con acceso el 20 de julio de 2007]. Tucumán. Argentina.

Eastman, J. 2006. IDRISI Andes. Guide to GIS and image processing. Clark Labs. Clark University. Estados Unidos.

Enciclopedia encarta. 2007. La provincia de Tucumán. Disponible desde Internet en: <<http://www.tucuman.com/inicio.php>> [con acceso en julio de 2007]. Tucumán. Argentina.

Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes" - Sección Caña de Azúcar. Lo positivo y negativo de la cosecha verde. Nota publicada el día: 03-03-06. Disponible desde Internet en:
<<http://www.eeaoc.org.ar/noticias/noticia.asp?seccion=noticias&id=491>>. [con acceso el 20 de junio de 2007].Tucumán. Argentina.

Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes" - Sección Caña de Azúcar. www.eeaoc.org.ar
Nota publicada el día: 03-08-07 [con acceso el 12 de agosto de 2007].Tucumán. Argentina.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2003. Proyecto Regional "Ordenamiento Territorial Rural Sostenible" (Proyecto GCP/RLA/139/JPN). 77 p. Disponible desde Internet en:
<<http://www.fao.org/Regional/LAmerica/proyecto/139jpn/document/2ordenam/talleres/tfaosigb/doctsigb/marcw82.pdf>> [con acceso en junio de de 2007]

Felicísimo, M. 2001. Modelos Digitales del Terreno. Prácticas con Arc View 3.1, con Spatial Analyst y 3D Analyst. 41 p. Disponible desde Internet en: <<http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/>> [con acceso el 12 de agosto de 2007]. España

Felicísimo, M. Fecha desconocida. Curso de Modelos digitales de terreno. Capitulo 2. El modelo digital de elevaciones. 27 p. Disponible desde Internet en: <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/CursoMDT/Tema_2.pdf> [con acceso julio de 2007]. España

Fire Information for Resource Management System (FIRMS)
Disponible desde Internet en:< <http://maps.geog.umd.edu/firms/default.asp> >, <<http://maps.geog.umd.edu/firms/maps.asp>> [con acceso en junio de 2007]. University of Maryland. Estados Unidos.

Frassia, M. Fecha desconocida. Entendiendo la proyección de los mapas. Disponible desde Internet en: <http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/agric_sat/gps/proyeccion_gauss-kruger.pdf>[con acceso en marzo de 2007].

Fundación IDR. Fecha desconocida. Curso “Introducción a Arc View 3.2”. Programa ECOATLAS. Disponible desde Internet en: <http://recursos.gabrielortiz.com/descargas/manual_av.pdf > [con acceso el 05 de mayo de 2006].

Giglio, L. 2005. MODIS Collection 4 Active Fire Product User’s Guide Version 2.2. Science Systems and Applications, Inc. 42 p. Disponible desde Internet en: <http://maps.geog.umd.edu/products/MODIS_Fire_Users_Guide_2.2.pdf> [con acceso el 25 junio de 2007]

Giglio, L. 2007. MODIS Collection 4 Active Fire Product User’s Guide. Version 2.3. Science Systems and Applications, Inc. 44 p. Disponible desde Internet en: <http://maps.geog.umd.edu/products/MODIS_Fire_Users_Guide_2.3.pdf> [con acceso el 27 junio de 2007]

Giglio, L.; Descloitres, J.; Justice, C.; Kaufman, Y. 2003. An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. 10 p. Disponible desde Internet en: <http://servir.nsstc.nasa.gov/library/papers/Giglio2003_RSE.pdf> [con acceso el 01 de agosto de 2006]. Science Systems and Applications, Inc., Lanham, MD, USA; NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, USA; University of Maryland Department of Geography, College Park, MD, USA. Estados Unidos.

Grimolizzi, O. Fecha desconocida. Diseño, desarrollo y construcción de Radiómetros UV en Tucumán (CONICET - Facultad de Ciencias Naturales UNT). Disponible desde Internet en: <<http://www.conicet.gov.ar/diarios/2006/octubre/062.php>> (Periodismo de verdad, Tucumán) [con acceso el 12 de julio de 2007]. Tucumán. Argentina.

Herrera, P.; Torrella, S.; Adámoli, J. 2003. Los incendios forestales como modelador del paisaje en la región chaqueña. In Fuego en los ecosistemas argentinos. Kunst, C.; Bravo, S.; Panigatti, J., 2003, p 145-155. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Santiago del Estero. Argentina.

Hijmans, R.; Cameron, S.; Parra, J.; Jones, P.; Jarvis A. 2005. Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965–1978 (2005). Disponible desde Internet en: < http://www.worldclim.org/worldclim_IJC.pdf >, [con acceso el 27 junio de 2007]. Museum of Vertebrate Zoology, University of California, 3101 Valley Life Sciences Building, Berkeley, CA, USA, Department of Environmental Science and Policy, University of California, Davis, CA, USA; and Rainforest Cooperative Research Centre, University of Queensland, Australia; International Center for Tropical Agriculture, Cali, Colombia; International Plant Genetic Resources Institute, Cali, Colombia.

Hooge, P.; Eichenlaub, B. 1997. Animal movement extension to Arc View. Alaska Science Center - Biological Science Office, U.S. Geological Survey, Anchorage, AK, USA. Disponible desde Internet en: <http://www.absc.usgs.gov/glba/gistools/animal_mvmt.htm> [con acceso el 20 de julio de 2007]. Estados Unidos.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de procesamiento de imagen. Fecha desconocida. Conceitos Cartográficos Básicos Para o Uso do SPRING. Disponible desde Internet en:

<http://www.dpi.inpe.br/spring/usuario_spa/cartogrf.htm#sistem_coord> [con acceso el 23 de marzo de 2006].

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1990. Atlas de Suelos de da Republica Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires. Argentina

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2007. Detección, Monitoreo y Peligrosidad de Incendios. Disponible desde Internet en:

<<http://www.fuego.org.ar/conceptos/glosario.htm>> [con acceso el 23 de marzo de 2007]. INTA Castelar. Buenos Aires. Argentina.

Jiménez, A.; Moglia, J. 2003. Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico. 326 p. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Santiago del Estero. Argentina.

Laboratorio de Teledetección y SIG - INTA EEA SALTA. 2007. Campaña agrícola 2006/2007. Cultivos de Verano (soja, poroto, maíz, sorgo, maní y algodón). Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/info/resultados/verano0607/verano0607_1er_inf_situacion.htm> [con acceso el 5 de agosto de 2007]. Salta. Argentina.

Levine, j. 2004. Biomass Burning and the Production of Greenhouse Gases. *Climate Biosphere Interaction: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change*. Edited by Righard G.Zepp.

ISBN 0-471-58943-3 Copyright 1994 John Wiley and Sons, Inc. Disponible desde Internet en:

< http://asd-www.larc.nasa.gov/biomass_burn/biomass.html > [con acceso el 7 de septiembre de 2007]. Atmospheric Sciences Competency NASA Langley Research Center. Hampton. Virginia. Estados Unidos

MacAllister, M. 2002. Monitoring elephant location. Disponible desde Internet en: < <http://www.fieldtripearth.org/article.xml?id=105&ordinal=5> >

< <http://www.fieldtripearth.org/article.xml?id=105&ordinal=7> > [con acceso el 5 de octubre de 2007]. Field trip earth.. North Carolina Zoological Society.

Ministerio de Salud Pública. Secretaría de Planeamiento de la Provincia de Tucumán. Ministerio de Salud de la Nación. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. Fecha desconocida. Indicadores Básicos 2006. Tercera edición. Disponible desde Internet en:

< http://www.msptucuman.gov.ar/docs/indicadores_2006.pdf > [con acceso el 5 de octubre de 2007]. Tucumán. Argentina.

MODIS FIRE and Thermal Anomalies. MODIS Active Fire Products. Disponible desde Internet en:

< <http://modis-fire.umd.edu/MOD14.asp>>[con acceso en junio de 2007]

MODIS FIRE and Thermal Anomalies. Methodology. Active fire detection algorithm. Disponible desde Internet en:

<<http://modis-fire.umd.edu/methodology.asp> >[con acceso en junio de 2007]

NASA (National Aeronautics and Space Administration). 2007. Earth Observatory. United State of America. Disponible desde Internet en:

<<http://earthobservatory.nasa.gov/Library/GlobalFire/printall.php>> [con acceso el 22 de marzo de 2007]. Estados Unidos.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). Fecha desconocida. MODIS Website. Componentes. Disponible desde Internet en:

< <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/components.php> > [con acceso en marzo de 2007]. Estados Unidos.

Mazzone, L.; Pérez, D.; Fandos, C.; Soria, F. 2005. Hoja Informativa N° 7. Producción de palta en Tucumán y Argentina. Comercio de palta en el Mercado Central de Buenos Aires, precios internos y exportaciones, en el período 1996-2004. 4 p. Disponible desde Internet en:

<<http://www.eeaoc.org.ar/up-load/upload/informativa07.pdf> > [con acceso el 19 de julio de 2007]. Sección Economía y Estadísticas y Sección Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán. Argentina.

Minetti, J. 2005. Climatología de los vientos. In Minetti, J. El clima del Noroeste Argentino. 2005, p 117-127. Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS). Fundación CARL C: ZON CALDENIUS. Investigaciones Paleoclimáticas y Paleoambientales del cuaternario. Sede NOAA. Tucumán. Argentina.

MODIS Rapid Response. Frequently Asked Questions. Disponible desde Internet en: < <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/faq/>> [con acceso el 26 de marzo de 2007]. Nasa. Estados Unidos

Paoli, H.; Volante, J.; Bianchi, A.; Cabral, C.; Elena, H. 2005. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña de invierno 2005. 18 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno05/INFORME_FINAL_TRIGO_05.pdf> [con acceso el 29 septiembre de 2007].

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Salta - Jujuy. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Paoli, H.; Volante, J.; Noé, Y.; Campos, C.; Vale, L.; Elena, H.; Morales, M. 2006. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2005-2006. Cultivos de verano. 31 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_verano0506/INFORME_CULTIVO_%20VERANO_2006_final.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Paoli, H.; Volante, J.; Noé, Y.; Campos, C.; Vale, L.; Elena, H. 2007. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2006-2007. Cultivos de verano. 33 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/info/resultados/verano0607/verano0607_1er_inf_situacion.htm> [con acceso el 15 de septiembre de 2007].

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Paoli, H.; Volante, J.; Noé, Y.; Campos, C.; Vale, L.; Elena, H.; Morales, M. 2007. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2006. Cultivos de invierno. Relevamiento de cultivos de trigo en el NOA a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2006. 20 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno06/INFORME_FINAL_TRIGO_2006_web.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). INTA – Centro Regional Salta – Jujuy.. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Pérez, D.; Fandos, C.; Mazzone, L.; Soria, F.; Scandalariis, P. 2006.

La actividad agrícola y agroindustrial de Tucumán, síntesis últimas campañas. 15 p. Disponible desde Internet en:

<<http://www.eeaoc.org.ar/economia/agricultuc.pdf>> [con acceso el 20 de agosto de 2007]. Sección Economía y Estadísticas y Sección Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica. Estación Experimental Agrícola y Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán. Argentina.

Pérez, D.; Mazzone, L.; Fandos, C., Soria F.; Scandaliris, P. 2006. Hoja Informativa N° 11: Zafra azucarera 2004/2005: superficie implantada, producción, rendimiento, precios y margen bruto en la provincia de Tucumán. Perspectivas zafra 2005/2006. 4 p. Disponible desde Internet en: <<http://www.eeaoc.org.ar/up-load/upload/informativa11.pdf>> [con acceso el 20 de agosto de 2007]. Sección Economía y Estadísticas y Sección Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica - Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán. Argentina.

Pérez, D.; Mazzone, L.; Fandos, C.; Soria, F.; Scandaliris, P. 2006. Hoja Informativa N° 15 : Zafra azucarera 2006 vs 2005: superficie implantada, producción, rendimiento, precios y margen bruto en la provincia de Tucumán. 3 p. Disponible desde Internet en: <<http://www.eeaoc.org.ar/up-load/upload/informativa15.pdf>> [con acceso el 20 de agosto de 2007]. Sección Economía y Estadísticas y Sección Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica - Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán. Argentina.

Pirovano, F. (Approved by Robert K. Hoff. U.S. Embassy). 2006. Global Agriculture Information Network Report Number: AR6039. Argentina Citrus Annual 2006. Disponible desde Internet en: <<http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200612/146249711.doc>> [con acceso el 1 de julio de 2007]. USDA Foreign Agricultural Service. Estados Unidos.

Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR. 1998 – 2005. Informe Nacional. 1ª Edición. 2007. 92 p. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. Argentina.

Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR. 1998 – 2005. Informe regional Parque Chaqueño. 1ª Edición. 2007. 114 p. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. Argentina.

Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR. 1998 – 2005. Informe regional Selva Tucumano Boliviana. 1ª Edición. 2007. 90 p. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires. Argentina.

RAM (Revista del Aficionado a la Meteorología). N° 43. Septiembre de 2006. Visualizador geográfico interactivo de información sobre fuegos a partir de datos de satélite del sensor MODIS. El caso de los incendios de Galicia de agosto de 2006. Disponible desde Internet en:

<<http://www.meteored.com/ram/numero43/visualizador-geografico-fuegos-satelite.asp>> [con acceso el 20 de agosto de 2007]. España.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2002. Censo Nacional Agropecuario. Ministerio de Economía. Informe sobre los resultados del Censo Nacional Agropecuario 2002. Disponible desde Internet en:

<
<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/economia_agraria/index/censo/Total_Pais.pdf> [con acceso el 7 de julio de 2007]. Buenos Aires. Argentina.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Índice de cartaimágenes de satélite por provincia: Tucumán. Disponible desde Internet en: <<http://ambiente.gov.ar/?idarticulo=2420>> [con acceso en marzo de 2007]. Buenos Aires. Argentina.

Sistema Provincial de Salud. Departamento de Estadística. Fecha desconocida.

Principales enfermedades epidemiológicas notificadas de la provincia de Tucumán. Años 1991-2003. Disponible desde Internet en:

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2004/Aspectos%20Sociales/Salud%20-%20HTMLs/Salud10.htm>> [con acceso el 2 de julio de 2007].

Tucumán. Argentina.

Shuttle Radar Topography Mission. 2007. The mission to map the world. Disponible desde Internet en:

<<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/missionoverview.html>> [con acceso el 26 de marzo de 2007]. Estados Unidos.

Sitio oficial de la provincia de Tucumán. 2007. Aspectos geográficos, hidrográficos, climáticos, fisonómicos. Disponible desde Internet en:

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/geograficos01e.htm>> ,

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/geograficos01f.htm>> ,

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/geograficos01g.htm>> ,

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2005/geograficos01h.htm>>

[con acceso el 15 de septiembre de 2007]. Tucumán. Argentina.

Spot Vegetation. 2007. Disponible desde Internet en: <www.vgt4africa.org> ,

<<http://www.spot-vegetation.com/>> , <<http://www.vgt.vito.be/>> ,

<<http://www.vgt.vito.be/faq/faq.html>> [con acceso en de agosto de 2007]. Bélgica

Universidad Distrital y ERDAS, Inc. Fecha desconocida. Manual ERDAS "ERDAS Tour Guide". Versión en Español. Capítulo 14. Mosaicos.

< www2.erdas.com/supportsite/documentation/files/Tour_Guide_en_Espanol.ZIP> [con acceso en de mayo de 2007]. Bogotá. Colombia.

U.S.G.S. Planetary GIS Web Server – PIGWAD. GridPig Extension. Disponible desde Internet en:

<<http://webgis.wr.usgs.gov/pigwad/tutorials/planetarygis/gridpig.htm>> [con acceso en agosto de 2007]. Estados Unidos.

Valdora, E.; Soria, M. 1999. Árboles de interés forestal y ornamental para el noroeste argentino. 115 p. Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de las Yungas – LIEY. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán. Tucumán. Argentina.

Vicini, L. (Referente Regional PRECOP - Proyecto Nacional de Eficiencia de Cosecha y Postcosecha de Granos - del INTA Tucumán-Santiago del Estero) Fecha desconocida. La Sustentabilidad en Campos de Granos del NOA PRECOP. Disponible desde Internet en:

<<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/articulosIndice.asp#otroSust>> [con acceso el 1 de agosto de 2007]. Tucumán. Argentina.

Volante, J.; Benedetti P; Paoli H; Moreno R; Fernandez, D. 2004. Monitoreo de cultivos del noroeste argentino a partir de sensores remotos, Campaña agrícola 2004 – Caña de azúcar. 15 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/nea/prorenea/zonadescarga/Cana04/INFORME_FINAL_CA%C3%91A2004.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007]

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H. 2001. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2000 - 2001. Cultivos de verano. 28 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.relevamientocultivo.org.ar/zonadescarga/Cult_verano0001/INFORME%20FINAL.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007]

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H. 2004. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2003 - 2004. Cultivos de verano (Soja, poroto, maíz, sorgo, maní, algodón). 32 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/nea/prorenea/zonadescarga/Cult_verano0304/INFORME%20CULTIVO%20VERANO%202004%20%20FINALsm.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Centro Regional NOA. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H.; Fernández, D. 2001. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña de trigo 2001. 23 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/nea/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno01/Informe_final_trigo.PDF> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental

Agropecuaria Salta. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H.; Fernández, D. 2002. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2001-2002. Cultivos de verano (Soja, poroto, maíz). 26 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_verano0102/Informe_verano_2002.PDF> [con acceso el 19 de julio de 2007]

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H.; Fernández, D. 2003. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2002-2003. Cultivos de verano (Soja, poroto, maíz, sorgo, maní). 27 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_verano0203/INFORME%20CULTIVO%20VERANO%202003%20%20FINAL.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H.; Fernández, D. 2002. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña de trigo 2002. 23 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno02/Informe%20final%20de%20trigo%202002.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Paoli, H.; Bianchi, A. 2005. Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña agrícola 2004-2005. Cultivos de verano (soja, poroto, maíz, maní y otros). 29 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_verano0405/INFORME_FINAL_CAMPA%20C3%91A2005.pdf> [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Bianchi, A.; Paoli, H.; Fernández, D. 2003. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña de invierno 2003. 19 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno03/Informe%20final%20de%20trigo%202003.pdf > [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional NOA. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Volante, J.; Paoli, H.; Bianchi, A. 2004. Monitoreo de cultivos extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Campaña de invierno 2004. 16 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/Cult_invierno04/Informe%20final%20de%20trigo%202004.pdf > [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Salta - Jujuy. Estación Experimental Agropecuaria Salta. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Salta. Argentina.

Sección Economía y Estadísticas. Secretaría de Agricultura y Ganadería de Tucumán. Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográficos. Fecha desconocida. Superficie plantada 1990-1998. Superficie cosechable. Rendimiento (Tn/Ha) Caña molida, rendimiento fabril %, y azúcar producida 1990-2006. Disponible desde Internet en:

<<http://www.tucuman.gov.ar/planeamiento/anuario2004/Aspectos%20Economicos/Estructura%20Agropecuaria%20-%20HTMLs/Cana/cania05.htm>> [con acceso el 20 de agosto de 2007]. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. Tucumán. Argentina.

Secretaría de Agricultura, Ganadería Pesca y Alimento. 2004. Resultados Definitivos del Censo Nacional Agropecuario 2002. Disponible desde Internet en:

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/programas/economia_agraria/index/censo/definitivos.php> [con acceso el 15 de marzo de 2007].

Sedeño, E., Setter, A. 2006. Sistema para la detección y monitoreo de incendios en la vegetación con el empleo de la teledetección. Pronóstico de peligro a corto y mediano plazo. Disponible desde Internet en:

<http://www.cptec.inpe.br/queimadas/documentos/2006_mejias_setzer_15congmexmet_sistema.pdf > [con acceso el 23 de agosto de 2006]. XV Congreso Mexicano de Meteorología. Jalisco. México.

Volante J.; Bianchi A.; Paoli H.; Noé, Y.; Elena H.; Cabral, C. 2005. Análisis de la Dinámica del Uso del suelo agrícola del NOA mediante teledetección y sistemas de información geográfica. Sistemas de Información Geográfica. Período 2000-2005. 70 p. Disponible desde Internet en:

<http://www.inta.gov.ar/region/noa/prorenea/zonadescarga/uso_suelo/Analisis_de_la_dinamica_del_uso_del_suelo.pdf > [con acceso el 19 de julio de 2007].

Proyecto de Relevamiento de Cultivos del NOA. (Pro.Re.Noa). Estación Experimental Agropecuaria Salta. Instituto Nacional de Tecnología

Agropecuaria. Centro Regional Salta – Jujuy. Información para la planificación y el ordenamiento territorial. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.

Zerda, H. 2002. Sistemas de Información Geográfica: principios básicos. Una aplicación forestal basada en Arc View v. 3.1. Santiago del Estero. Argentina.

Zerda, H. 2003. Percepción remota y SIG para el estudio del fuego. In Fuego en los ecosistemas argentinos. Kunst, C.; Bravo, S.; Panigatti, J., 2003, p 313-326. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Santiago del Estero. Argentina.

Zerda, H. 2004. Manual de Teledetección. Disponible desde Internet en: <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/PINBN/nueva_version_manuales/pinbn_manual_teledeccion.pdf> [con acceso el 01 de agosto de 2006].

Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR. Inventario de Bosques Nativos y Sistemas Nacionales de Evaluación Forestal. 1998 – 2001. República Argentina.

Zerda, H.; Tiedemann, J. 2005. Monitoreo de las coberturas de la Provincia de Santiago del Estero mediante índices de vegetación derivados de VEGETATION SPOT4. En resúmenes de 4^{tas} Jornadas de Ciencia y Tecnología de la UNSE. Sección: Ingenierías, Ambiente y Biotecnología. p 27-28. Santiago del Estero. Argentina.

