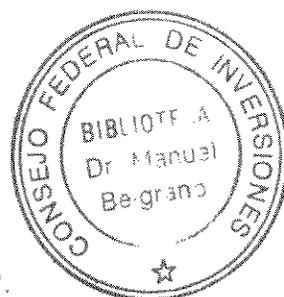
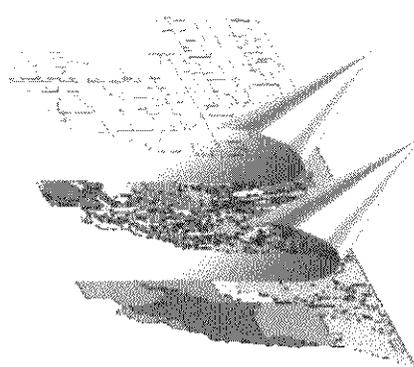


0/X10
C11s

43449

SISTEMATIZACION DE INFORMACION GEOGRÁFICA DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Informe Final





RIESGO HÍDRICO

INTRODUCCION

El objetivo de esta primera etapa del proyecto es la implementación de un sistema de alarma para las áreas que se ven afectadas por inundaciones en forma reiterada.

A tal fin, se consultaron trabajos existentes, se generó y actualizó cartografía, se recopiló información disponible en bases de datos y se realizó un análisis multitemporal de imágenes de los satélites Landsat 5 y 7.

También de acuerdo a lo previsto se generaron modelos digitales de terreno, para observar las características topográficas, tanto a escala provincial como a nivel de detalle.

TAREAS PREVISTAS DE ACUERDO AL CONTRATO

TAREA 1: Análisis de variables involucradas en las situaciones de riesgo.

1.1 Riesgo hídrico.

1.1.1 Consulta a diferentes organismos nacionales y provinciales, recopilación y análisis de información disponible para cargar las bases de datos (datos estadísticos sobre vegetación, cultivos, información meteorológica).

1.1.2 Análisis de características topográficas y edáficas para la creación de modelos de predicción y sistemas de alarma. Seguimiento de estos procesos en el tiempo (origen y desarrollo) utilizando datos meteorológicos como una de las capas de información y bases de datos. Registro gráfico histórico de áreas afectadas a partir de imágenes de satélites meteorológicos, relacionados con información estadística. Generación de sistemas automáticos de alarma.

TAREA 1.1.1 RECOPIACION DE DATOS Y GENERACION DE CARTOGRAFIA TEMATICAS

De acuerdo a lo previsto, se recopiló información para ser cargada en bases de datos con el fin de generar nuevas capas temáticas. En el caso de los registros pluviométricos, estos se tomaron en cuenta para determinar las fechas apropiadas en la selección y análisis de imágenes satelitales.

A continuación se detalla el material recopilado, sus características y origen. Las bases de datos se incluyen en el CD que acompaña el presente informe.

1. Datos sobre superficies cultivadas en 10 departamentos del Este de la Provincia de La Pampa, para los años 1881, 1914, 1937, 1960, 1988 y 1996, agrupados por cultivo. Información recopilada por el Ing. Agr. Fabián Lértora y presentada como base de datos utilizando las herramientas del sistema ArcView.
2. Registros tomados en 82 Estaciones Pluviométricas de la Provincia de La Pampa, desde enero de 1962 hasta agosto de 2002, agrupados mensualmente. Dirección de Aguas de la Provincia de La Pampa.
3. Datos Meteorológicos de la estación meteorológica Aeropuerto Santa Rosa, para el período 1981-1990. Servicio Meteorológico Nacional.
4. Temperaturas Medias, Máximas y Mínimas 1964-1997. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Anguil.

También se utilizó material de consulta. En algunos casos como cartografía de referencia y en otros casos por su contenido descriptivo.

1. ATLAS DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA (INTA-Aeroterra S.A.). 1995. La escala de origen es 1:500.000. Las capas consultadas fueron: clima,

precipitaciones, amplitud térmica, temperaturas medias, temperaturas máximas, temperaturas mínimas y suelos.

2. INVENTARIO INTEGRADO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA (INTA-PROV. DE LA PAMPA-UNLPAM). 1980.

Las capas utilizadas fueron: suelos, vegetación, geomorfología, uso del suelo y aptitud.