Anexos
Anexo N° 1

Tabla N° 1: Superficies cubiertas por distintos cultivos en el NOA en últimas campañas

Cultivo	Campaña agrícola	Salta	Jujuy	Tucumán	Sgo del Estero	Catamarca	Total
Soja	2000/1	322.430		241.020	531.580	34.340	1.129.370
	2001/2	341.120	770	239.140	663.030	36.190	1.280.250
	2002/3	386.600	2.370	242.340	715.000	42.940	1.389.250
	2003/4	457.740	2.470	253.400	739.490	40.710	1.493.810
	2004/5	425.710	5.070	266.820	690.330	10.720	1.398.650
	2005/6	542.330	3.970	280.980	857.830	67.750	1.809.640
	2006/7	569.810	12.120	318.600	832.310	59.700	1.792.540
Maíz	2000/1	36.690	3.070	28.140	69.920	1.430	139.250
	2001/2	46.710	4.420	26.470	56.950	3.450	138.000
	2002/3	47.680	2.950	27.970	47.640	3.840	130.080
	2003/4	44.170	1.240	27.720	62.140	2.160	137.430
	2004/5	69.180	2.680	39.810	161.680	2.030	275.380
	2005/6	88.170	490	36.920	135.820	10.070	271.470
	2006/7	113.900	1.980	45.500	137.190	5.390	303.960
Poroto	2000/1	203.850	27.870			2.970	234.690
	2001/2	222.190	21.840		3.610	350	247.990
	2002/3	202.080	31.870		3.480	620	238.050
	2003/4	173.540	32.170		2.250		207.960
	2004/5	189.800	38.840		3.120		231.760
	2005/6	236.110	43.010		16.760		295.880
	2006/7	200.690	37.140	3.290	19.780		260.900
Maní	2000/1	8.900					8.900
	2001/2	5.510					5.510
	2002/3	4.530	230				4.760
	2003/4	6.050	500				6.550
	2004/5	8.870	260				9.130
	2005/6	3.430					3.430
	2006/7	3.160					3.160
Algodón	2000/1	2.340			108.090		110.430
	2001/2	2.330			17.359		19.689
	2002/3	2.300			27.850		30.150
	2003/4	2.650			58.540	700	61.890
	2005/6	3.460					3.460
	2006/7	6.460			59.050		65.510
Trigo	2000/1	121.490	1.300	178.650	270.250	29.680	601.370
	2001/2	118.240	1.360	161.670	269.030	15.760	566.060
	2002/3	144.970	2.050	162.380	329.020	11.790	649.510
	2003/4	172.670	960	224.270	255.080	24.790	653.390
	2004/5	87.710	380	230.865	192.590	19.885	531.430
	2005/6	145.340	1.280	192.960	247.360	24.170	614.900
	2006/7						0
Cártamo	2000/1	22.800					22.800
	2001/2	19.790					19.790
	2002/3	32.140					32.140
	2003/4	75.020	1.230				76.250
	2004/5	48.440	1.050				49.490

(04-5) Maíz/algodón Sgo del Estero

(05-6) Maíz/Sorgo Algodón-Sgo del Estero

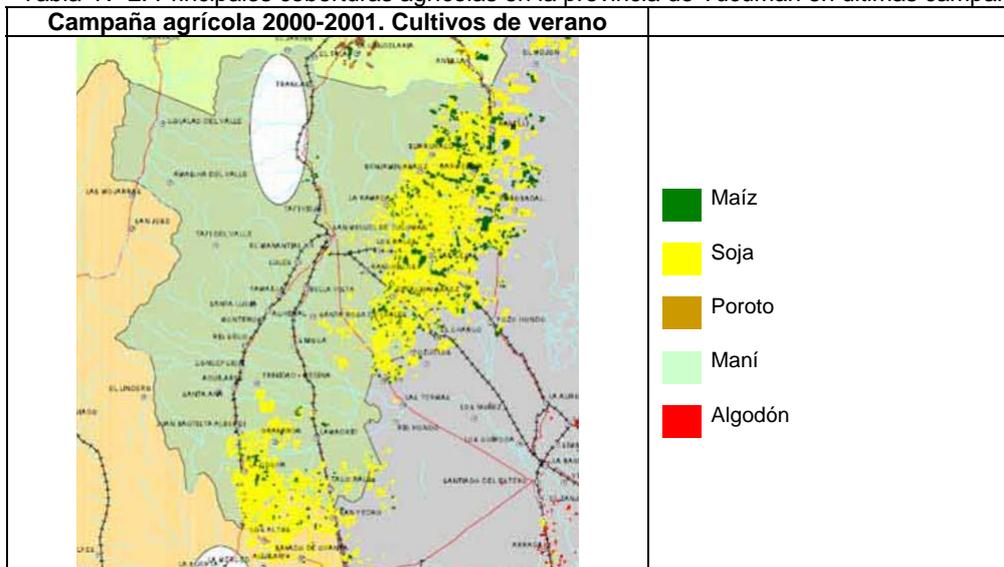
	2005/6	62.780					62.780
	2006/7						0
Sorgo	2000/1			1.500			1.500
	2001/2			1.500			1.500
	2002/3			700			700
	2003/4						0
	2004/5						0
	2005/6						0
	2006/7	9.210			31.780		40.990
Caña de Azúcar	2000/1			184.100			184.100
	2001/2			183.390			183.390
	2002/3			185.727			185.727
	2003/4	26.040	59.290	195.500			280.830
	2004/5	29.210	63.330	213.820			285.660
	2005/6	32.100	68.150	224.390			303.420
	2006/7	37.280	78.320	287.110			402.710

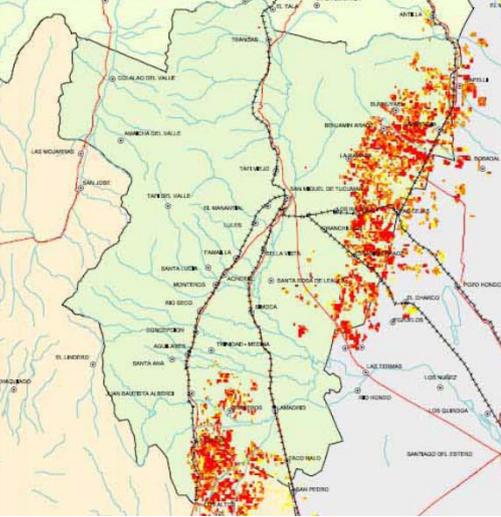
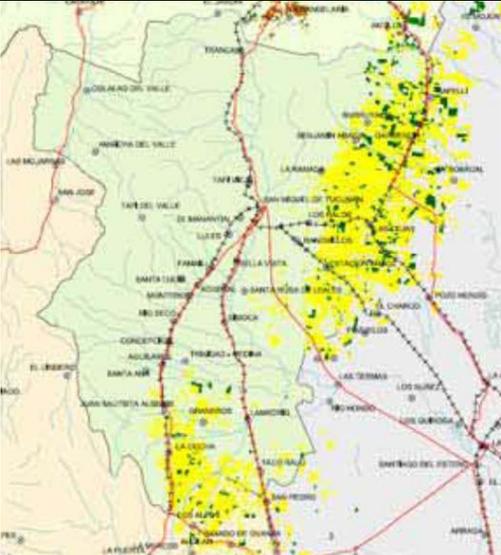
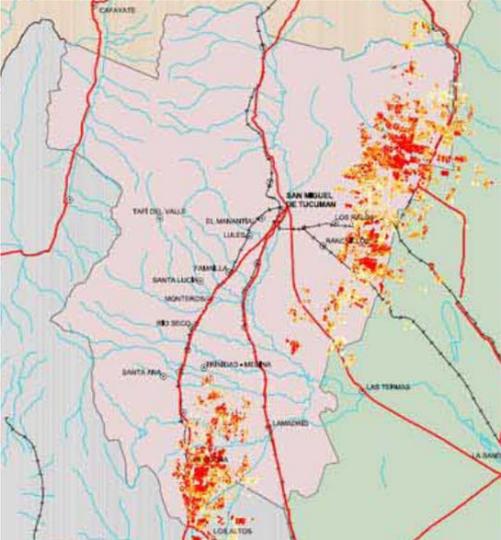
Fuente: Dirección de Agricultura de la provincia de Tucumán.

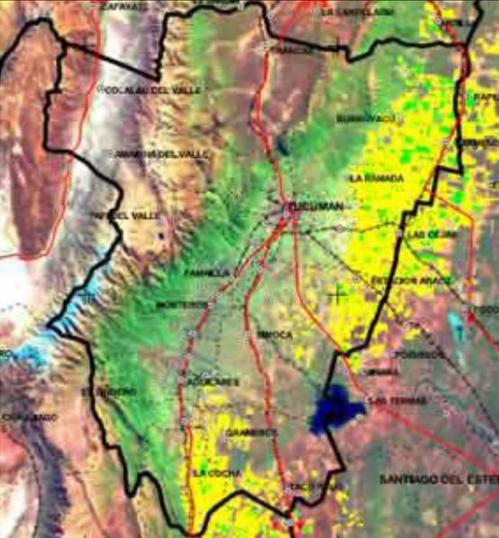
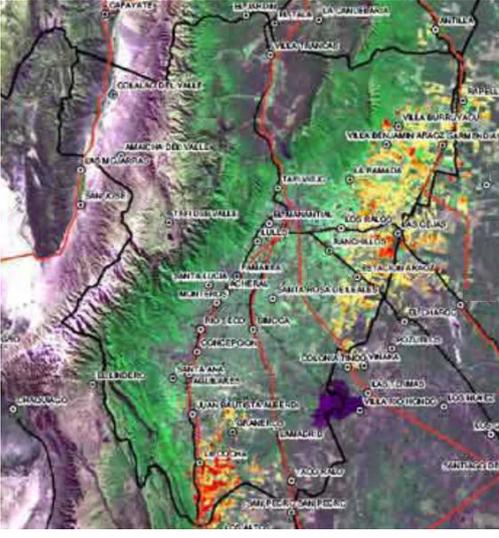
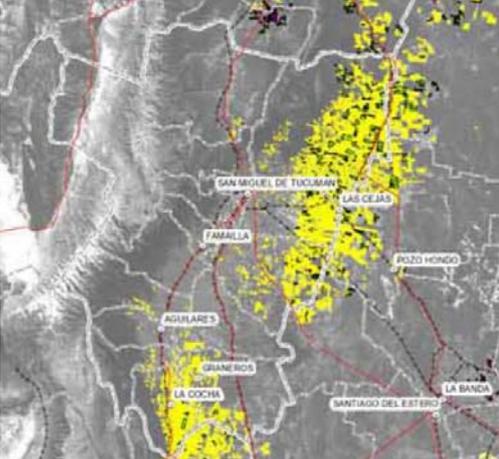
Laboratorio de Teledetección y SIG - INTA EEA SALTA. Proyecto de relevamiento de cultivos del NOA (Pro.Re.Noa). Monitoreo de Cultivos Extensivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos Secciones Economía y Estadísticas y Sensores Remotos y SIG Estación Experimental Agrícola y Agroindustrial Obispo Colombes-2006

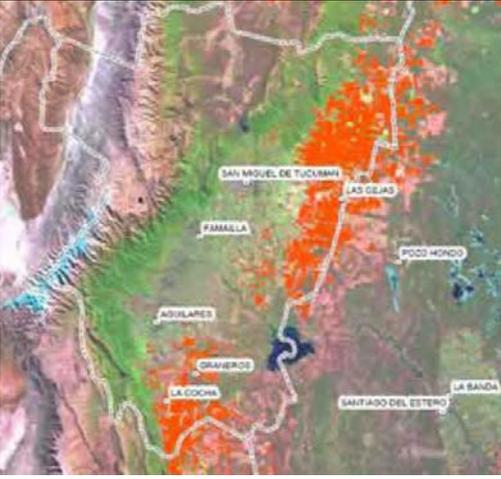
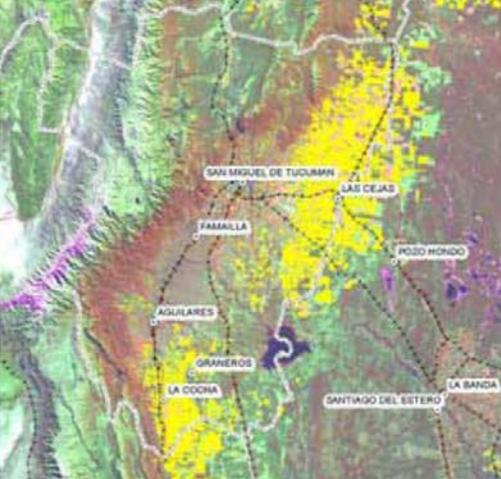
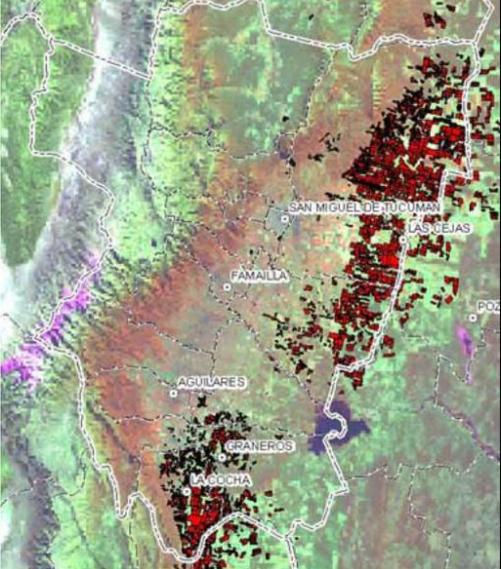
Anexo N° 2

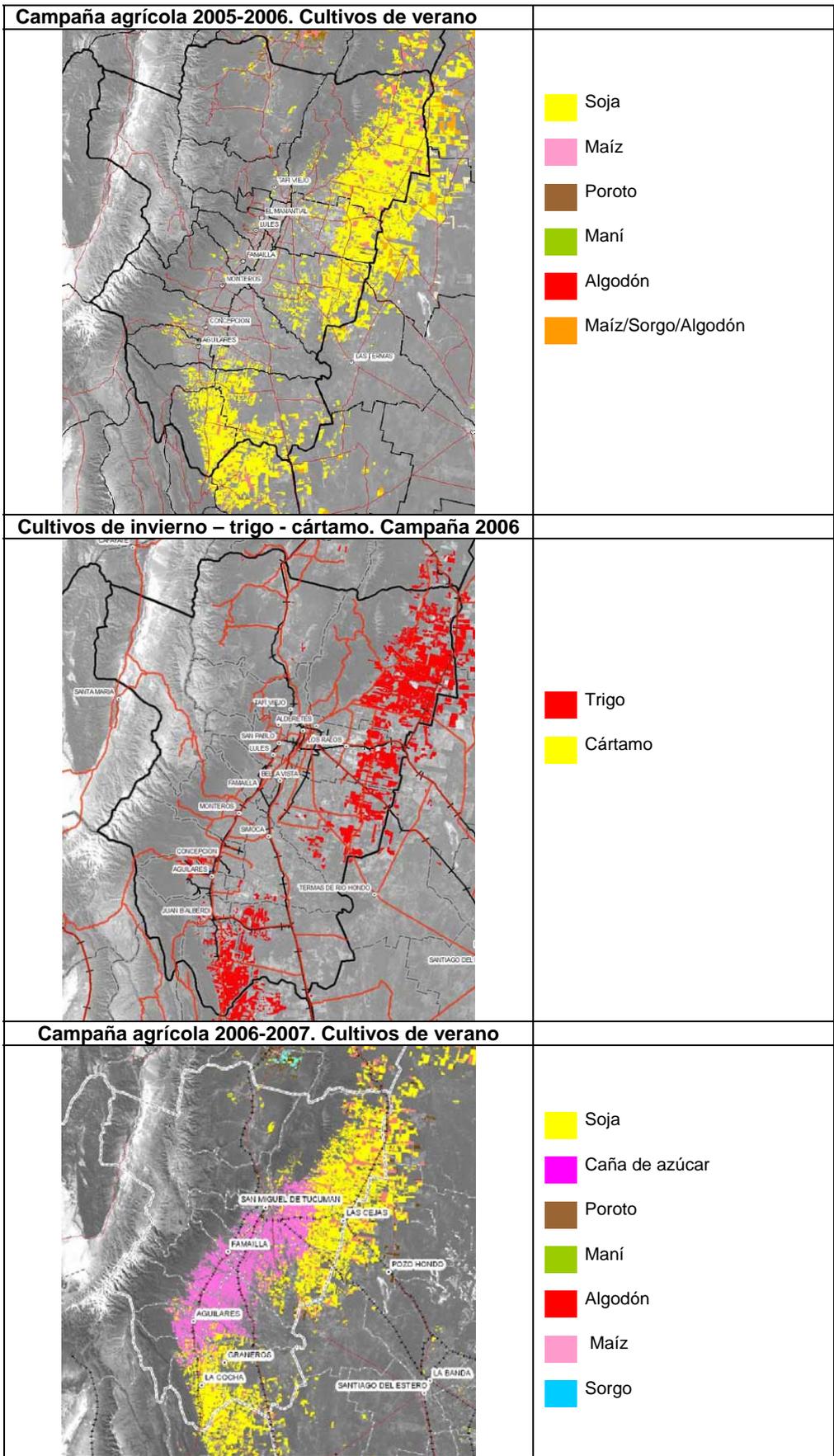
Tabla N° 2: Principales coberturas agrícolas en la provincia de Tucumán en últimas campañas



<p>Cultivos de invierno – trigo cártamo. Campaña 2001</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Trigo muy bueno (> 2 Tn/Ha) Trigo bueno (1-2 Tn/Ha) Trigo regular (0,6-1 Tn/Ha) Trigo malo (<0,6Tn)
<p>Campaña agrícola 2001-2002. Cultivos de verano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Maíz Soja Poroto Maní Algodón
<p>Cultivos de invierno – trigo cártamo. Campaña 2002</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Trigo muy bueno (> 2 Tn/Ha) Trigo bueno (1-2 Tn/Ha) Trigo regular (0,6-1 Tn/Ha) Trigo malo (<0,6Tn)

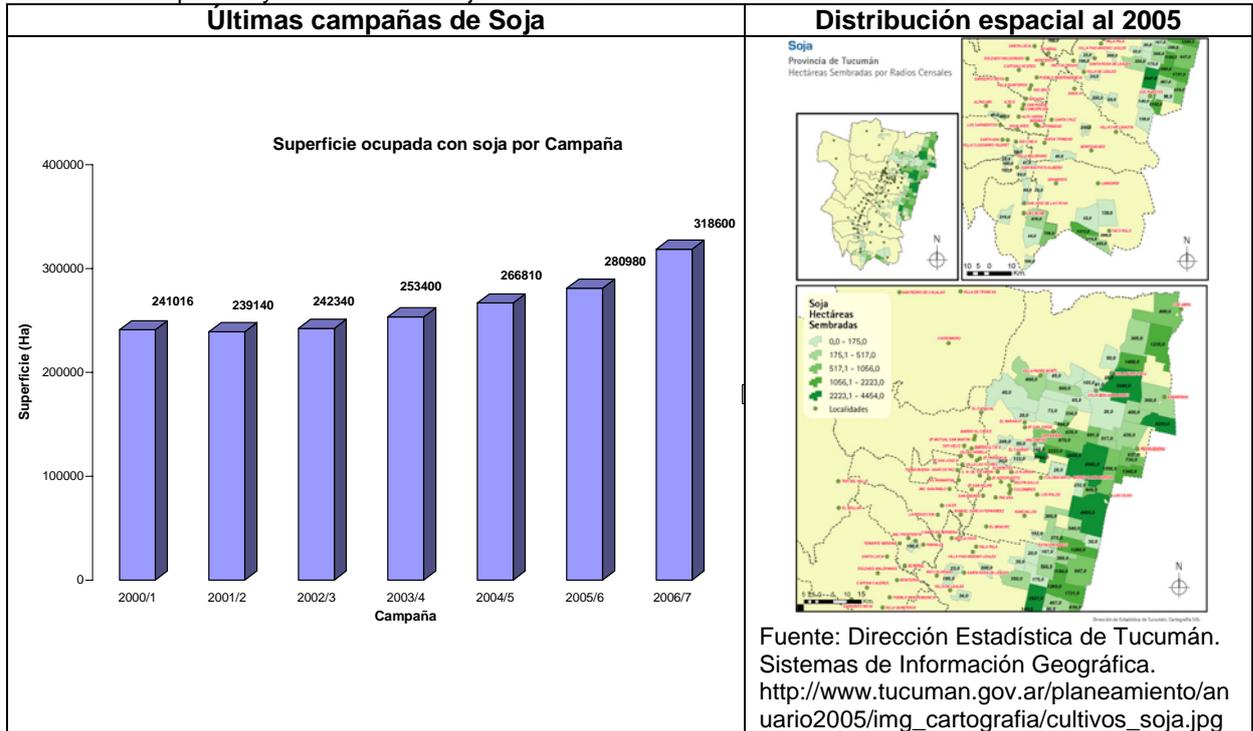
<p>Campaña agrícola 2002-2003. Cultivos de verano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Soja Maíz Poroto
<p>Cultivos de invierno – trigo cártamo. Campaña 2003</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Trigo (> 2,5 Tn/Ha) Trigo (2-2,5 Tn/Ha) Trigo (1,5-2 Tn/Ha) Trigo (1-1,5 Tn/Ha) Trigo (<1Tn)
<p>Campaña agrícola 2003-2004. Cultivos de verano</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Soja Poroto Maíz Algodón Sorgo

Cultivos de invierno – trigo cártamo. Campaña 2004	
 <p>A satellite-style map of the Tucumán region in Argentina, showing the distribution of winter crops for the 2004 campaign. The map is color-coded: orange for wheat and yellow for flax. The crops are concentrated in the central and eastern parts of the region, particularly around the towns of San Miguel de Tucumán, Las Cejas, Famalla, Pozo Moro, Aguilar, Graneros, La Cocha, and Santiago del Estero. The surrounding terrain is shown in various shades of green and brown, indicating different land uses and topography.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Trigo Cártamo
Campaña agrícola 2004-2005. Cultivos de verano	
 <p>A satellite-style map of the Tucumán region in Argentina, showing the distribution of summer crops for the 2004-2005 campaign. The map is color-coded: yellow for soybean, pink for corn, light yellow for potato, green for manioc, red for cotton, and orange for maize/sorghum/cotton. The crops are concentrated in the central and eastern parts of the region, particularly around the towns of San Miguel de Tucumán, Las Cejas, Famalla, Pozo Moro, Aguilar, Graneros, La Cocha, and Santiago del Estero. The surrounding terrain is shown in various shades of green and brown, indicating different land uses and topography.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Soja Maíz Poroto Maní Algodón Maíz/Sorgo/Algodón
Cultivos de invierno – trigo cártamo. Campaña 2005	
 <p>A satellite-style map of the Tucumán region in Argentina, showing the distribution of winter crops for the 2005 campaign. The map is color-coded: red for wheat and green for flax. The crops are concentrated in the central and eastern parts of the region, particularly around the towns of San Miguel de Tucumán, Las Cejas, Famalla, Pozo Moro, Aguilar, Graneros, La Cocha, and Santiago del Estero. The surrounding terrain is shown in various shades of green and brown, indicating different land uses and topography.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Trigo Cártamo



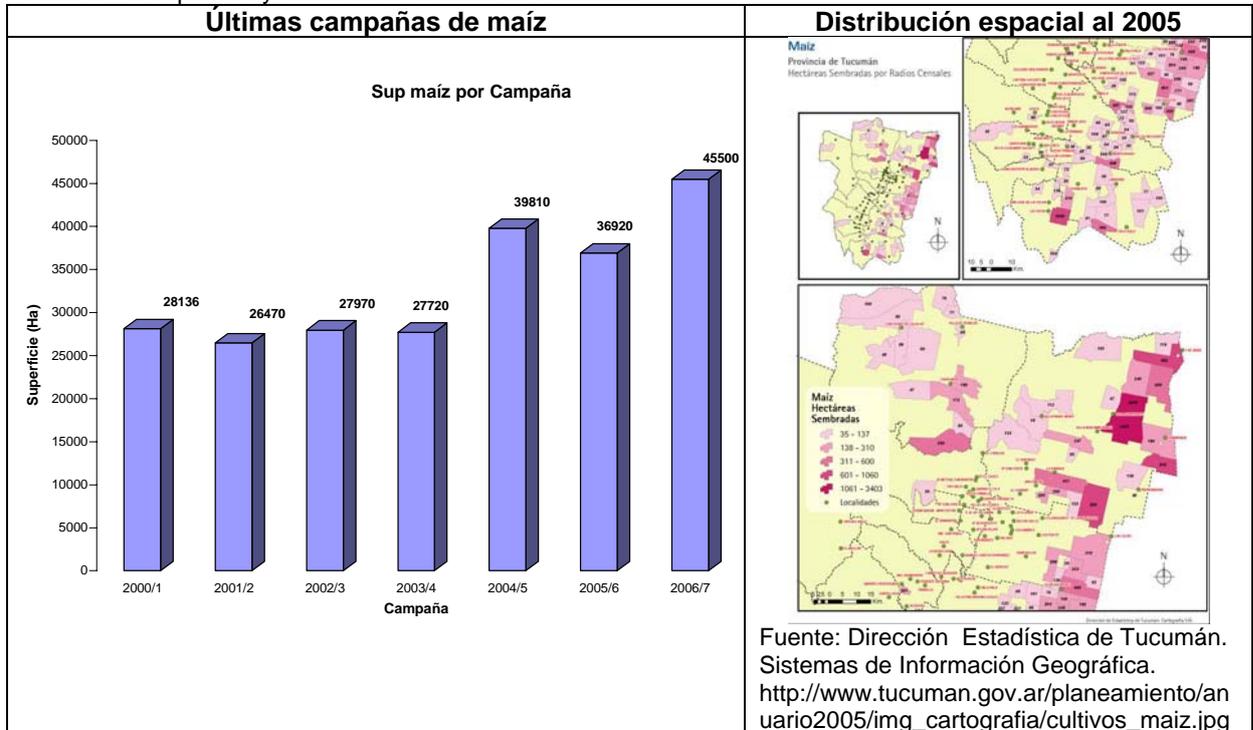
Anexo N° 3

Tabla N° 3: Superficie y distribución de soja en Tucumán



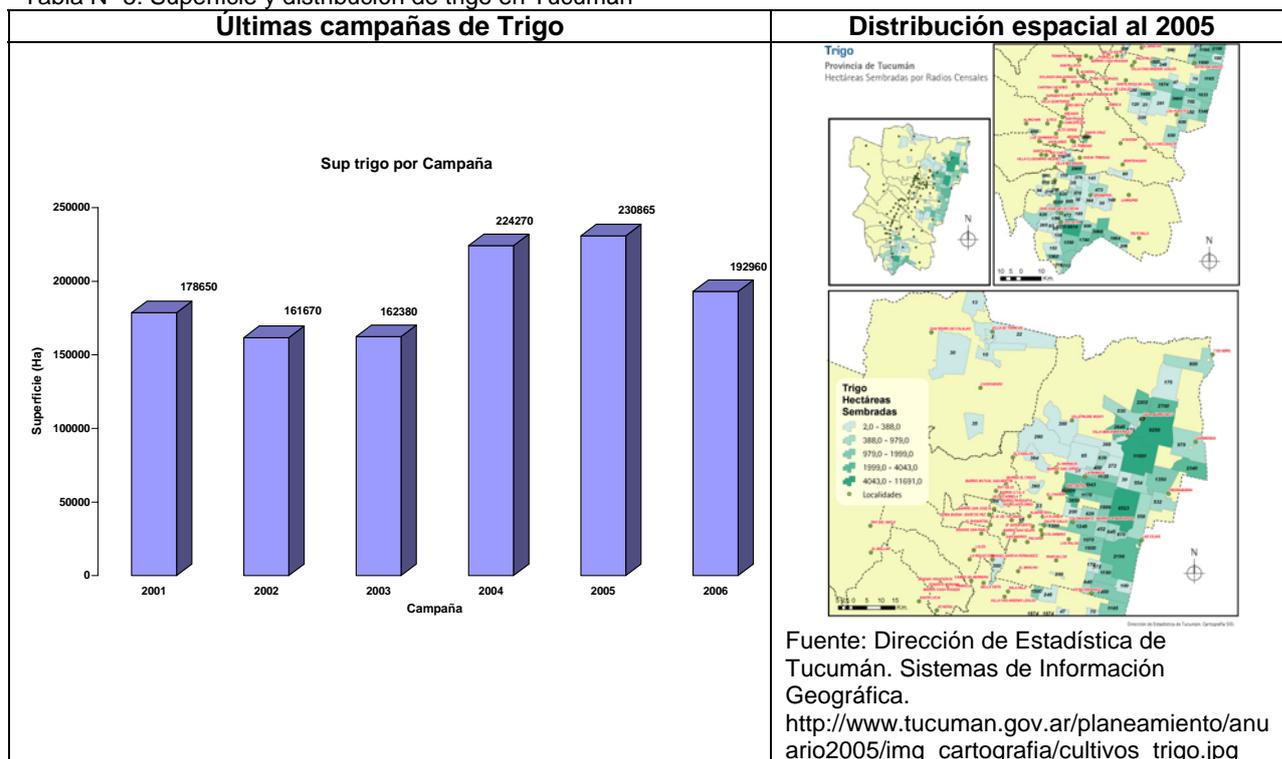
Anexo N° 4

Tabla N° 4: Superficie y distribución de maíz en Tucumán



Anexo N° 5

Tabla N° 5: Superficie y distribución de trigo en Tucumán



Anexo N° 6

Tabla N° 6: Superficie desmontada para actividad agrícola entre 2000 y 2005

Fuente: Análisis de la Dinámica del Uso del suelo agrícola del NOA mediante teledetección y sistemas de información geográfica. Sistemas de Información Geográfica. Período 2000-2005. SAGPyA-INTA

Provincia	Superficie Desmontada (Ha)				
	2001/2	2002/3	2003/4	2004/5	Total
Salta	13749	18967	28143	29232	90091
Sgo del Estero	10627	26522	14242	25053	76444
Catamarca	2721	3999	1818	949	9487
Jujuy	231	226	1434	798	2689
Tucumán	1684	2269	4051	3571	11575

Anexo N° 7

Tabla N° 7: Número de Establecimientos Agropecuarios con tipo y cantidad de ganado.

Fuente: Dirección de Estadística Tucumán. Censo Nacional Agropecuario 2002.

Depto	EAP		Bovinos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Asnales, Mulares
		cabezas					
Burruyacu	EAP		65	19	11	95	22
	Cabezas		15308	490	248	766	69
Cruz Alta	EAP		23	2	-	153	85
	Cabezas		521	17	-	690	297
Chicligasta	EAP		6	-	-	23	22
	Cabezas		356	-	-	71	53
Famaillá	EAP		7	-	-	31	14
	Cabezas		608	-	-	63	40
Graneros	EAP		175	103	127	184	71

	Cabezas	19247	3157	6316	833	157
Alberdi	EAP	22	2	-	116	-
	Cabezas	576	335	-	354	-
La Cocha	EAP	28	1	1	173	7
	Cabezas	1115	25	95	329	9
Leales	EAP	424	68	25	802	373
	Cabezas	19323	902	324	2905	1134
Lules	EAP	21	1	2	74	2
	Cabezas	148	10	12	148	4
Monteros	EAP	10	2	1	62	36
	Cabezas	98	24	9	142	96
Río Chico	EAP	7	-	1	16	2
	Cabezas	101	-	35	89	7
Capital	EAP	1	1	1	20	-
	Cabezas	40	8	8	25	-
Simoca	EAP	456	40	24	593	311
	Cabezas	7773	491	609	1476	878
Tafí Del Valle	EAP	83	64	98	249	103
	Cabezas	2405	5269	5433	1284	321
Tafí Viejo	EAP	58	1	35	94	18
	Cabezas	1422	120	797	414	36
Trancas	EAP	129	12	27	174	15
	Cabezas	26623	423	1584	1647	28
Yerba Buena	EAP	3	-	1	6	-
	Cabezas	14	-	4	17	-
Total	EAP	1518	316	354	2865	1081
	Cabezas	95678	5459	15474	11253	3129

Anexo N° 8

Tabla N° 8: Cantidad y superficie total de explotaciones agropecuarias (EAP) por departamentos.
Fuente: Dirección de Estadística Tucumán. Censo Nacional Agropecuario 2002.

Departamento	Cantidad total EAP	EAP con límites definidos	Sup. (Ha)	EAP sin límites definidos
		Cantidad		Cantidad
Burruyacu	624	621	352336,9	3
Cruz Alta	878	877	79417,4	1
Chicligasta	476	476	25994,7	-
Famaillá	254	254	49628,6	-
Graneros	372	372	62489,9	-
Alberdi	471	449	34086,4	22
La Cocha	662	660	47325,1	2
Leales	1754	1752	116323	2
Lules	158	158	12204,9	-
Monteros	692	688	34872,6	4
Río Chico	409	409	22121	-
Capital	28	28	934,9	-
Simoca	1895	1892	74763,8	3
Tafí Del Valle	513	343	53761,7	170
Tafí Viejo	272	224	26002,5	48
Trancas	386	306	142197,8	80
Yerba Buena	46	46	2656	-
Total	9890	9555	1137117,2	335

Anexo N° 9



Imagen N° 1: Presencia de humo en zonas urbanas. Caso 1

Fuente: Diario la Gaceta 23-07-07. Sección Crónicas Digitales. Cámara testigo



Imagen N° 2: Presencia de humo en zonas urbanas. Caso 1

Fuente: Diario la Gaceta 23-07-07. Sección Crónicas Digitales. Cámara testigo

Anexo N° 10

Tabla N° 9: Quema de tendido eléctrico



Fuente: Diario La Gaceta - Tucumán. Miércoles 25 de Julio de 2007. Juan Pablo Sánchez Noli



Fuente: Diario La Gaceta- Tucumán. Jueves 2 de Agosto de 2007

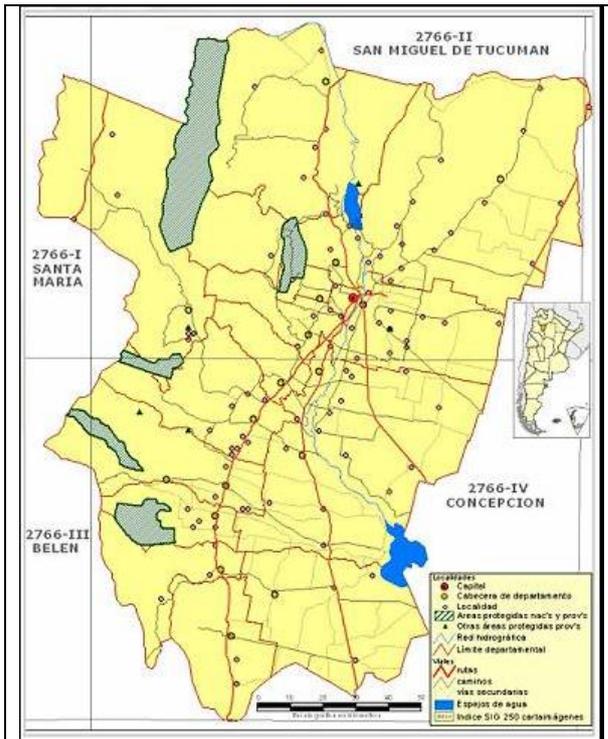


Fuente: Diario La Gaceta- Tucumán. Jueves 2 de Agosto de 2007



Fuente: Diario La Gaceta- Tucumán. Jueves 2 de Agosto de 2007

Anexo N° 11



2766-I	2766-II	2763-I
2766-III	2766-IV	
	2966-II	

Imagen N° 2: Índice de cartaimágenes de Tucumán

Anexo N° 12

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 1:250.000 (SIG250)
DATOS: "NUEVA ESPERANZA" - (2763 - I)

1. Descripción del producto:

Consiste en un Sistema de Información Geográfica con una estructura de datos gráficos estructurados sobre la base de puntos, arcos y polígonos con sus bases de datos asociadas conteniendo los atributos propios de la interpretación de los elementos planimétricos de la cartografía de base.

La Cartografía de base, es la correspondiente a la misma nomenclatura IGM de escala 1:250.000.

Se entrega en coordenadas planas Gauss Krüger, en su faja correspondiente y en coordenadas geodésicas. En formatos de ArcInfo, nativos de ArcInfo y MapInfo según estructura de directorios y subdirectorios adjunta.

2. Referencias del SIG:

Nombre: NUEVA ESPERANZA

Característica: 2763-I

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
 - Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 901

Cod. Nom.(Interno):EZA

Bloque (Interno):40

Coberturas que contiene: Cursos de agua

Puntos geográficos destacados
Caminos
Cuerpos de agua
Límites
Actividades humanas
Puentes

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

a. Esquineros:

	Latitud Sur	Longitud Oeste
NO:	26°00'	64°30'
NE:	26°00'	63°00'
SO:	27°00'	64°30'
SE:	27°00'	63°00'

b. Edición: abril de 1972

c. Actualización:

d. Proyección: Conforme Gauss-Krüger

e. Método de levantamiento: Levantamiento expeditivo (1968)

Planimetría: Fotogramétrico Aéreo Expeditivo

Altimetría: Nivelación Geométrica

f. Provincias que abarca: Santiago del Estero (1), Salta (2) y Tucumán (3)

g. Departamentos que abarca: Pellegrini, Copo, Alberdi, Jiménez, Figueroa, Moreno (1), Rosario de la Frontera (2), Burruyacú (3)

h. Faja: 4

i. Datum Geodésico: POSGAR 94

j. Documentos utilizados:

k. Equidistancia:

l. Observaciones: Los levantamientos expeditivos son de precisión relativa y cumplen con la finalidad de suplir la carencia de toda cartografía.

4. Datos de Actualización:

a. Método de actualización: Digitalización en pantalla sobre imagen satelitaria y empleo del archivo digital vectorial de la digitalización de la hoja original.

b. Datos de la imagen satelital empleada:

1) Plataforma: Landsat 5

2) Sensor: TM

3) Bandas empleadas: 1: 0,45-0,52 μm azul
2: 0,52-0,60 μm verde
3: 0,63-0,69 μm rojo

4) Toma: 229078 229079 230078 230079

5) Fecha de toma: 27/11/96 08/12/94 03/01/96 03/01/96

c. Red vial ajustada con hoja del A.C.A.: Provincias de Santiago del Estero (1), Salta (2) y Tucumán (3). Fecha edición: 1998 (1), julio de 1991 (2), octubre de 1989 (3).

d. Fecha de última actualización: mayo de 1999.

e. Áreas que trabajaron en el documento en el Instituto Geográfico Militar:

- *División Información Geográfica*

- *División Carta de Imagen Satelitaria.*

- *Departamento Cartográfico.*

- *Departamento Geográfico Militar - División Sistemas de Información Geográfica.*

- Departamento Geodésico.

5. Observaciones:

En la cobertura de Caminos se presentan las siguientes consideraciones:

- Ruta Provincial Nro. 117: se colocó la traza de la ruta de acuerdo a la carta del A.C.A.
- Ruta Provincial Nro. 180: no se visualiza la traza de la ruta en forma nítida. La traza es aproximada.
- Ruta Provincial nro. 132: desde Paraje Bañaderos a Paraje Missolito la traza es aproximada.
- Ruta Provincial Nro. 177: desde Anca Overa hasta Churqui no se visualiza en la imagen.
- Ruta Provincial Nro. 17: la traza de la ruta desde San Antonio hasta Hoyocercos es aproximada.
- Ruta Provincial Nro. 3: desde Pozo Betbeder la traza no está confirmada.

Los límites entre partidos y departamentos se representan de acuerdo con la información oficial disponible. Cuando la interpretación de dicha información no permite trazarlos con precisión, se omiten.

En la actualización de la información se recurrió a los registros disponibles en la División Información Geográfica, donde se concentran datos provenientes de muy diversas fuentes.

Anexo N° 13

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 1:250.000 (SIG250)

DATOS: "SAN MIGUEL DE TUCUMÁN" - (2766 - II)

1. Descripción del producto:

Consiste en un Sistema de Información Geográfica con una estructura de datos gráficos estructurados sobre la base de puntos, arcos y polígonos con sus bases de datos asociadas conteniendo los atributos propios de la interpretación de los elementos planimétricos de la cartografía de base.

La Cartografía de base, es la correspondiente a la misma nomenclatura IGM de escala 1:250.000.

Se entrega en coordenadas planas Gauss Krüger, en su faja correspondiente y en coordenadas geodésicas. En formatos de ArcInfo, nativos de ArcInfo y MapInfo según estructura de directorios y subdirectorios adjunta.

2. Referencias del SIG:

Nombre: SAN MIGUEL DE TUCUMÁN

Característica: 2766-II

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
- Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 860

Cod. Nom.(Interno): TUC

Bloque (Interno): 18

Coberturas que contiene: Cursos de agua
Actividades humanas
Cuerpos de agua

Caminos
Ferrocarriles
Puntos geográficos destacados
Puentes
Límites

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. Av. Cabildo 381 - Capital Federal (1426).

(54-1) 576-5576 - E-mail: public@mapas.igm.gov.ar

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

a. Esquinos:

	Latitud Sur	Longitud Oeste
NO:	26°00'	66°00'
NE:	26°00'	64°30'
SO:	27°00'	66°00'
SE:	27°00'	64°30'

b. Edición: diciembre de 1991

c. Actualización:

d. Proyección: Conforme Gauss Krüger

e. Método de levantamiento: Compilación (1988)

f. Provincias que abarca: Tucumán (1) - Salta (2) - Santiago del Estero (3) - Catamarca (4)

g. Departamentos que abarca: Capital, Yerba Buena, Leales, Famaillá, Monteros, Tafí del Valle, Trancas, Tafí Viejo, Lules, Cruz Alta, Burruyacú (1) San Carlos, Cafayate, Candelaria, Rosario de la Frontera (2) - Jiménez (3) - Santa María (4)

h. Faja: 4

i. Datum Geodésico: Campo Inchauspe 69

j. Documentos utilizados: Originales planimétricos US DMA, levantamiento expeditivo, a escala 1: 250.000, año 1986. Interpretación y nomenclatura IGM, a escala 1: 250.000, año 1979, y a escala 1: 100.000, año 1986.

k. Equidistancia: 100 metros

4. Datos de Actualización

a. Método de actualización: Digitalización en pantalla sobre imagen satelitaria y empleo del archivo digital vectorial de la digitalización de la hoja original.

b. Datos de la imagen satelital empleada:

1) Plataforma: Landsat 5

2) Sensor: TM

3) Bandas empleadas: 1: 0,45-0,52 m azul
2: 0,52-0,60 m verde
3: 0,63-0,69 m rojo

4) Toma: 230078 230079 231078 231079

5) Fecha de toma: 03/01/96 03/01/96 03/03/96 24/08/97

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. Av. Cabildo 381 - Capital Federal (1426). (54-1) 576-5576 - E-mail: public@mapas.igm.gov.ar

c. Red vial ajustada con hojas del A.C.A.: Provincias de Tucumán (1), Salta (2) y Catamarca (3). Fecha edición: octubre de 1989 (1), julio de 1991 (2), marzo de 1997 (3).

d. Fecha de última actualización: enero de 1998

e. Áreas que trabajaron en el documento en el Instituto Geográfico Militar:
- *División Información Geográfica*

- División Carta de Imagen Satelitaria
- Departamento Cartográfico
- Departamento Geográfico Militar - División Sistemas de Información Geográfica
- Departamento Geodésico

5. Observaciones:

Los límites entre provincias, partidos o departamentos se representan de acuerdo con la información oficial disponible. Cuando la interpretación de dicha información no permite trazarlos con relativa precisión, se omiten.

En la actualización de la información se recurrió a los *registros* disponibles en la División Información Geográfica, donde se concentran datos provenientes de muy diversas fuentes.

Anexo N° 14

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 1:250.000 (SIG250)

DATOS: "SANTA MARÍA" - (2766 - I)

1. Descripción del producto:

Consiste en un Sistema de Información Geográfica con una estructura de datos gráficos estructurados sobre la base de puntos, arcos y polígonos con sus bases de datos asociadas conteniendo los atributos propios de la interpretación de los elementos planimétricos de la cartografía de base.

La Cartografía de base, es la correspondiente a la misma nomenclatura IGM de escala 1:250.000.

Se entrega en coordenadas planas Gauss Krüger, en su faja correspondiente y en coordenadas geodésicas. En formatos de ArcInfo, nativos de ArcInfo y MapInfo según estructura de directorios y subdirectorios adjunta.

2. Referencias del SIG:

Nombre: SANTA MARÍA

Característica: 2766-I

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
- Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 924

Cod. Nom.(Interno): MAR

Bloque (Interno): 18

Coberturas que contiene: Cursos de agua
Actividades humanas
Cuerpos de agua
Caminos
Puntos geográficos destacados
Puentes
Límites

*INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. Av. Cabildo 381 - Capital Federal (1426)
(54-1) 576-5576 - E-mail: public@mapas.igm.gov.ar*

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

a. Esquineros:

	Latitud Sur	Longitud Oeste
NO:	26° 00'	67° 30'
NE:	26° 00'	66° 00'
SO:	27° 00'	67° 30'
SE:	27° 00'	67° 00'

b. Edición: abril de 1988

c. Actualización:

d. Proyección: Conforme Gauss Krüger

e. Método de levantamiento: Compilación (1986)

f. Provincias que abarca: Catamarca (1) - Salta (2) - Tucumán (3)

g. Departamentos que abarca: Antofagasta de la Sierra, Tinogasta, Belén, Santa María (1) - San Carlos, Cafayate (2) - Tafí del Valle (3)

h. Faja: 3

i. Datum Geodésico: Campo Inchauspe 69

j. Documentos utilizados: Originales planimétricos US DMA, a escala 1: 250.000, año 1984. Interpretación y nomenclatura IGM, año 1986.

k. Equidistancia: 200 metros

4. Datos de Actualización

a. Método de actualización: Digitalización en pantalla sobre imagen satelitaria y empleo del archivo digital vectorial de la digitalización de la hoja original.

b. Datos de la imagen satelital empleada:

1) Plataforma: Landsat 5

2) Sensor: TM

3) Bandas empleadas: 1: 0,45-0,52 m azul
2: 0,52-0,60 m verde
3: 0,63-0,69 m rojo

4) Toma: 231078 231079 232078 232079

5) Fecha de toma: 30/03/96 24/08/97 30/11/95 30/11/95

c. Red vial ajustada con hojas del A.C.A.: Provincias de Catamarca (1), Salta (2) y Tucumán (3).

Fecha edición: marzo de 1997 (1), julio de 1991 (2) y octubre de 1989 (3).

d. Fecha de última actualización: enero de 1998

e. Áreas que trabajaron en el documento en el Instituto Geográfico Militar:

- *División Información Geográfica*

- *División Carta de Imagen Satelitaria*

- *Departamento Cartográfico*

- *Departamento Geográfico Militar - División Sistemas de Información Geográfica*

- *Departamento Geodésico*

5. Observaciones:

Los límites de provincias, partidos y departamentos se representan de acuerdo con la información oficial disponible. Cuando dicha información no permite trazarlos con precisión se omiten.

En la actualización de la información se recurrió a los *registros* disponibles en la División Información Geográfica, donde se concentran datos provenientes de muy diversas fuentes.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 1:250.000 (SIG250)

DATOS: "ANDALGALÁ" - (2766 - III)

1. Descripción del producto:

Consiste en un Sistema de Información Geográfica con una estructura de datos gráficos estructurados sobre la base de puntos, arcos y polígonos con sus bases de datos asociadas conteniendo los atributos propios de la interpretación de los elementos planimétricos de la cartografía de base.

La Cartografía de base, es la correspondiente a la misma nomenclatura IGM de escala 1:250.000.

Se entrega en coordenadas planas Gauss Krüger, en su faja correspondiente y en coordenadas geodésicas. En formatos de ArcInfo, nativos de ArcInfo y MapInfo según estructura de directorios y subdirectorios adjunta.