3. CARTAS TOPOGRAFICAS DEL IGM a escala 1:250.000, 1:100.000 y 1:50.000.

Se utilizaron las curvas de nivel y puntos acotados digitalizados durante el año pasado con el fin de generar los modelos digitales de terreno, tanto a nivel provincial como de detalle.

4. RUTAS Y CAMINOS. Se incorporaron los cambios realizados por Vialidad Nacional y Vialidad Provincial para su actualización hasta agosto de 2002.

La cartografía anteriormente citada, se encuentra en formato digital en el CD que acompaña al presente informe, agrupada en carpetas. Asimismo, se incluye el soft ArcExplorer (de distribución gratuita) para permitir la consulta de mapas y bases de datos en forma interactiva.

TAREA 1.1.2 CARACTERISTICAS GEOMORFOLÓGICAS, EDÁFICAS, TOPOGRÁFICAS Y CLIMÁTICAS. ANALISIS MULTITEMPORAL DE IMÁGENES SATELITALES.

Breve descripción del área

El área estudiada se encuentra ubicada en la región noreste de la provincia de La Pampa, entre los paralelos 35° y 36°48' S. y los meridianos 63°23' y 65° 07' W.

Se trata de un área caracterizada por suelos arenosos, con gradiente regional prácticamente nulo (0.5%). Su topografía es ondulada, presentando áreas convexas de captación de agua alternadas con áreas cóncavas en las cuales aflora la capa freática en épocas con excedentes hídricos en forma de lagunas alargadas.

Dada la escasa pendiente regional y sus características topográficas, es un área sin posibilidades naturales de generar un sistema de drenaje.

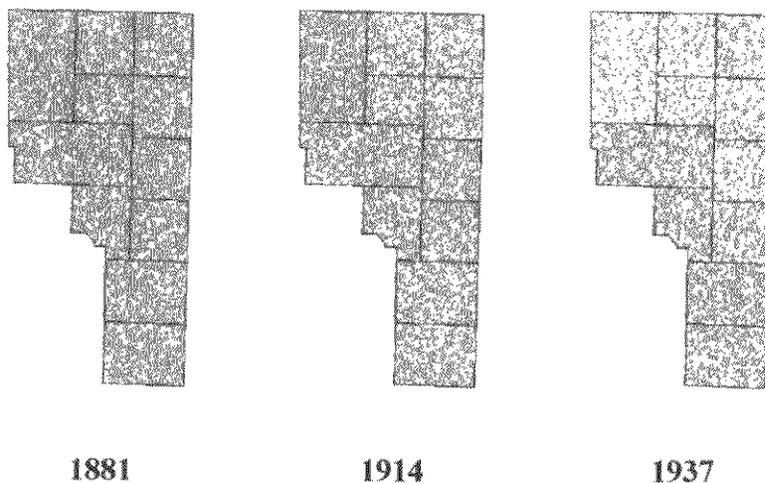
Según Casagrande G. A. y G.T. Vergara “Las inundaciones de suelos ocurridas en los últimos meses en el NE de la Provincia de La Pampa tienen un origen eminentemente pluvial, aunque existen zonas inundadas en forma semipermanente desde hace varias décadas. Las inundaciones recientes se diferencian de las semipermanentes en que han tenido mayor extensión areal, cubriendo suelos históricamente productivos y han afectado obras civiles y centros urbanos. Por ello han afectado gravemente la producción agropecuaria, las comunicaciones terrestres, el comercio en general y consecuentemente han tenido un impacto altamente perjudicial sobre la economía de la región”.