2. Referencias del SIG:

Nombre: ANDALGALÁ

Característica: 2766-III

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
- Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 922

Cod. Nom.(Interno): DAL

Bloque (Interno): 18

Coberturas que contiene: Cursos de agua
Actividades humanas
Cuerpos de agua
Caminos
Ferrocarriles
Puntos geográficos destacados
Puentes
Límites

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

a. Esquineros:

	Latitud Sur	Longitud Oeste
NO:	27° 00'	67° 30'
NE:	27° 00'	66° 00'
SO:	28° 00'	67° 30'
SE:	28° 00'	66° 00'

b. Edición: agosto de 1987

c. Actualización:

d. Proyección: Conforme Gauss-Krüger

e. Método de levantamiento: Compilación (1986)

f. Provincias que abarca: Catamarca (1) - Tucumán (2)

g. Departamentos que abarca: Tinogasta, Belén, Santa María, Andalgalá, Pomán, Ambato (1) - Chicligasta (2)

h. Faja: 3

i. Datum Geodésico: Campo Inchauspe 69

j. Documentos utilizados: Originales planimétricos US DMA, a escala

Característica: 2766-IV

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
- Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 859

Cod. Nom.(Interno): CON

Bloque (Interno): 18

Coberturas que contiene: Cursos de agua
Actividades humanas
Cuerpos de agua
Caminos
Ferrocarriles
Puntos geográficos destacados
Puentes
Límites

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

a. Esquineros:

	Latitud Sur	Longitud Oeste
NO:	27° 00'	66° 00'
NE:	27° 00'	64° 30'
SO:	28° 00'	66° 00'
SE:	28° 00'	64° 30'

b. Edición: octubre de 1986

c. Actualización:

d. Proyección: Conforme Gauss-Krüger

e. Método de levantamiento: Compilación (1985)

f. Provincias que abarca: Tucumán(1), Catamarca(2) y Santiago del Estero(3)

g. Departamentos que abarca: Tafí del Valle, Lules, Famaillá, Cruz Alta, J. B. Alberdi, Monteros, Chicligasta, Río Chico, Leales, Simoca, Graneros, La Cocha (1) Santa María, Andalgalá, Paclín, Ambato (2) Jiménez, Río Hondo, Banda, Guasayán, Capital (3)

h. Faja: 3

i. Datum Geodésico: Campo Inchauspe 69

j. Documentos utilizados: Hoja de la Carta Topográfica del IGM, a escala 1: 50.000, año 1952. Hoja de la Carta Topográfica del IGM, a escala 1: 100.000, año 1950. Originales planimétricos, US DMA, a escala 1: 250.000 año 1985. Interpretación y nomenclatura IGM, años 1979 y 1986.

k. Equidistancia:

4. Datos de Actualización:

a. Método de actualización: Digitalización en pantalla sobre imagen satelitaria y empleo del archivo digital vectorial de la digitalización de la hoja original.

b. Datos de la imagen satelital empleada:

1) Plataforma: Landsat 5

2) Sensor: TM

3) Bandas empleadas: 1: 0,45-0,52 m azul
2: 0,52-0,60 m verde
3: 0,63-0,69 m rojo

4) Toma: 230079 231079

5) Fecha de toma: 03/01/96 24/08/97

c. Red vial ajustada con hoja A.C.A.: Provincias de Tucumán (1), Catamarca (2) y Santiago del Estero.

Fecha edición: octubre de 1989 (1) y marzo de 1997 (2).

d. Fecha de última actualización: enero de 1998

e. Áreas que trabajaron en el documento en el Instituto Geográfico Militar:

- *División Información Geográfica*

- *División Carta de Imagen Satelitaria*

- *Departamento Cartográfico*

- *Departamento Geográfico Militar - División Sistemas de Información Geográfica*

- *Departamento Geodésico*

5. Observaciones:

Los límites de partidos o departamentos se representan de acuerdo con la información oficial disponible. Cuando la interpretación de dicha información no permite trazarlos con relativa precisión, se omiten.

En la actualización de la información se recurrió a los *registros* disponibles en la División Información Geográfica, donde se concentran datos provenientes de muy diversas fuentes.

Anexo N° 17

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA 1:250.000 (SIG250)

DATOS: "SAN FERNANDO DEL VALLE DE CATAMARCA" - (2966 - II)

1. Descripción del producto:

Consiste en un Sistema de Información Geográfica con una estructura de datos gráficos estructurados sobre la base de puntos, arcos y polígonos con sus bases de datos asociadas conteniendo los atributos propios de la interpretación de los elementos planimétricos de la cartografía de base.

La Cartografía de base, es la correspondiente a la misma nomenclatura IGM de escala 1:250.000.

Se entrega en coordenadas planas Gauss Krüger, en su faja correspondiente y en coordenadas geodésicas. En formatos de ArcInfo, nativos de ArcInfo y MapInfo según estructura de directorios y subdirectorios adjunta.

2. Referencias del SIG:

Nombre: SAN FERNANDO DEL VALLE DE CATAMARCA

Característica: 2966-II

Escala: 1: 250.000

Datum Geodésico: POSGAR 94

Sistemas de coordenadas: - Planas de Gauss Krüger
- Geodésicas

Cod. Nro. (Interno): 920

Cod. Nom.(Interno): FVC

Bloque (Interno): 27

Coberturas que contiene: Cursos de agua
Actividades humanas
Cuerpos de agua
Caminos

Ferrocarriles
Puntos geográficos destacados
Puentes
Límites

3. Referencias de la Carta Topográfica 1:250.000 de base:

- a. Esquineros: Latitud Sur Longitud Oeste
- | | |
|-------------|---------|
| NO: 28° 00' | 66° 00' |
| NE: 28° 00' | 64° 30' |
| SO: 29° 00' | 66° 00' |
| SE: 29° 00' | 64° 30' |
- b. Edición: diciembre de 1987
- c. Actualización:
- d. Proyección: Conforme Gauss-Krüger
- e. Método de levantamiento: Compilación (1985)
- f. Provincias que abarca: Catamarca(1), Santiago del Estero(2), Tucumán(3)
- g. Departamentos que abarca: Ambato, Paclín, Santa Rosa, Fray Mamerto Esquiú, Capital, El Alto, Valle Viejo, Capayán, Ancasti, La Paz (1)
Guasayán, Choya, Capital, Silipica, Loreto, Ojo de Agua (2), Graneros (3)
- h. Faja: 3
- i. Datum Geodésico: Campo Inchauspe 69
- j. Documentos utilizados: Hojas de la Carta Topográfica del IGM, a escala 1:100.000, años 1955 y 1956. Originales planimétricos UD DMA, a escala 1:250.000, año 1984. Interpretación y nomenclatura IGM, año 1986.
- k. Equidistancia:

4. Datos de Actualización:

- a. Método de actualización: Digitalización en pantalla sobre imagen satelitaria y empleo del archivo digital vectorial de la digitalización de la hoja original.
- b. Datos de la imagen satelital empleada:
- 1) Plataforma: Landsat 5
 - 2) Sensor: TM
 - 3) Bandas empleadas: 1: 0,45-0,52 μm azul
2: 0,52-0,60 μm verde
3: 0,63-0,69 μm rojo
 - 4) Toma: 230079 230080 231079 231080
 - 5) Fecha de toma: 01/03/96 18/12/95 24/08/97 28/03/95
- c. Red vial ajustada con hojas del A.C.A.: Provincias de Catamarca (1), Santiago del Estero (2), Tucumán (3). Fecha edición: marzo de 1997 (1), septiembre de 1989 (2), octubre de 1989 (3).
- d. Fecha de última actualización: marzo de 1999
- e. Áreas que trabajaron en el documento en el Instituto Geográfico Militar:
- *División Información Geográfica*
 - *División Carta de Imagen Satelitaria.*
 - *Departamento Cartográfico.*
 - *Departamento Geográfico Militar - División Sistemas de Información Geográfica.*
 - *Departamento Geodésico*

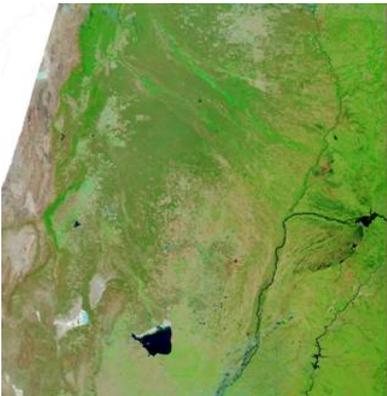
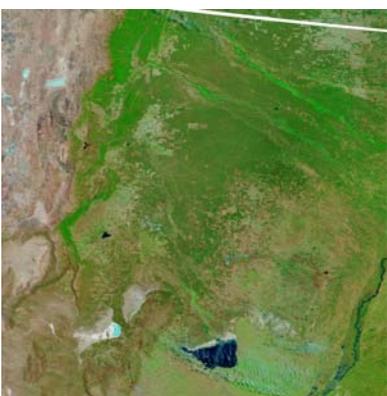
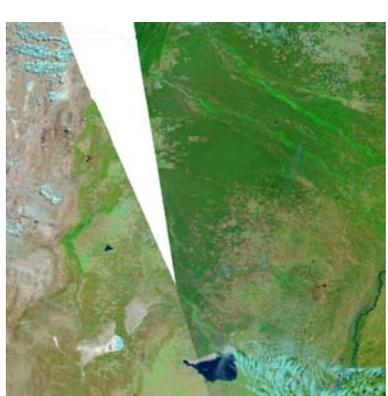
5. Observaciones:

Los límites entre provincias, partidos y departamentos se representan de acuerdo con la información oficial disponible. Cuando la interpretación de dicha información no permite trazarlos con precisión, se omiten.

En la actualización de la información se recurrió a los *registros* disponibles en la División Información Geográfica, donde se concentran datos provenientes de muy diversas fuentes.

Anexo N° 18

Tabla N° 10: Galería de imágenes MODIS

	
FAS_NArgentina.2006157.aqua.721.250m	FAS_NArgentina.2006267.aqua.721.250m
	
FAS_NArgentina2006268aqua721250m	FAS_NArgentina2006268terra721250m
	
FAS_NArgentina.2006269.terra.721.250m	FAS_NArgentina.2006269.aqua.721.250m

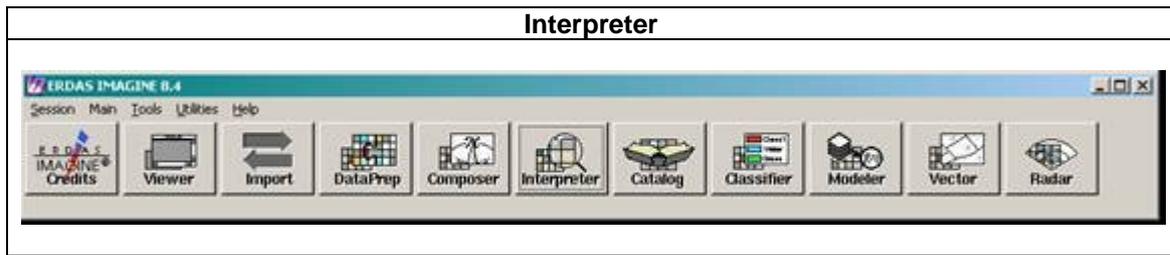
Los comentarios indican: Norte de Argentina, año, día juliano, satélite, bandas, resolución espacial.

Anexo N° 19

Tabla N° 11: Características espectrales y espaciales del sensor MODIS

Canal	Región del espectro	Longitud de onda (micrones)	Resolución espacial (m)
1	Visible	0.620 – 0.670	250
2	Infrarrojo cercano	0.841 – 0.876	250
3	Visible	0.459 – 0.479	500
4	Visible	0.545 – 0.565	500
5	Infrarrojo cercano	1.230 – 1.250	500
6	Infrarrojo cercano	1.628 – 1.652	500
7	Infrarrojo cercano	2.105 – 2.155	500
8	Visible	0.405 – 0.420	1000
9	Visible	0.438 – 0.448	1000
10	Visible	0.483 – 0.493	1000
11	Visible	0.526 – 0.536	1000
12	Visible	0.546 – 0.556	1000
13	Visible	0.662 – 0.672	1000
14	Visible	0.673 – 0.683	1000
15	Visible	0.743 – 0.753	1000
16	Infrarrojo cercano	0.862 – 0.877	1000
17	Infrarrojo cercano	0.890 – 0.920	1000
18	Infrarrojo cercano	0.931 – 0.941	1000
19	Infrarrojo cercano	0.915 – 0.965	1000
20	Infrarrojo mediano	3.660 – 3.840	1000
21	Infrarrojo mediano	3.929 – 3.989	1000
22	Infrarrojo mediano	3.929 – 3.989	1000
23	Infrarrojo mediano	4.020 – 4.080	1000
24	Infrarrojo mediano	4.433 – 4.498	1000
25	Infrarrojo mediano	4.482 – 4.549	1000
26	Infrarrojo cercano	1.360 – 1.390	1000
27	Infrarrojo térmico	6.535 – 6.895	1000
28	Infrarrojo térmico	7.175 – 7.475	1000
29	Infrarrojo térmico	8.400 – 8.700	1000
30	Infrarrojo térmico	9.580 – 9.880	1000
31	Infrarrojo térmico	10.780 – 11.280	1000
32	Infrarrojo térmico	11.770 – 12.270	1000
33	Infrarrojo térmico	13.185 – 13.485	1000
34	Infrarrojo térmico	13.485 – 13.785	1000
35	Infrarrojo térmico	13.785 – 14.085	1000
36	Infrarrojo térmico	14.085 – 14.385	1000

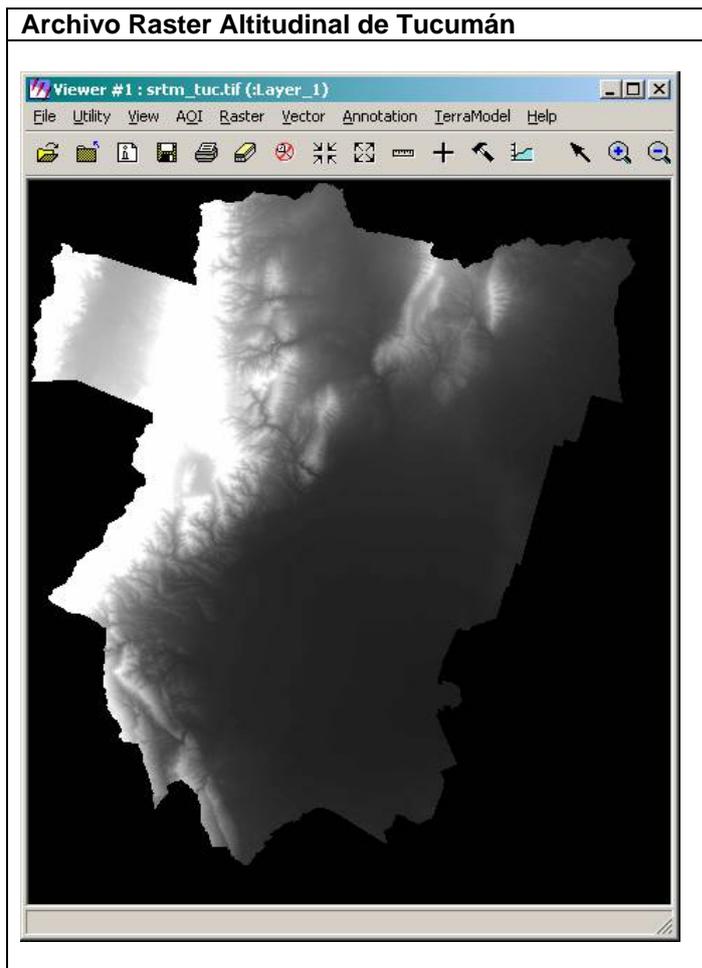
Anexo N° 20



Ventana de Ingreso – Egreso Archivo Raster altitudinal de la provincia de Tucumán

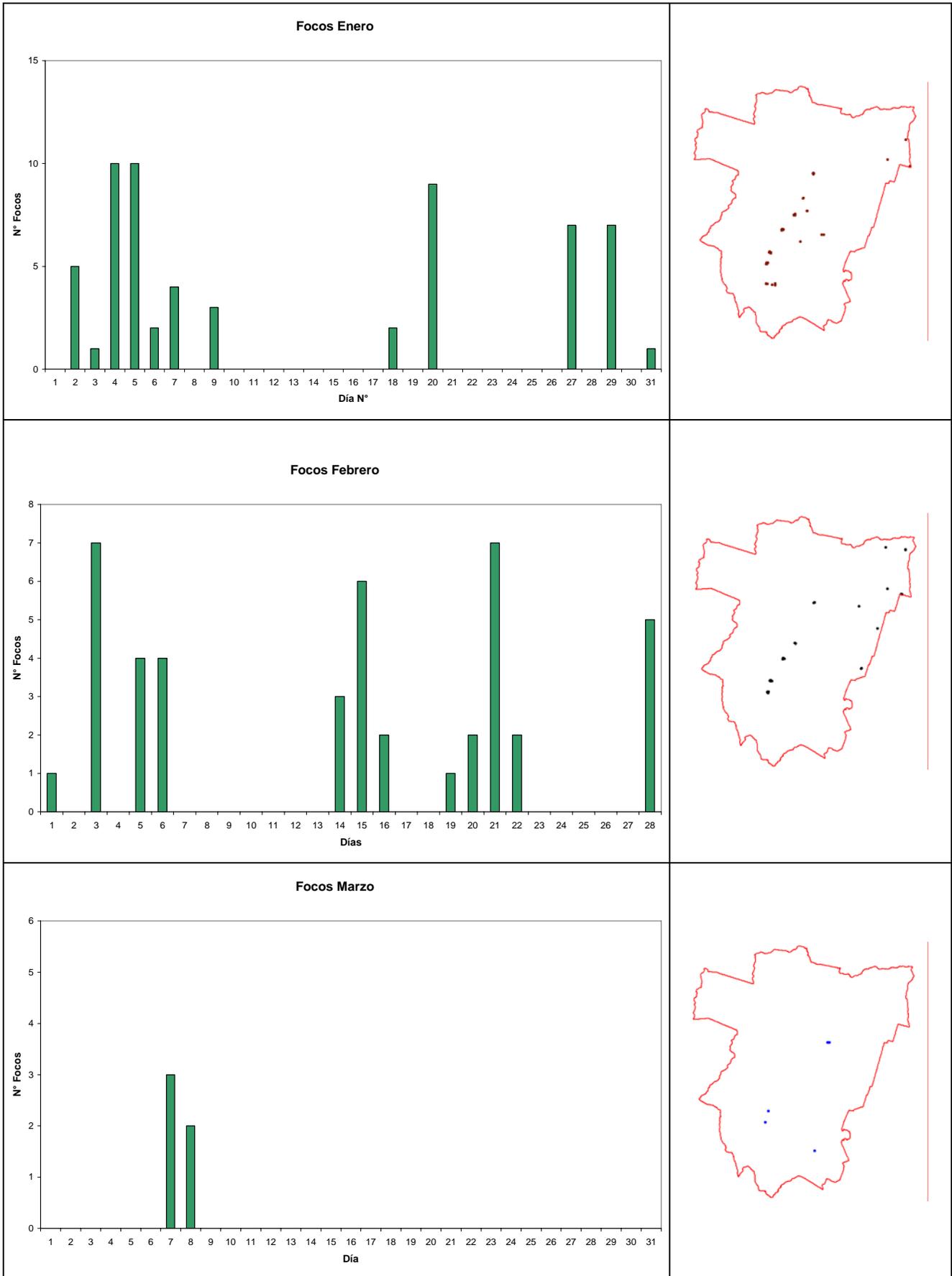
Selección "aoi"

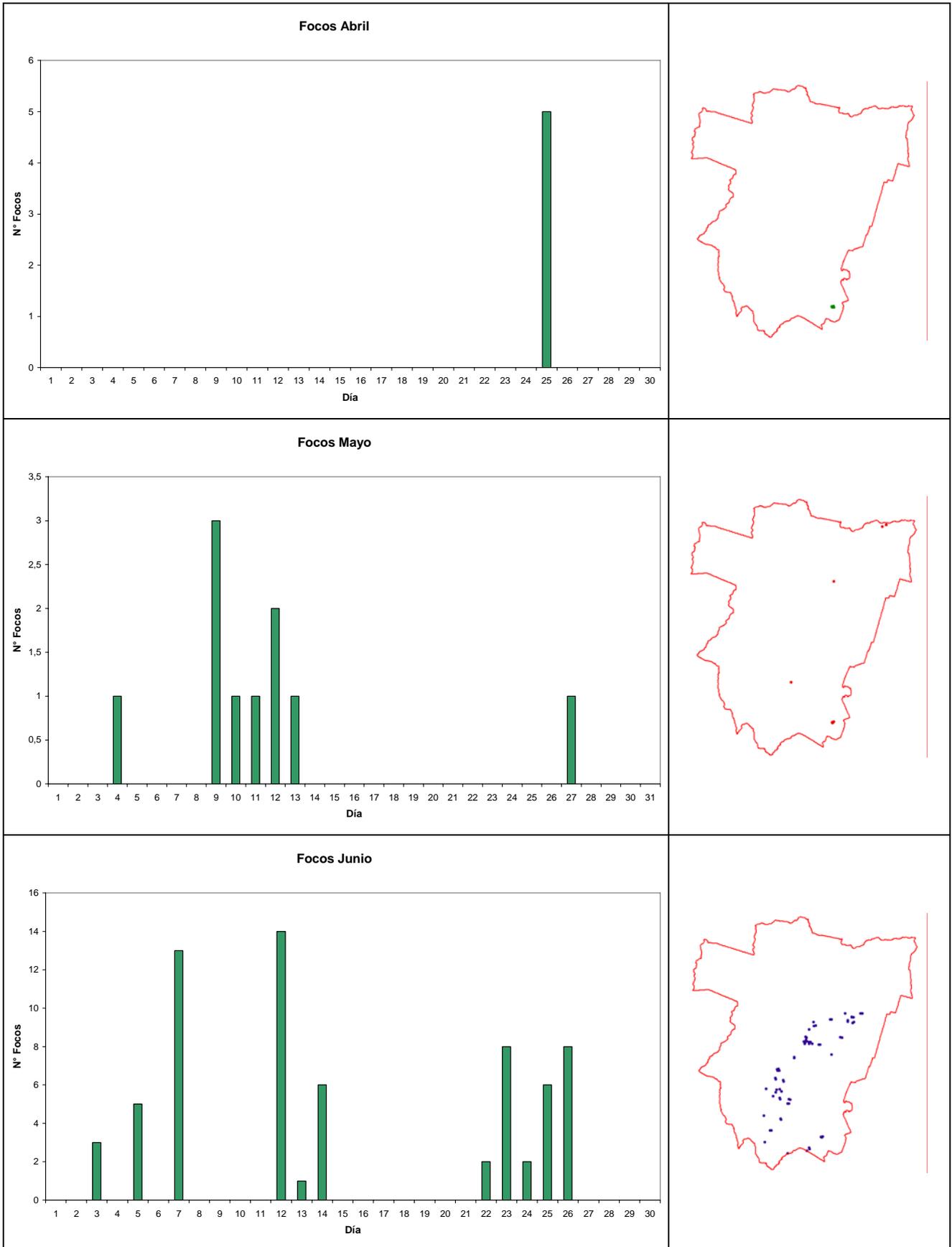
"aoi" en ejecución

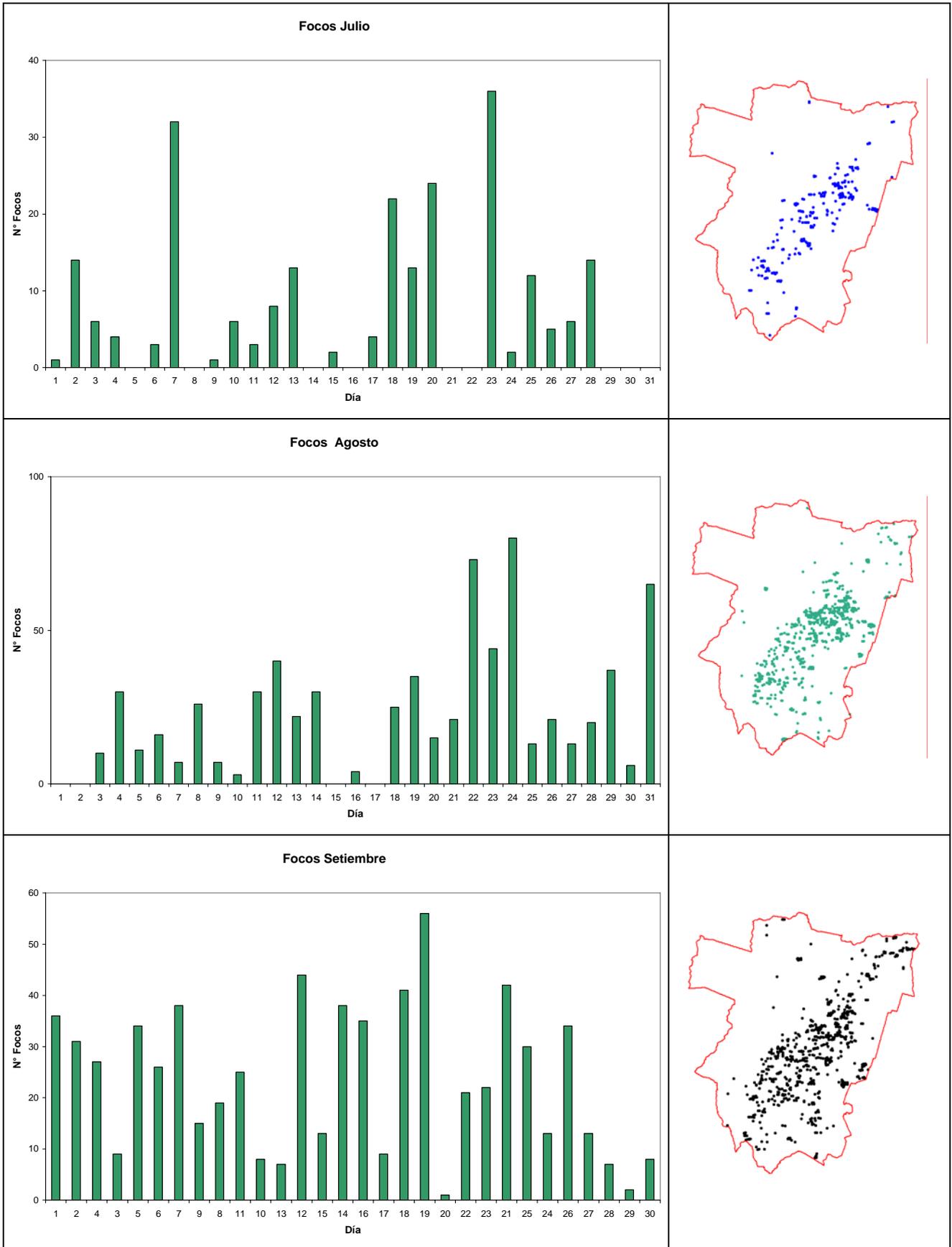


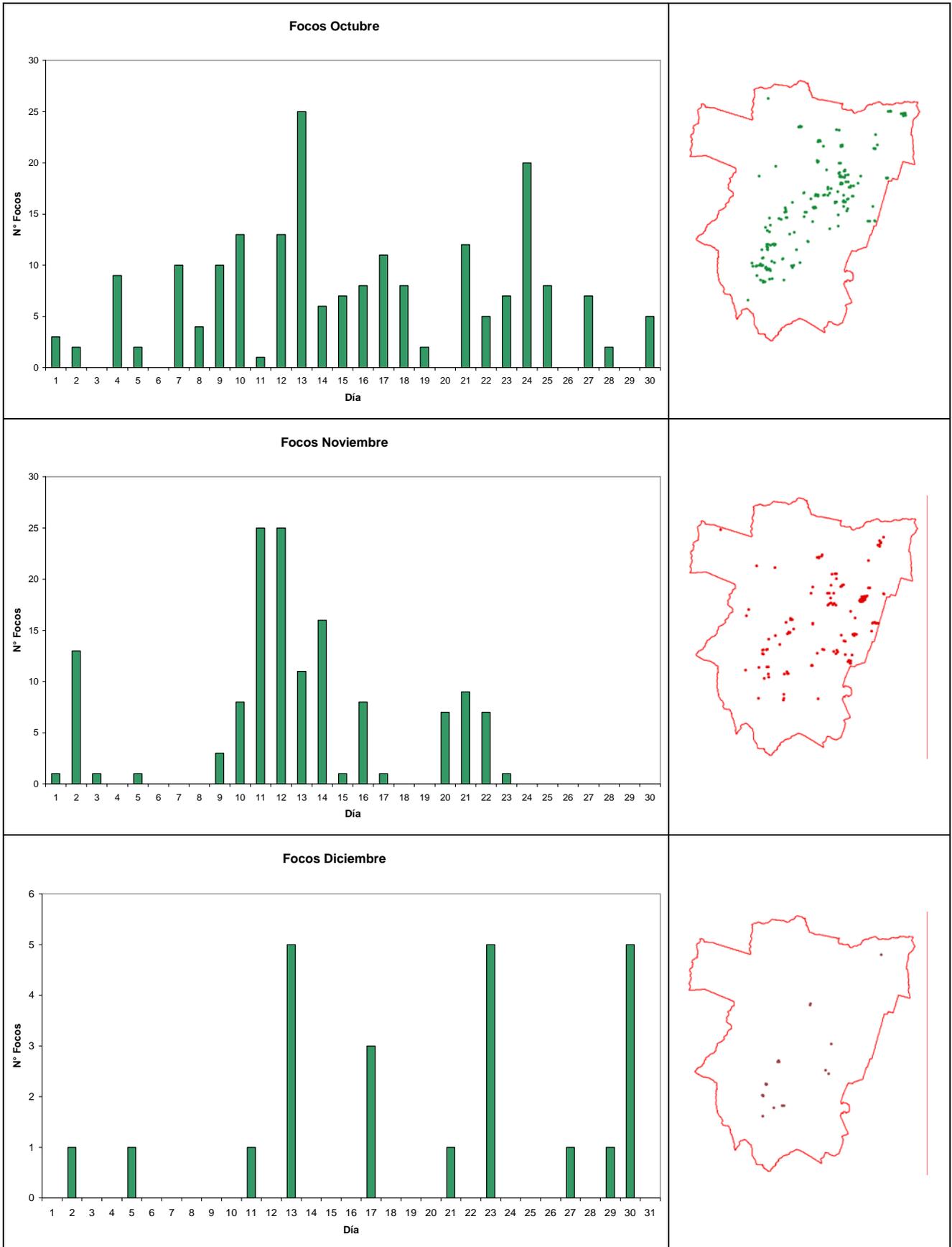
Anexo N° 21

Tabla N° 12: Distribución temporal (mensual) y espacial de focos de calor ocurridos durante 2006



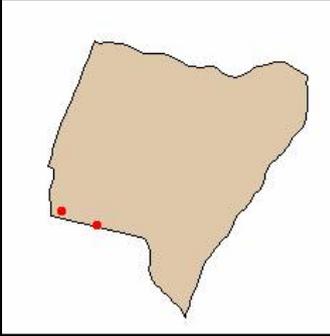
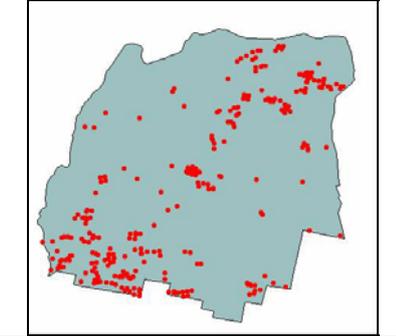
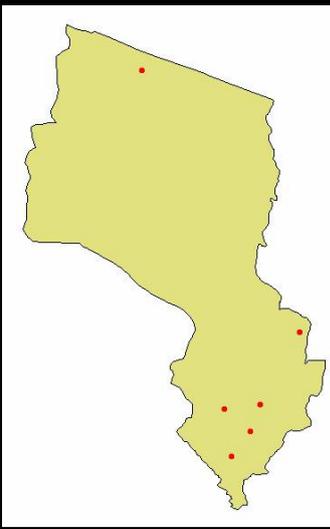
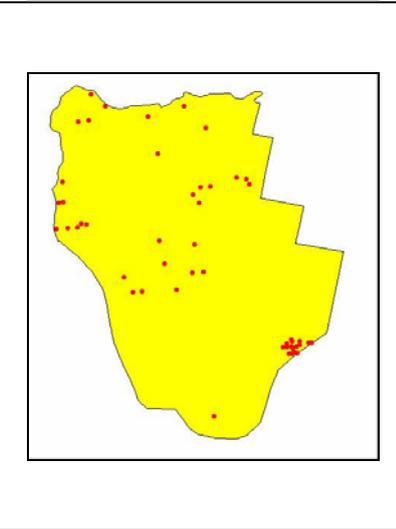
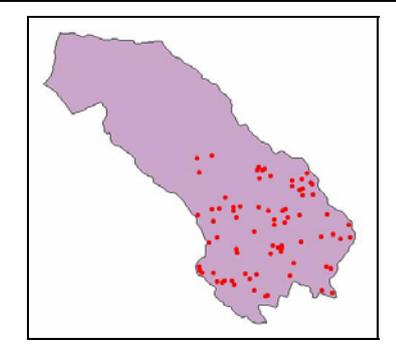
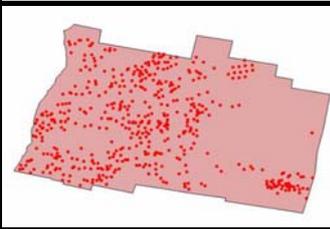
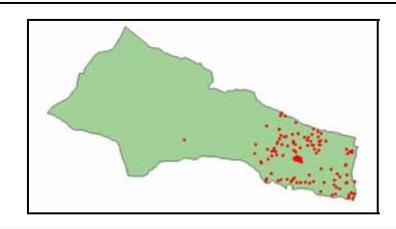
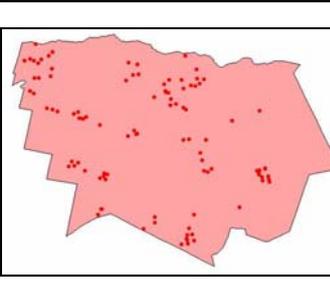


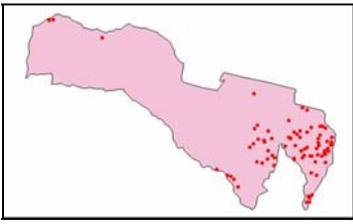
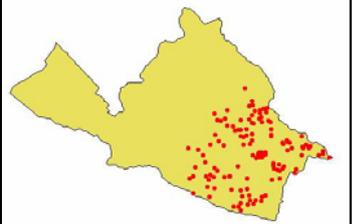
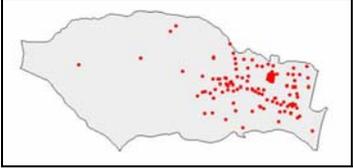
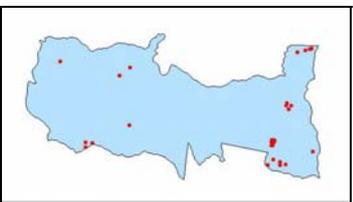
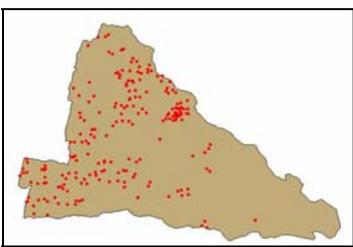
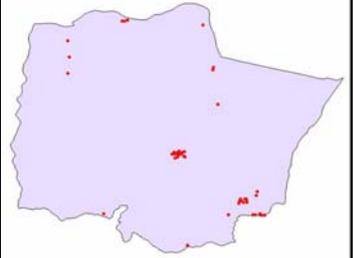
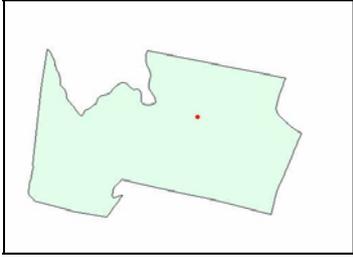




Anexo N° 22

Tabla N° 13: Discriminación departamental de los focos de calor registrados en 2006 en Tucumán

Capital		Burruyacu	
Tafí del Valle		La Cocha	
Alberdi		Famailla	
Cruz Alta		Chicligasta	
Graneros		Leales	

Lules		Monteros	
Río Chico		Tafí Viejo	
Simoca		Trancas	
Yerba Buena			

A partir del software GeoDA se confecciono la siguiente salida gráfica que muestra la asociación entre los focos de calor y los meses del año.

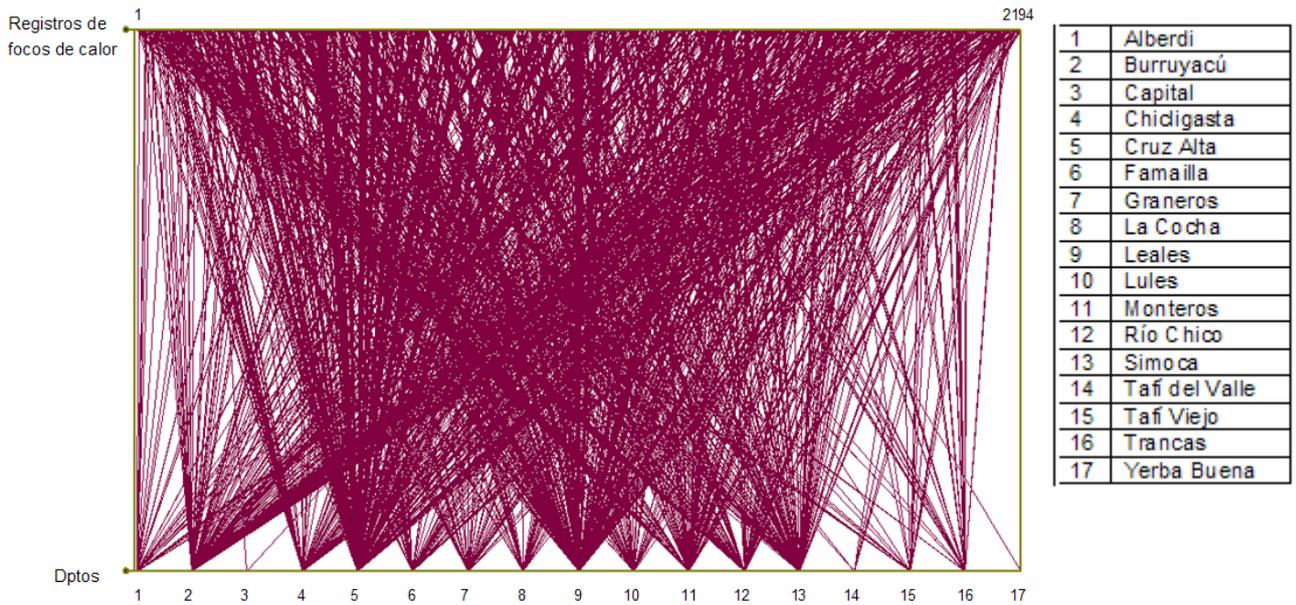
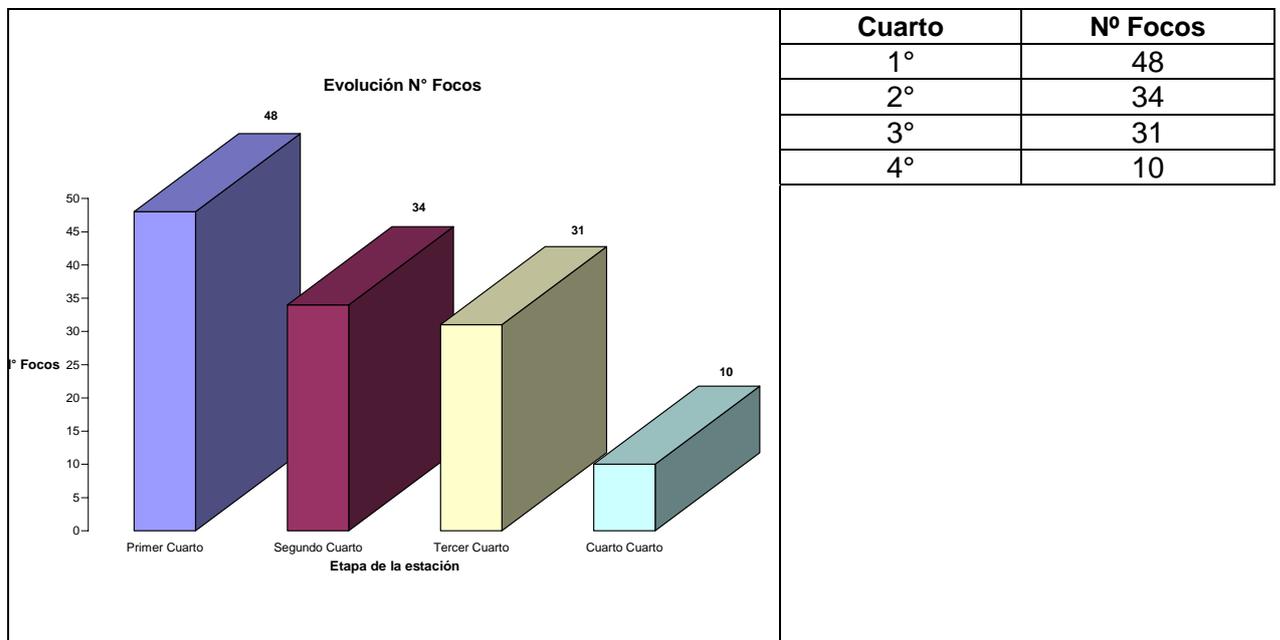


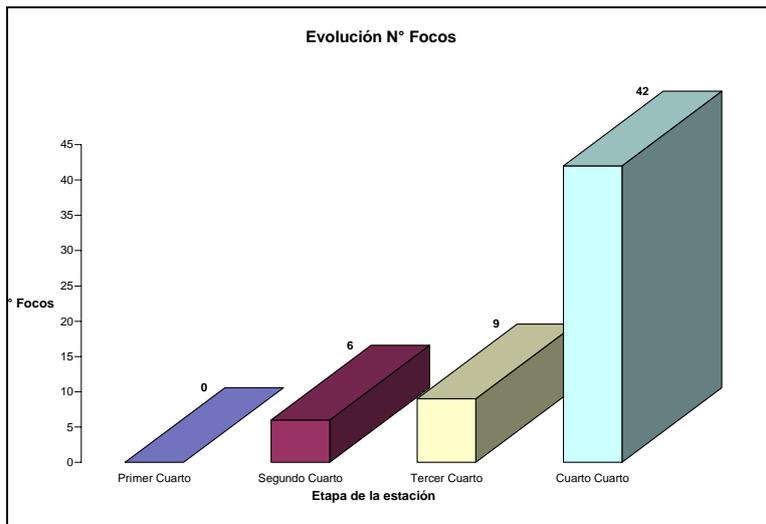
Imagen N° 3: Tendencia cuantitativa entre variables Departamentos – registros focos de calor.