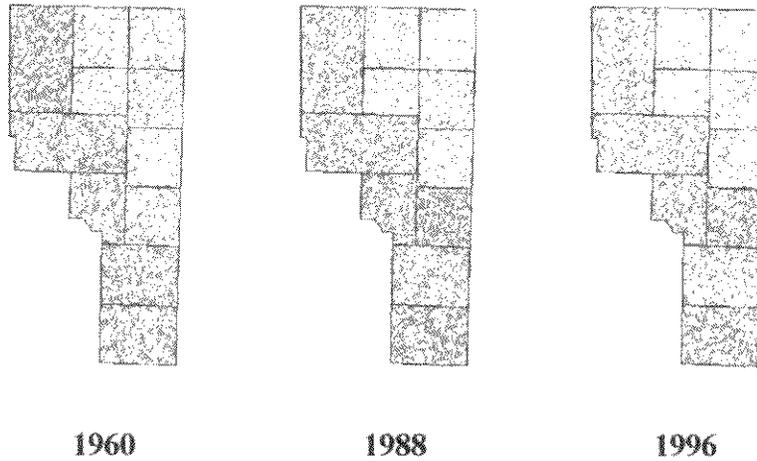
De acuerdo a lo expresado por el profesor Pedro Cuello (Hidrología, El Agua en La Pampa, 1990, pag. 29). “Estudios efectuados sobre el comportamiento histórico de la lluvia en La

Pampa indican la presencia de períodos cíclicos con respecto a la media histórica. Esto lleva a efectuar un **análisis del comportamiento de las isohietas en el período 1862-1982**. Trazadas éstas se cotejaron con las elaboradas por el Servicio Meteorológicos Nacional, en el Atlas edición 1962, y se comprueba un **aumento de 100 mm.**, por lo cual la isohieta de 700 pasa a 800 mm. y la de 200 a 300 mm. Si estamos en presencia de un incremento estable del régimen de lluvias o de un ciclo con retorno a media normal se podrá dilucidar, analizando períodos anteriores y los años venideros”.

Dado el cambio en el régimen pluvial que describe el profesor Cuello, el área de estudio se vio beneficiada por una mayor disponibilidad de agua que permitió el incremento de las actividades agropecuarias, generando explotaciones más rentables y un aumento en el valor de la tierra.

A continuación puede observarse el cambio en la superficie correspondiente a “campo natural”, que se produjo entre los años 1881-1996.





De acuerdo a los registros facilitados por la Dirección de Aguas de la Provincia de La Pampa, vemos que los excedentes de agua se producen por lluvias “in situ” y que estos volúmenes de agua no se ven incrementados por aportes externos a la provincia.

Mediante el análisis de las imágenes satelitales, puede comprobarse que los desplazamientos de agua dentro de la provincia están directamente relacionados con obras realizadas por el hombre, en su necesidad de proteger áreas urbanas, obras de infraestructura y explotaciones agrícolas, en este orden.

En algunos casos, el deseo de proteger estas explotaciones agrícolas por parte de los productores, hace que éstos construyan zanjas o profundicen las banquetas de caminos vecinales, drenando así sus tierras, pero perjudicando otras propiedades. Si bien estas obras no puede observarse en las imágenes satelitales, existen reiteradas denuncias realizadas por los vecinos damnificados. En general, la evacuación del agua en forma desordenada por parte de propietarios tienden a empeorar la situación, mientras que la construcción de una red de drenaje a través de canales permitiría el escurrimiento controlado de los excedentes y registrar los volúmenes de agua que se desplazan.

A continuación se incluyen los resúmenes de las caracterizaciones realizadas por las diferentes áreas temáticas en el estudio “Evacuación de impacto ambiental de las obras previstas para mitigar las inundaciones en el noreste de la provincia de La Pampa”, por tratarse de un análisis de detalle y estar orientado específicamente hacia la temática de este informe.

Geomorfología por Carballo O., J. Sbrocco y J. Marani

Desde el punto de vista geomorfológico, gran parte del área objeto de interés estaría comprendida en la denominada Región Oriental y una porción menor formaría parte, hacia el oeste, de la Región Central. Las unidades geomorfológicas menores que forman parte de estas dos regiones son las siguientes: planicies medanosas, planicies con tosca, acumulaciones arenosas combinadas con mesetas residuales y llanura pampeana de modelado eólico superimpuesto.

Las planicies medanosas cubren una superficie de aproximadamente 9200 km². Se sitúan al NE de la provincia entre los meridianos 63° W y 64°15' W, incluyendo los departamentos Chapaleufú, Maracó, Quemú Quemú, Catriló y Atreucó. El relieve está constituido por ondulaciones arenosas alargadas en sentido N-S y por médanos aislados. Las planicies con tosca cubren una superficie aproximada de 8500 km² y se hallan ubicadas entre los meridianos 63°45' W y 64°30' W y los paralelos 35° S y 36°30' Sur: incluyen los departamentos Realicó, Chapaleufú, Conhelo, Trenel, Maracó, Quemú Quemú, Capital y Catriló. Se caracterizan por la presencia de una costra calcárea originada probablemente por escurrimiento difuso en el pasado geológico; luego se produjo el depósito de un delgado manto arenoso mediante acción eólica. Las acumulaciones arenosas combinadas con mesetas

residuales abarcan una extensión de más de 14.570 km². Se encuentran ubicadas en la parte central de la provincia, aproximadamente entre los meridianos 64°30' W y 66°W y entre los paralelos de 35° S y 37° Sur: incluyen los departamentos Rancul, Conhelo, Loventué, Utracán y Toay. La acción eólica, con acumulación de arenas y sus geoformas características predomina en toda el área; no obstante se observan de manera aislada antiguas mesetas, cerros testigo, planicies calcáreas, etc.

Las unidades morfoestructurales que integran el área de interés están representadas, al occidente por la prolongación de las Sierras Pampeanas, en la parte central por la Cuenca de Macachín y al noreste por la cuenca de Laboulaye.

A nivel regional el área de estudio se manifiesta como una planicie suavemente ondulada con pendientes muy suaves cuyos gradientes en su mayoría no superan el 0,5%. Los relieves relativos muestran una suave inclinación hacia el este-sudeste, lo que explica la dificultad que encuentra el drenaje superficial para organizarse integrando una red.

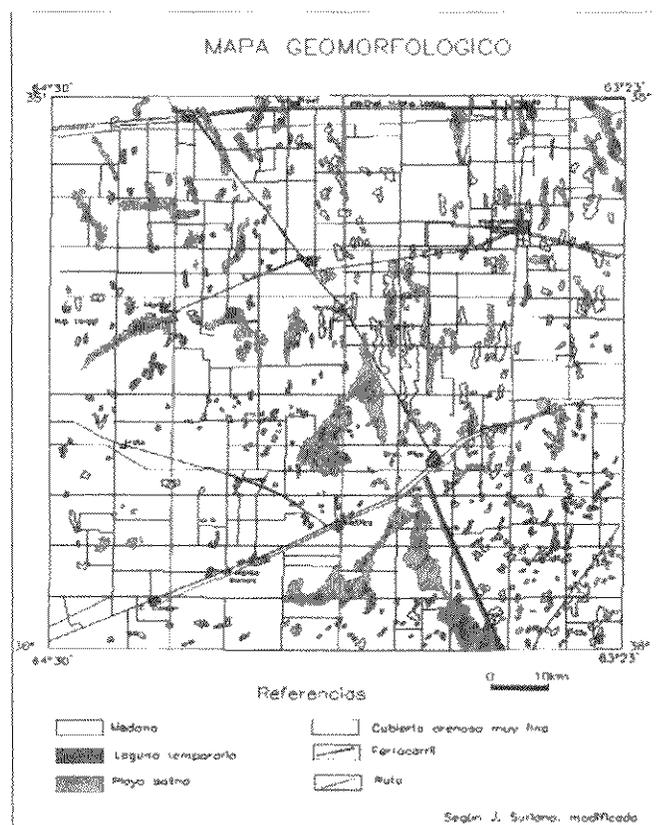


Figura 1 Mapa geomorfológico del área de estudio

Edafología por Buschiazzo D.E. y S. Abascal

El estado actual de los suelos se analizó en base a la información existente en el Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, en publicaciones del INTA Anguil y de la Facultad de Agronomía (UNLPam). También se llevó a cabo un relevamiento expeditivo de suelos, recolectándose muestras de horizontes superficiales que representan las siguientes condiciones: suelos no inundados, suelos inundados recientemente y suelos permanentemente inundados. En laboratorio se realizaron determinaciones de pH en pasta, conductividad eléctrica, sodio intercambiable y capacidad de intercambio catiónico. En base a estos datos se calculó el porcentaje de sodio intercambiable.