Anexo N° 23

Tabla N° 14: Focos de calor por estación, según áreas discriminadas
Verano 2006

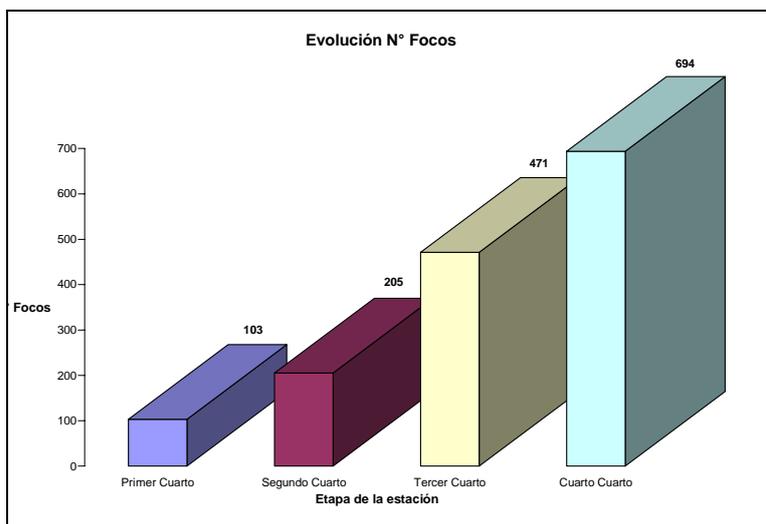


Otoño 2006



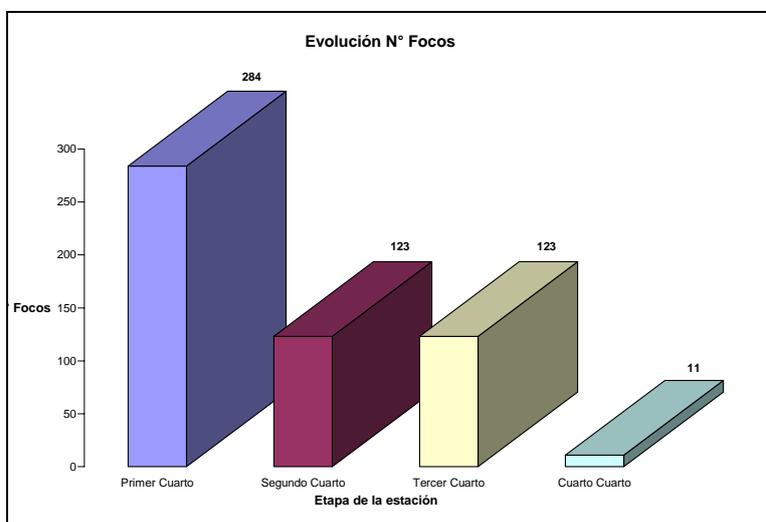
Cuarto	N° Focos
1°	0
2°	6
3°	9
4°	42

Invierno 2006



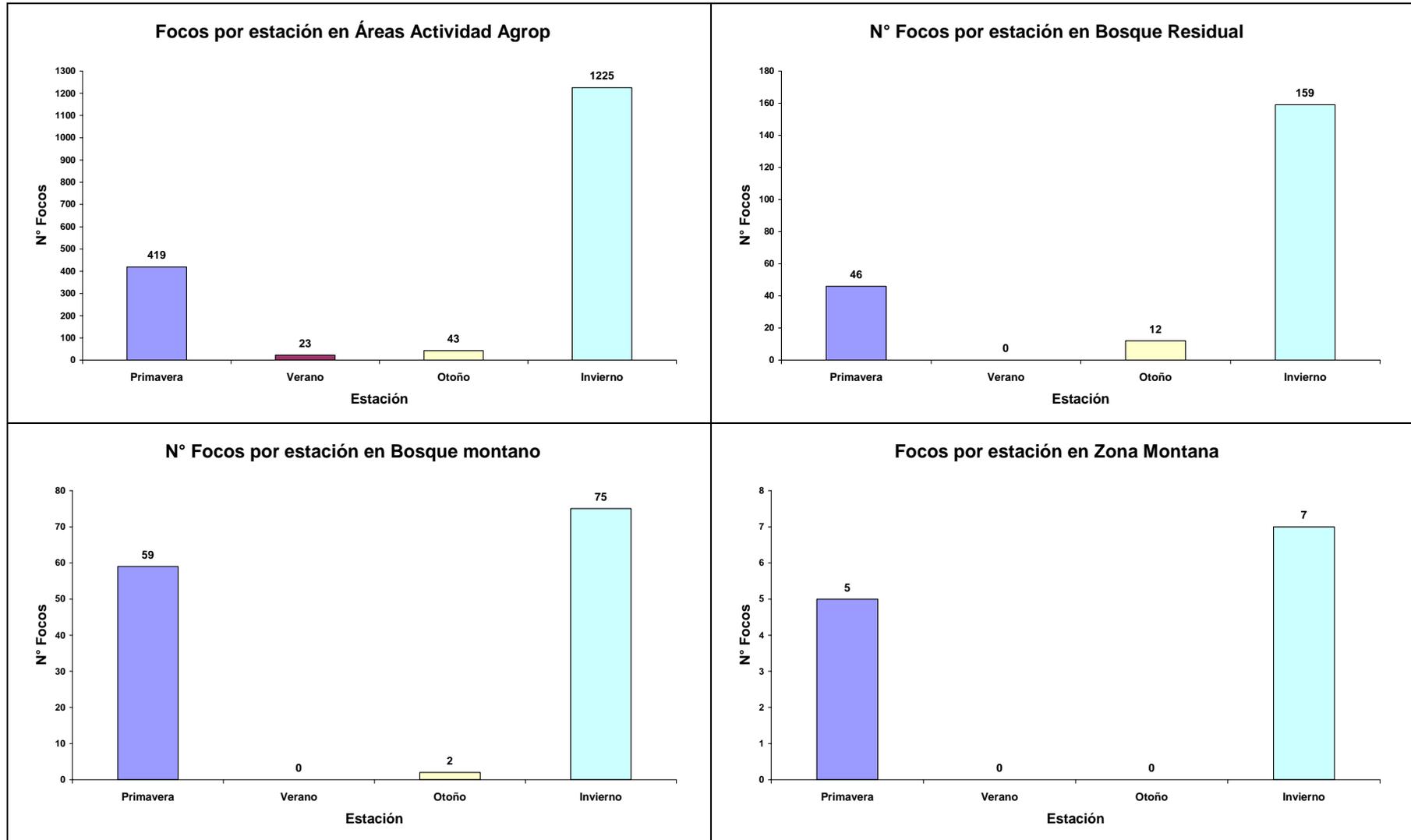
Cuarto	N° Focos
1°	103
2°	205
3°	471
4°	694

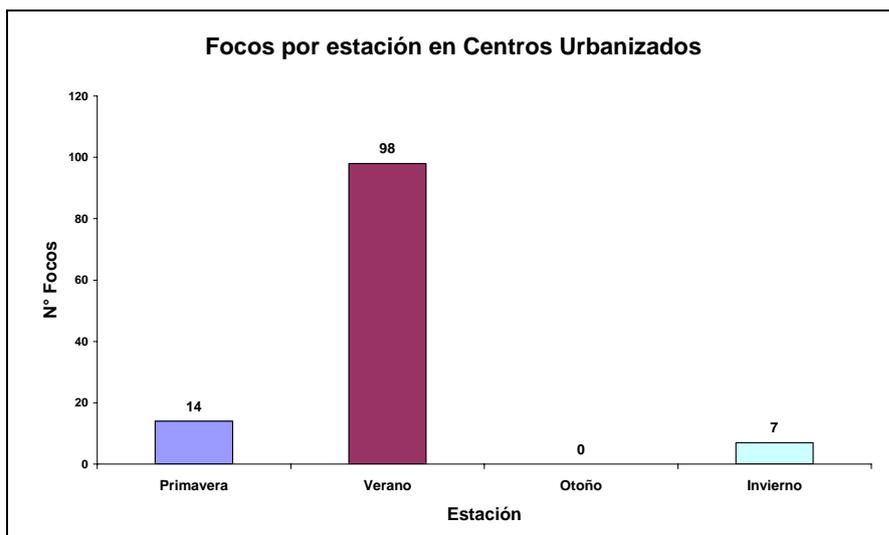
Primavera



Cuarto	N° Focos
1°	284
2°	123
3°	123
4°	11

Anexo N° 24





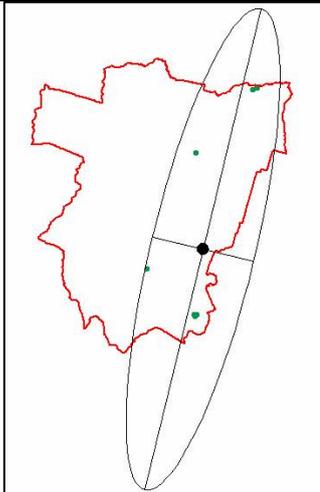
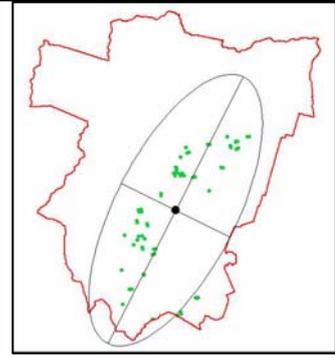
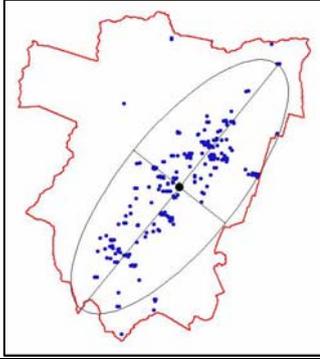
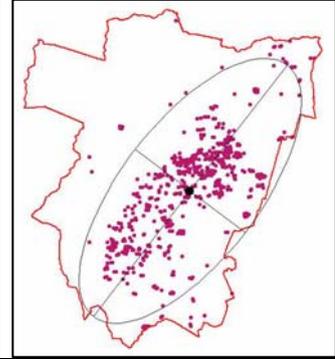
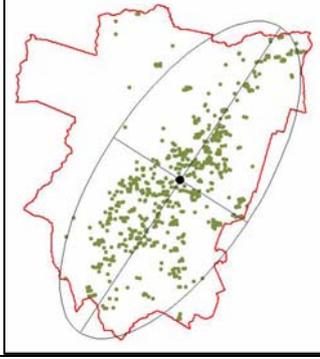
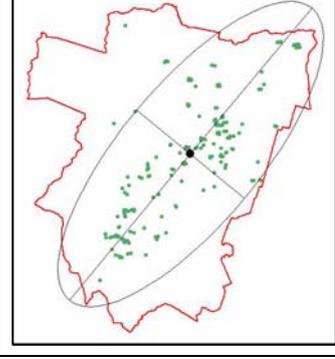
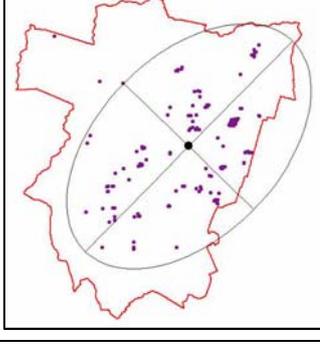
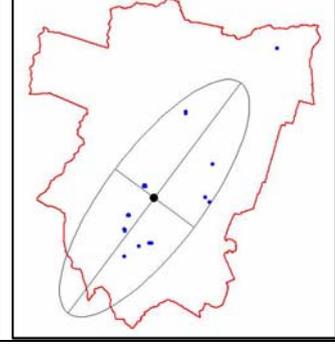
Anexo N° 25

Tabla N° 15: Elipses de distribución espacial – mensual de focos de calor en Tucumán

Los datos presentados son:

- 1.- Coordenada X
- 2.- Coordenada Y
- 3.- Área (Ha)
- 4.-Longitud del eje Mayor (Km)
- 5.-Longitud del eje Menor (Km)
- 6.-Ángulo

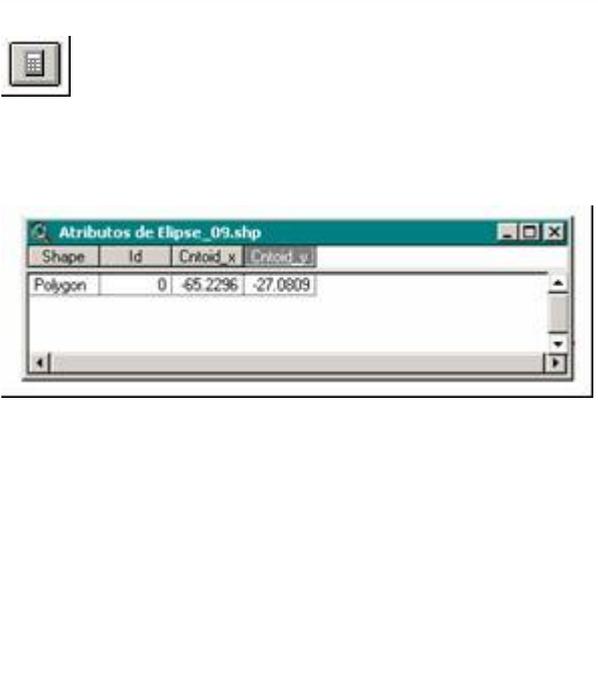
Enero		Febrero	
1.- : -65.453689 2.- : -27.221590 3.- : 699437 4.- : 169,67 5.- : 52,487 6.- : 49,5982		1.- : -65.350182 2.- : -27.136409 3.- : 1121909 4.- : 232,708 5.- : 61,384 6.- : 40,9712	
Marzo		Abril	
1.-: -65.341800 2.-: -27.208800 3.-: 1433610 4.-: 203,183 5.-: 89,836 6.-: 64,0471		1.-: -65.090000 2.-: -27.779200 3.-: 494 4.-: 003,249 5.-: 001,935 6.-: -13,5978	

Mayo		Junio	
1.-: -65.052800 2.-: -27.325000 3.-: 1770595 4.-: 328,949 5.-: 68,5332 6.-: 76,5522		1.-: -65.319824 2.-: -27.241471 3.-: 997148 4.-: 177,462 5.-: 71,5426 6.-: 63,1972	
Julio		Agosto	
1.-: -65.234394 2.-: -27.098818 3.-: 1004866 4.-: 185,253 5.-: 69,064 6.-: 51,447		1.-: -65.223847 2.-: -27.106795 3.-: 1140573 4.-: 183,088 5.-: 79,318 6.-: 52,6249	
Septiembre		Octubre	
1.-: -65.229626 2.-: -27.080960 3.-: 1538204 4.-: 213,135 5.-: 91,89 6.-: 57,0133		1.-: -65.213575 2.-: -26.955305 3.-: 1464287 4.-: 225,645 5.-: 82,624 6.-: 50,5264	
Noviembre		Diciembre	
1.-: -65.142986 2.-: -26.968819 3.-: 1528656 4.-: 178,265 5.-: 109,182 6.-: 45,8013		1.-: -65.442333 2.-: -27.244000 3.-: 774368 4.-: 170,282 5.-: 57,901 6.-: 53,3696	

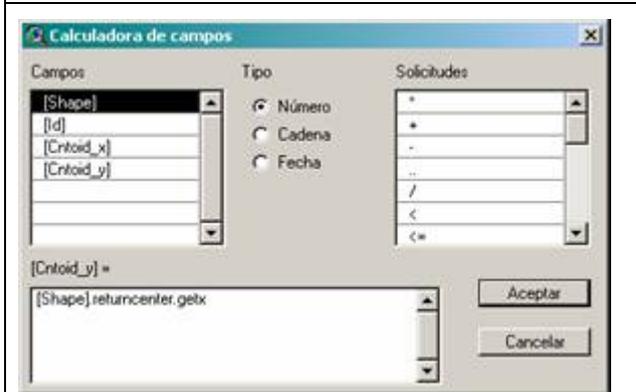
Si bien el dato de las coordenadas de los centroides fue dado por la herramienta utilizada, estos datos, y solo por corroboración, fueron

recalculados a partir de herramientas propias de cálculo de Arcview, siguiendo los siguientes pasos:
Se seleccionó cada uno de las elipses

Tabla Nº 16: Comandos para cálculo de centroide en Arc View

1.- Se llamo a la tabla	2.- Se llama la herramienta Calculadora
	

3.- Se solicito el cálculo de centroides.



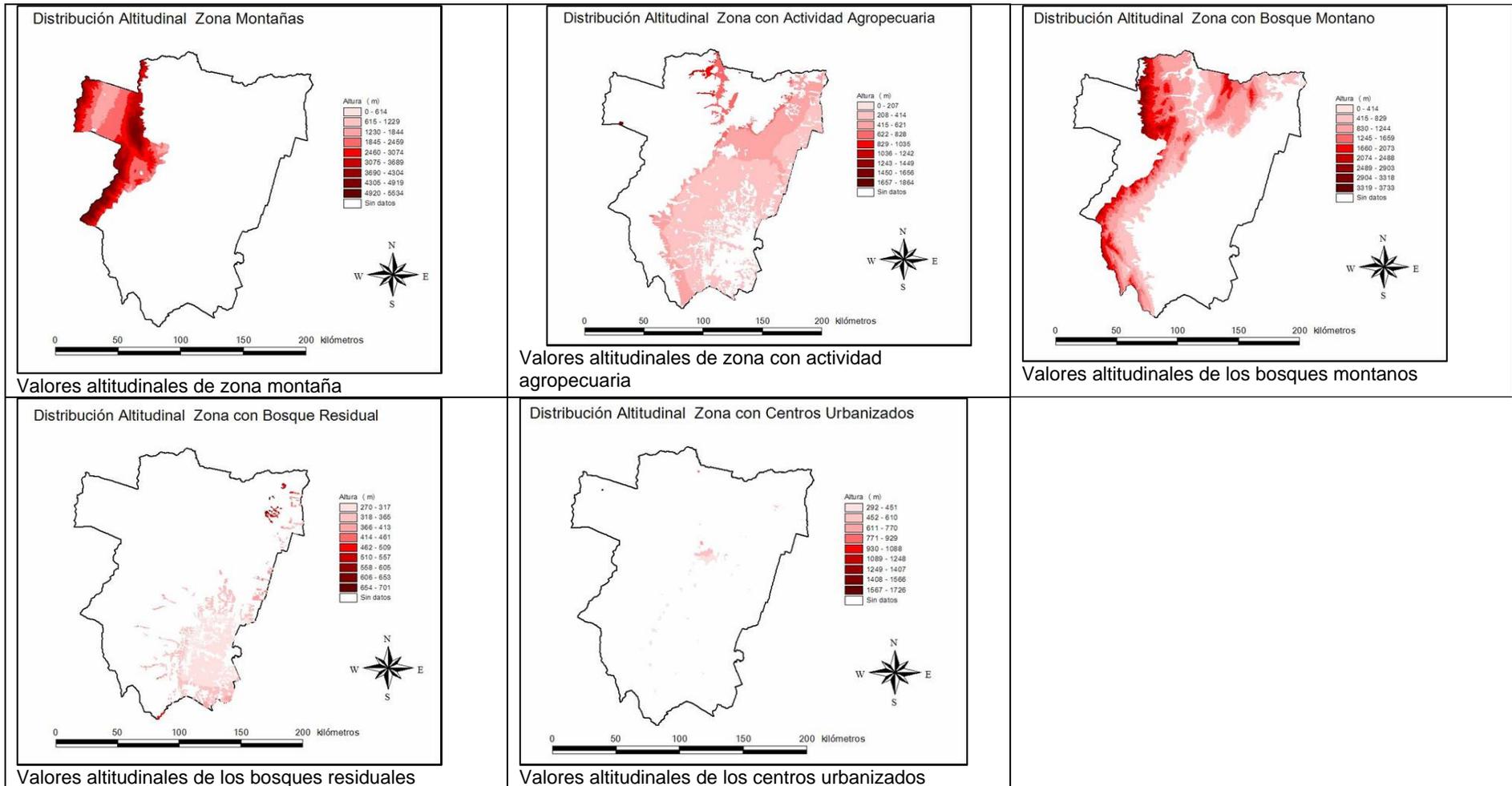
La sintaxis para el cálculo de las coordenadas ha sido la siguiente:

cntoid_x
[Shape].returncenter.getx

cntoid_y
[Shape].returncenter.gety

Los cálculos coincidieron plenamente con el cálculo inicial.

Anexo N° 26



Valores altitudinales de zona montaña

Valores altitudinales de zona con actividad agropecuaria

Valores altitudinales de los bosques montanos

Valores altitudinales de los bosques residuales

Valores altitudinales de los centros urbanizados

Anexo N° 27

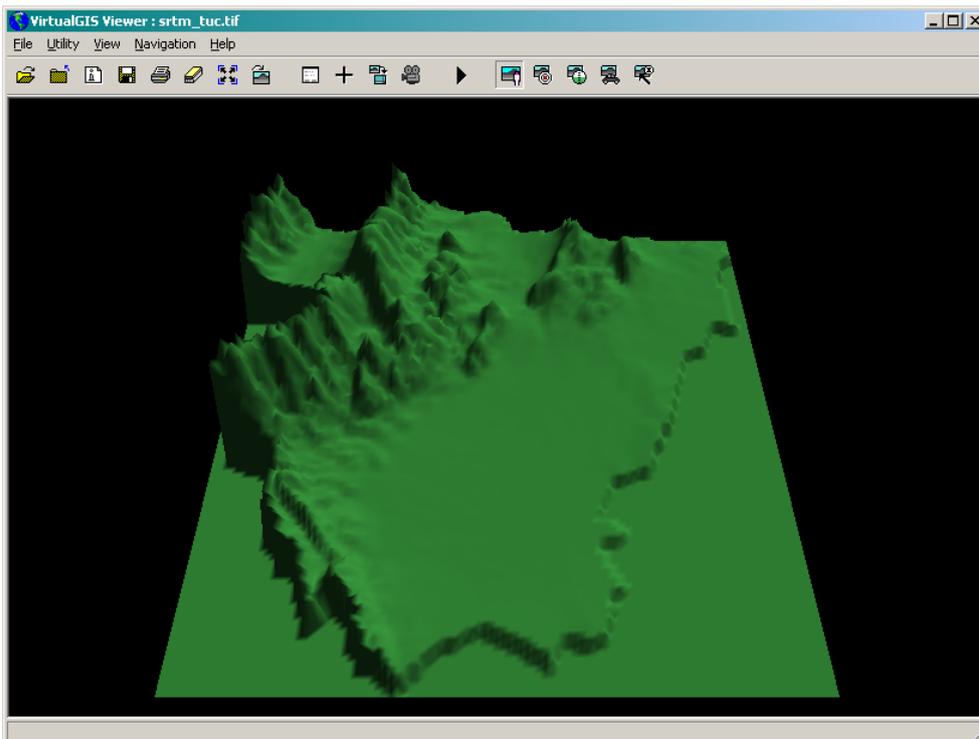


Imagen N° 4: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 1

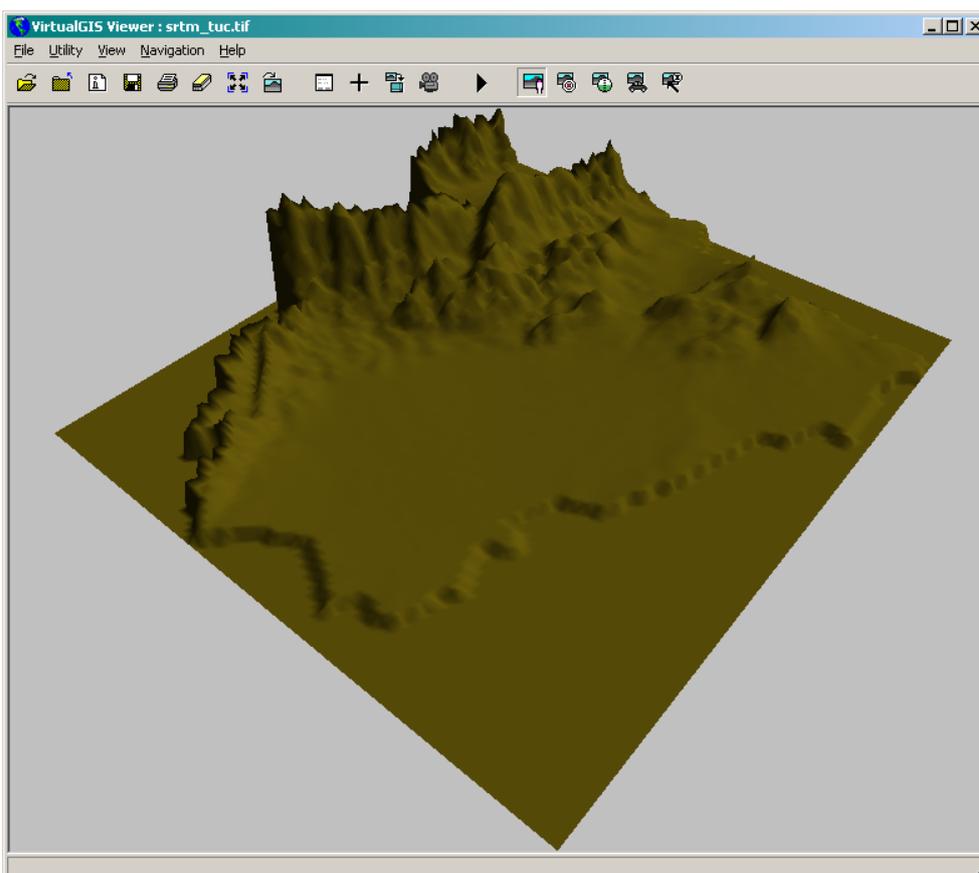


Imagen N° 5: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 2

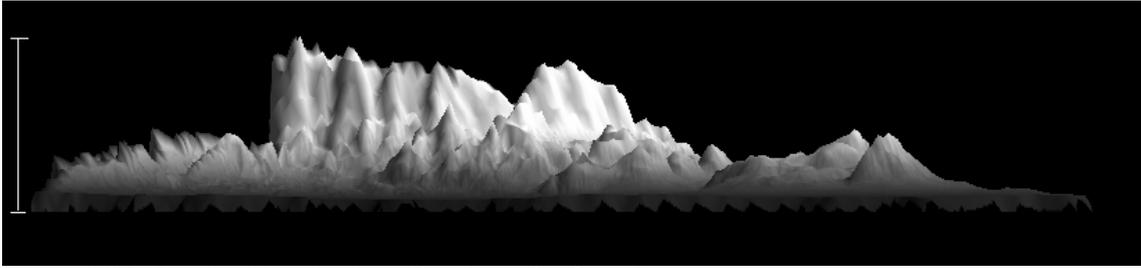


Imagen N° 6: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 3

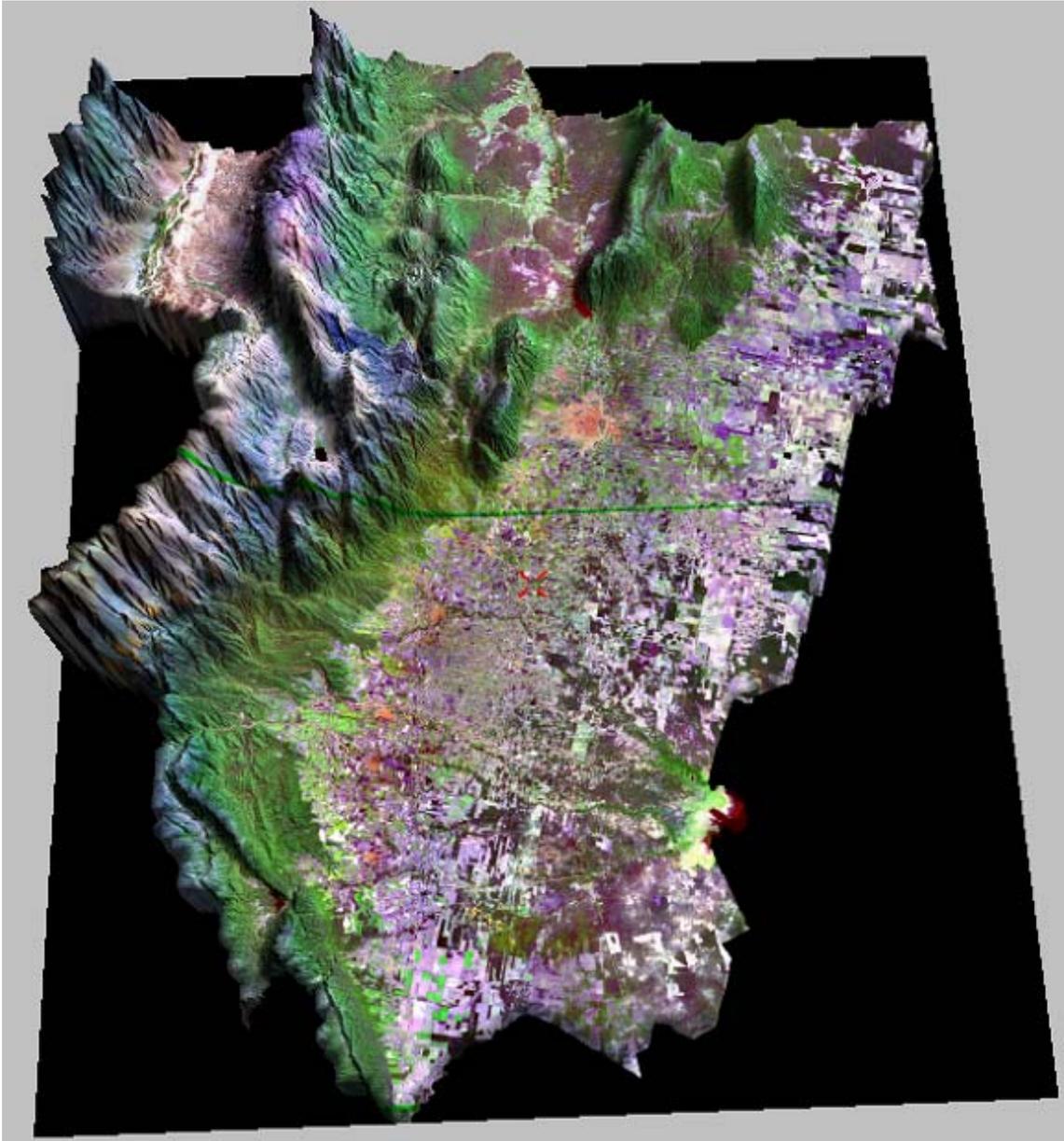


Imagen N° 7: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 4

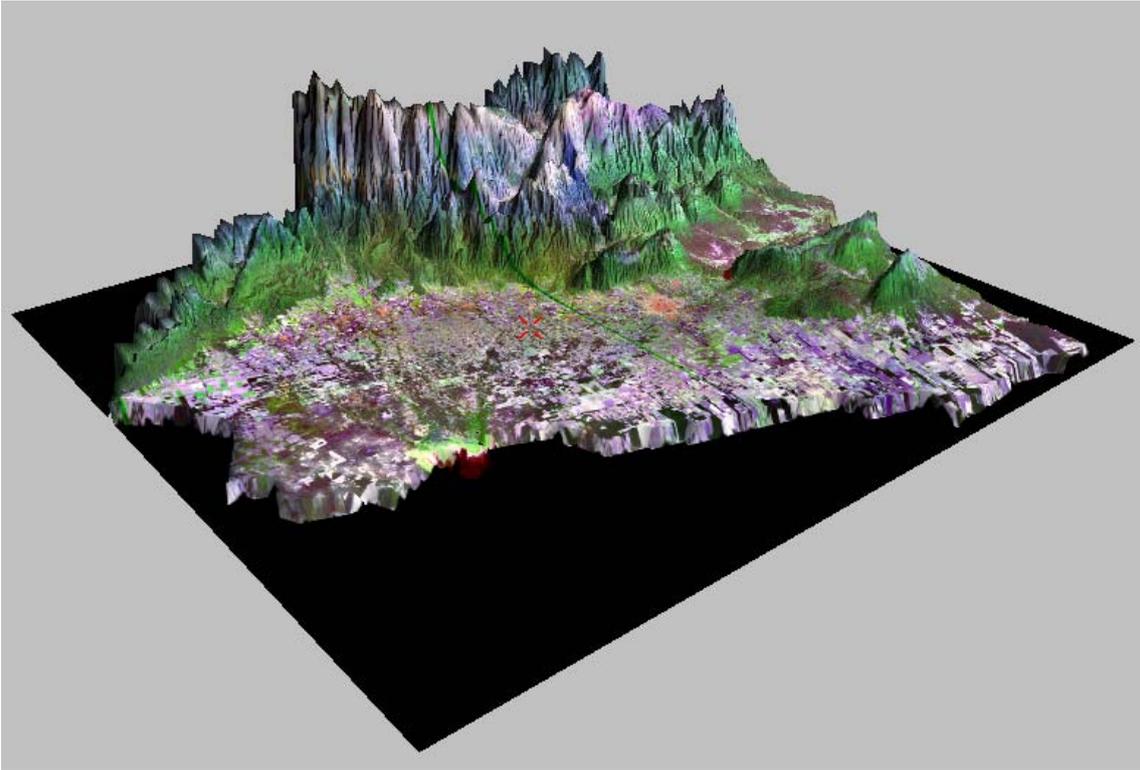


Imagen N° 8: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 5

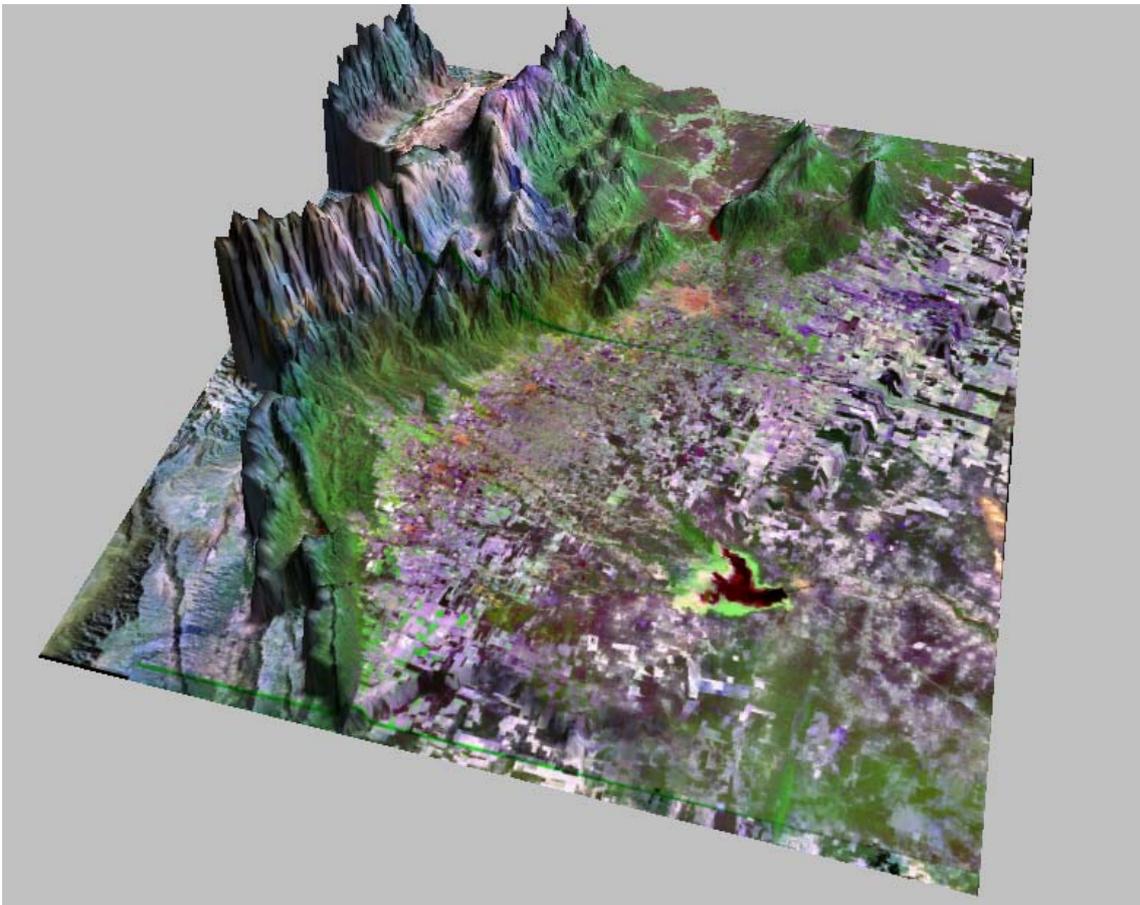
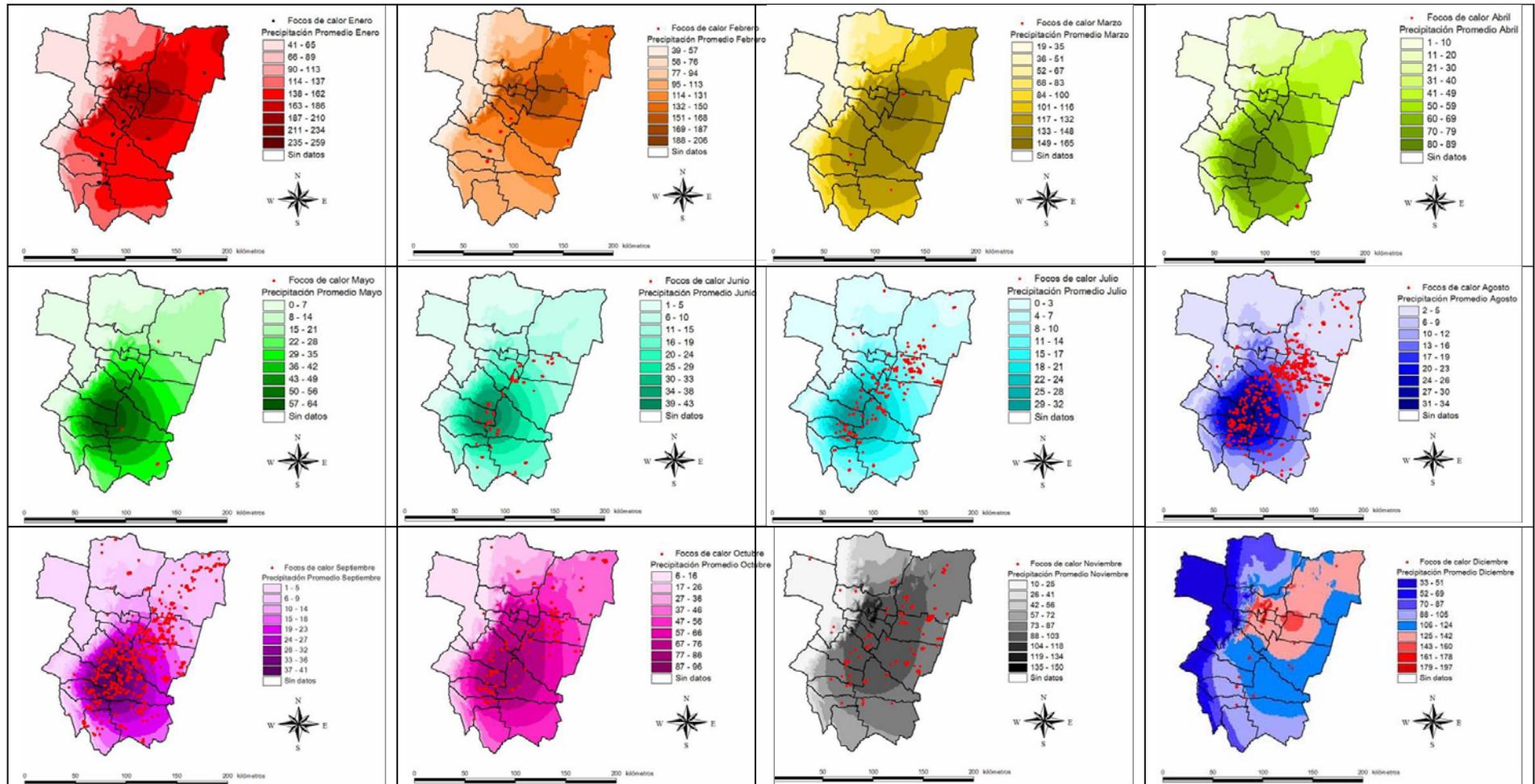


Imagen N° 9: Modelo digital de elevación. Tucumán. Caso 6

Anexo N° 28

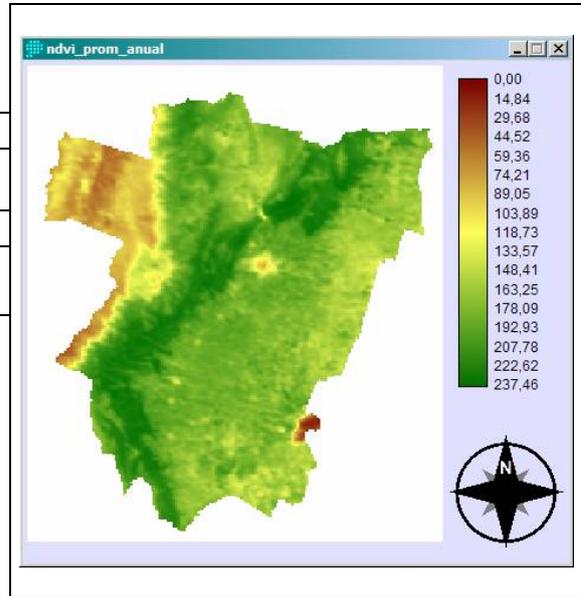
Tabla N° 17: Valores promedio (históricos) de precipitación de cada uno de los sitios con registro de focos de calor en 2006.



Anexo N° 29

Tabla N° 18: Valores anuales de NDVI en Tucumán

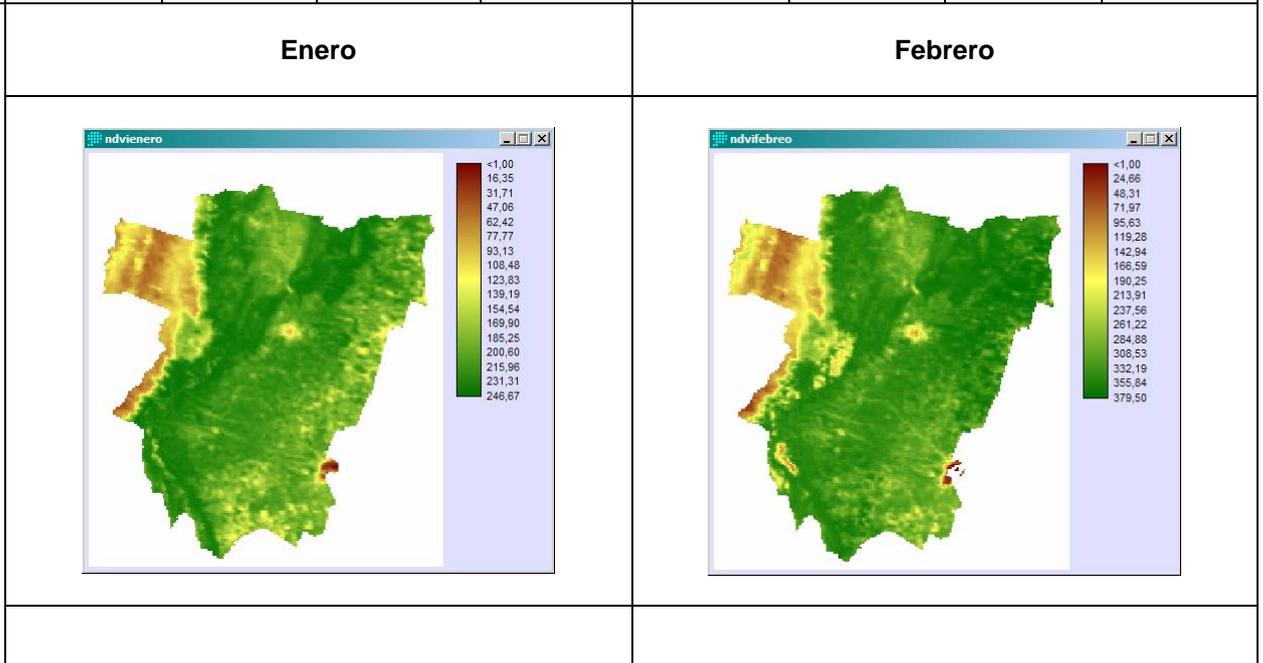
	Promedio anual	
	Valor de NDVI	% provincial cubierto
Máximo	237	5,4 %
Máx. Frecuencia	190	18,8%

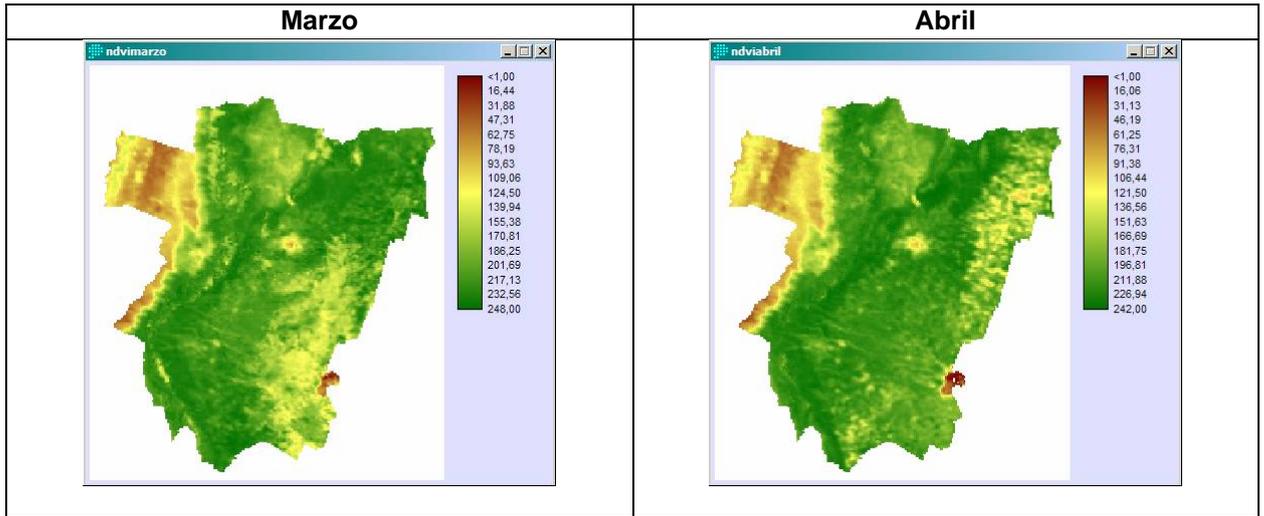


Anexo N° 30

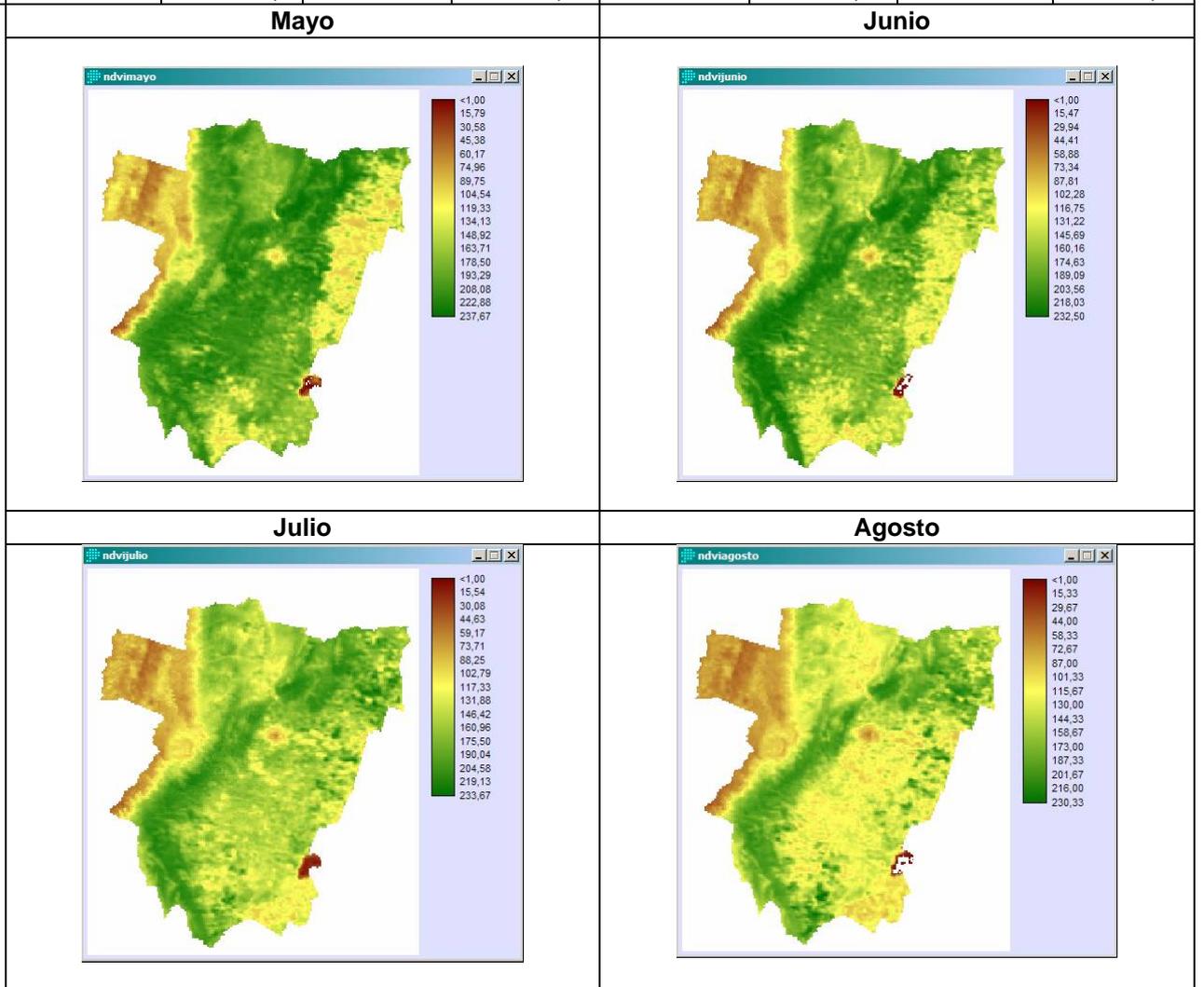
Tabla N° 19: Valores mensuales de NDVI

	Enero		Febrero		Marzo		Abril	
	Valor NDVI	% provincial cubierto						
Máximo	246	10,5	379	9,05	248	3,18	242	7,3

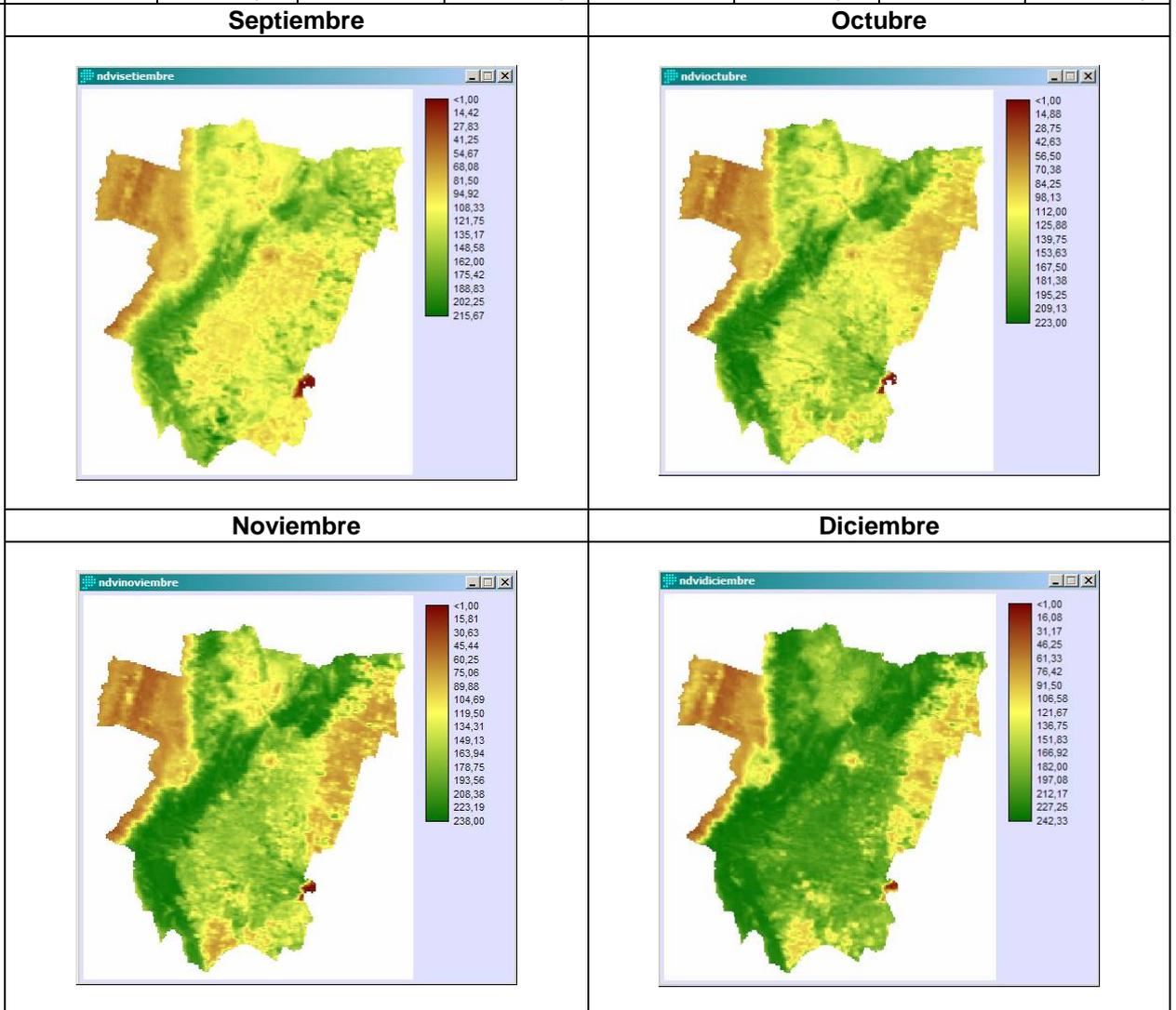




	Mayo		Junio		Julio		Agosto	
	Valor NDVI	% provincial cubierto						
Máximo	237	2,5	232	5,04	233	0,09	230	0,15



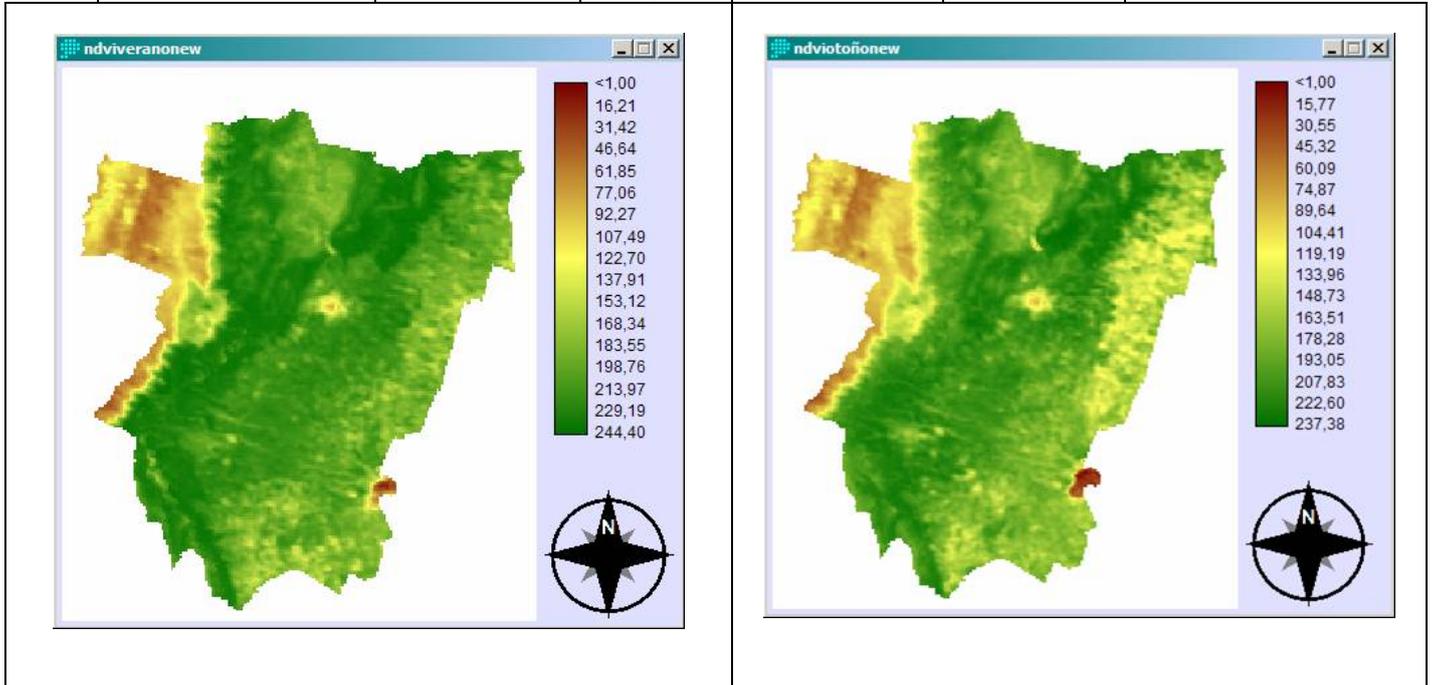
	Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Valor NDVI	% provincial cubierto						
Máximo	215	0,06	223	1,9	238	5,95	242	9,9



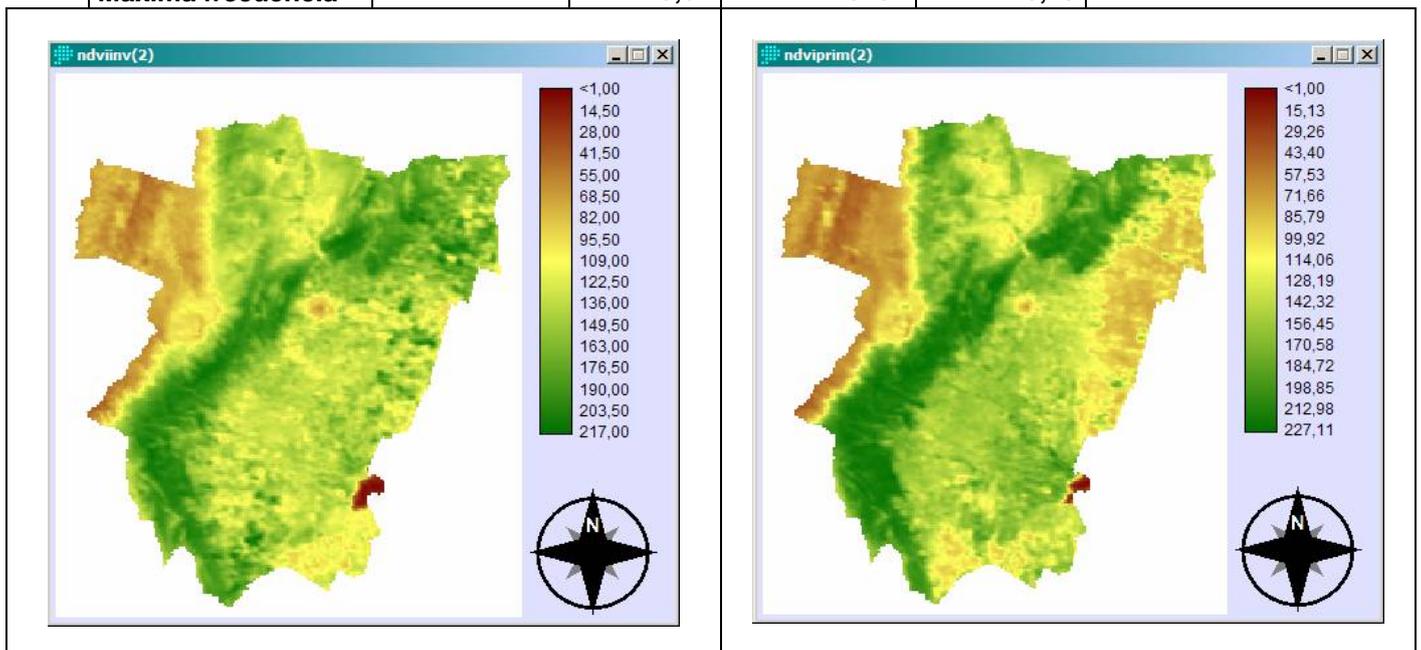
Anexo N° 31

Tabla N° 20: Valores estacionales de NDVI

	Verano		Otoño	
	Valor de NDVI	% de la provincia cubierto	Valor de NDVI	% de la provincia cubierto
Máximo NDVI	244	13,37	237	4,17
Máxima frecuencia	232	13,19	213	4338

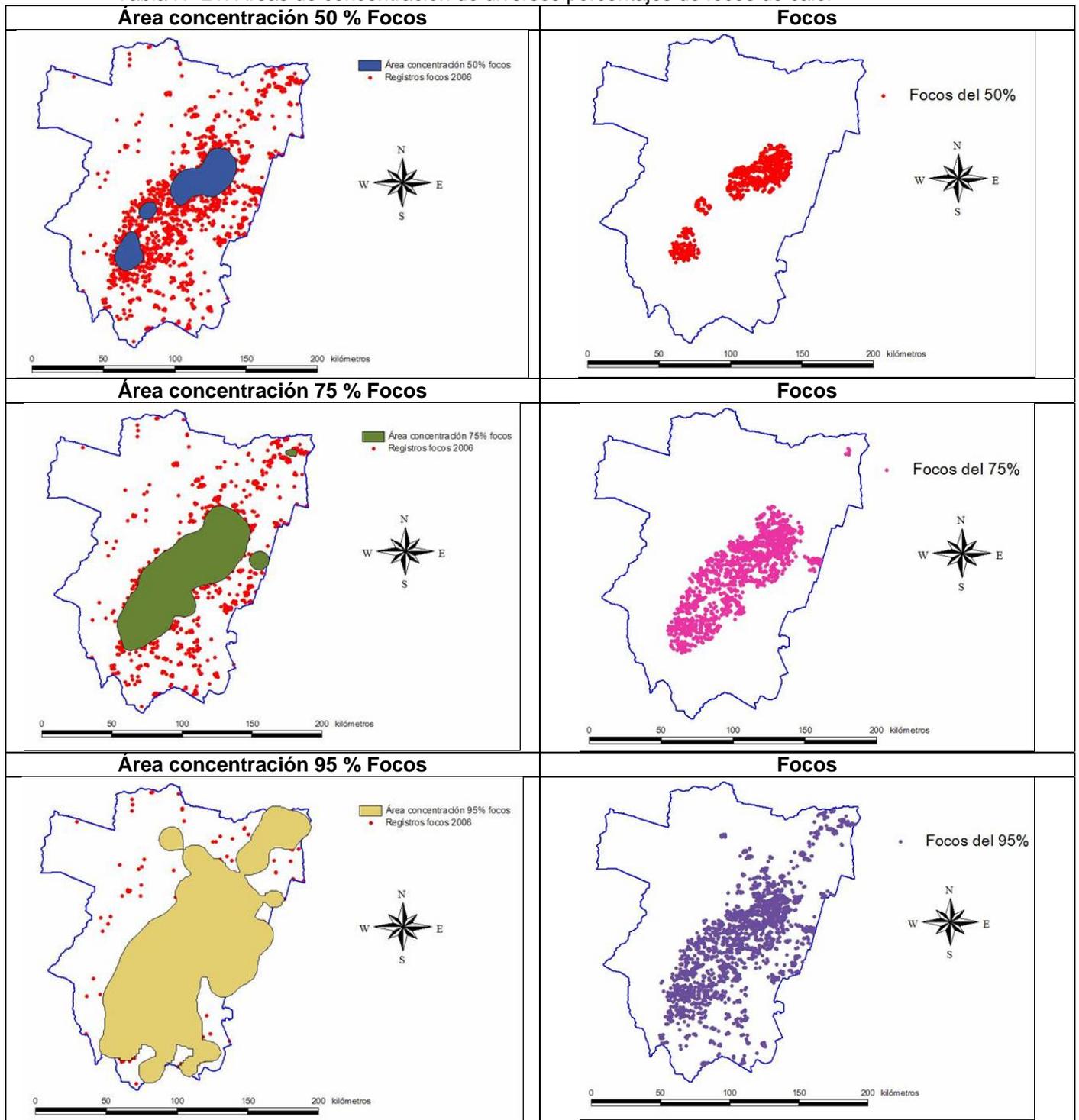


	Invierno		Primavera	
	Valor de NDVI	% de la provincia cubierto	Valor de NDVI	% de la provincia cubierto
Máximo NDVI	217	0,87	227	4,21
Máxima frecuencia	141	15,62	3402	13,19



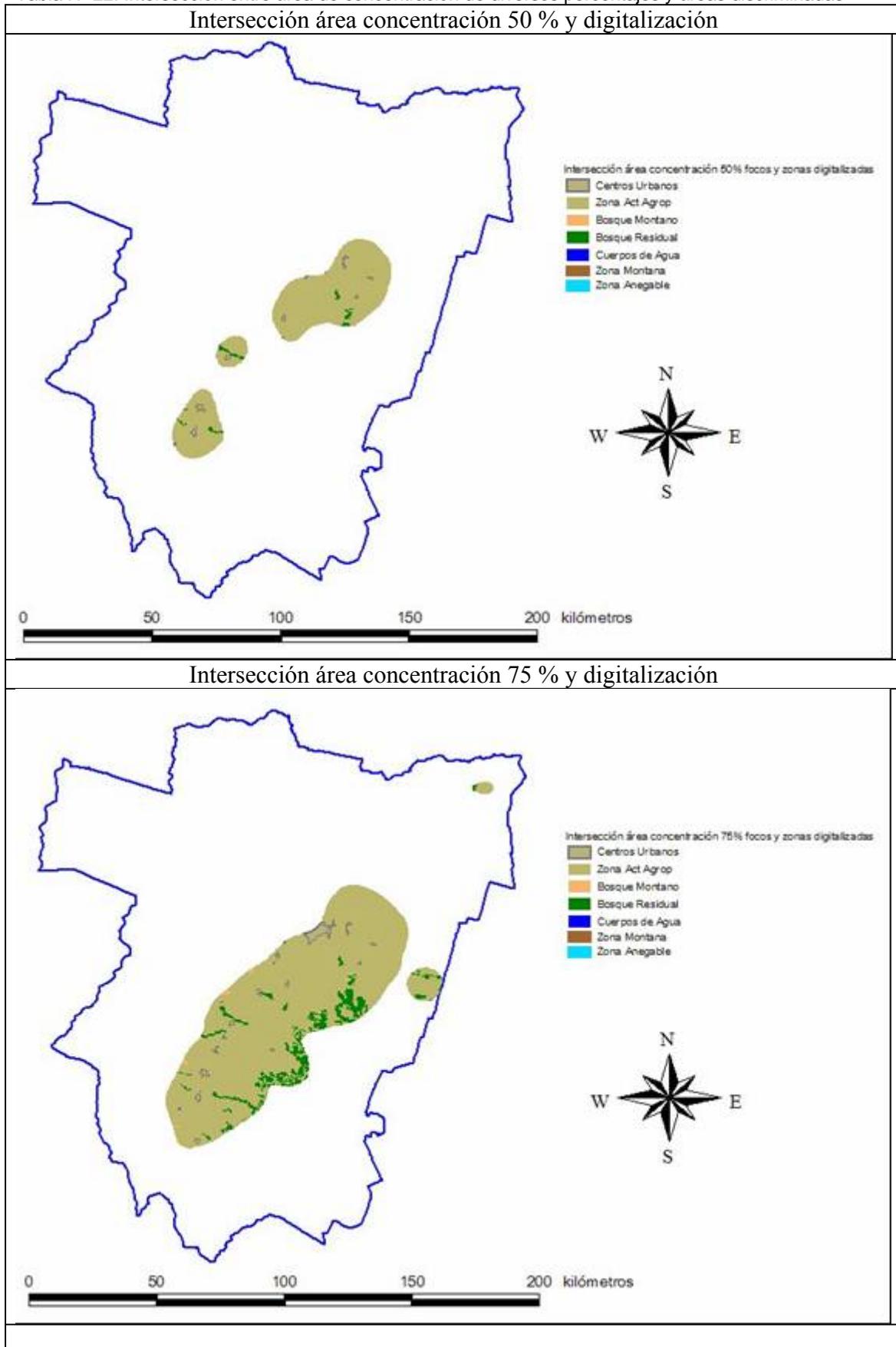
Anexo N° 32

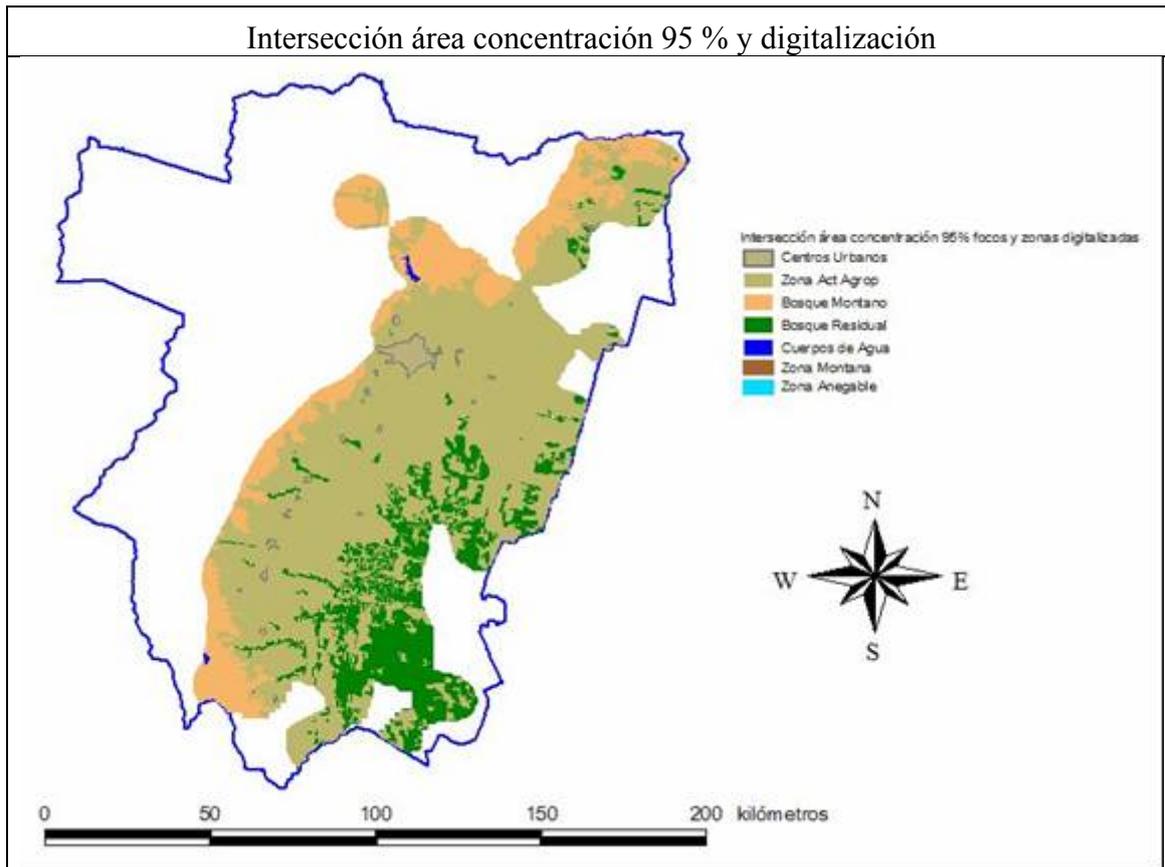
Tabla N° 21: Áreas de concentración de diversos porcentajes de focos de calor



Anexo N° 33

Tabla N° 22: Intersección entre área de concentración de diversos porcentajes y áreas discriminadas





Discriminación de superficies discriminadas en las diversas áreas de concentración.

Tabla N° 23: Distribución de áreas discriminadas y diversos porcentajes de áreas de concentración de focos de calor

Cobertura	95%		75%		50%	
	Sup. (Ha)	% de cobertura	Sup. (Ha)	% de cobertura	Sup. (Ha)	% de cobertura
Centros Urbanos	163,92	1,66	84,94	2,28	29,55	2,3
Act. Agrop.	6513,77	65,98	3353,27	90	1223,31	95,4
Bosque Montano	1608,1	16,29	16,23	0,44	0	0
Bosque Residual	1572,75	15,93	271,5	7,29	30,01	2,3
Cuerpos de agua	13,52	0,14	0	0	0	0
General	9872,06	100	3725,94	100	1282,87	100