Se trata de un área donde predominan suelos de tipo Haplustol Éntico, con valores de pH que oscilan entre 6.5 en superficie y 8 en profundidad. En algunas zonas más deprimidas se observan suelos de tipo salino o salino sódico. La mejor calidad productiva de suelos se encuentra en las áreas deprimidas, lo que aproximadamente representa un 50 % de la superficie afectada por las inundaciones. En los suelos con inundación reciente, uno de los fenómenos de mayor importancia es la degradación de los nitratos disponibles para cultivos, cuya recuperación requeriría del uso de fertilizaciones temporarias con nitrógeno. En menor medida se han detectado disminuciones en los contenidos de hierro, manganeso, sulfatos y, a su vez, altos niveles de sodio. En los suelos aledaños a lagunas de reciente formación no se detecta la presencia de sales o de sodio. Por el contrario, en suelos de áreas inundadas permanentemente se evidencian procesos de salinización y sodificación que los hacen improductivos por la modificación físico-química que conllevan, detectándose predominancia de sulfatos y cloruro de sodio y ausencia de carbonatos y bicarbonatos. En suelos adyacentes a zonas inundadas permanentemente no se observan evidencias de salinización ni sodificación, por lo que se considera relativamente fácil su recuperación.

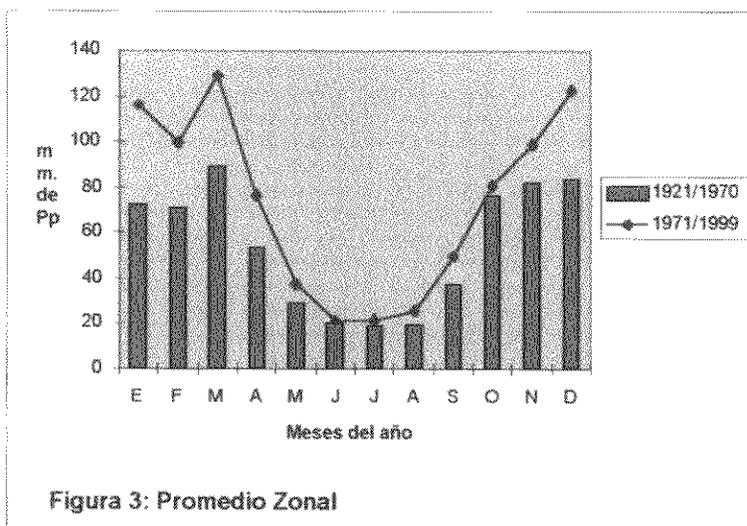
Clima por Casagrande G. A., G.T. Vergara

La dinámica del sistema ambiental pampeano se describe a partir de los vientos predominantes y la caracterización climática del área de estudio se realiza en base a los principales elementos del clima, que condicionan las actividades productivas de la región subhúmeda pampeana. Se analizó el régimen térmico en base al comportamiento de la temperatura del aire en dos épocas bien diferentes: el verano, representado por el valor medio del mes más caliente (enero) y el invierno, por el mes más frío (julio). Otro elemento analizado fue el régimen de vientos, ya que influye en el proceso evapotranspiratorio, en las características de las masas de aire que se desplazan sobre la zona y en el proceso erosivo del suelo. También se analizó el régimen hídrico, tanto por la cantidad de agua aportada como por su distribución. Por último, se calculó el balance hídrico que permite definir períodos de recarga, excesos, deficiencia y consumo del agua en el suelo. Como síntesis final se realizó una predicción de efectos y se describen posibles escenarios climáticos.

Para caracterizar el Sistema Ambiental Pampeano se han tenido en cuenta los vientos del oeste y sudoeste (provenientes del Pacífico), vientos del este y noreste (provenientes del Atlántico) y el ASTS (anticiclón subtropical semipermanente). Los vientos predominantes en el área tienen direcciones del sur, sudoeste y del noreste. Con respecto a la temperatura, los valores tomados corresponden a General Pico y Quemú Quemú: en enero la media es de 24°C para ambas localidades y en julio se detecta una media de 8,1°C para General Pico y 7,4°C para Quemú Quemú. Como factor negativo se producen heladas tempranas en otoño y tardías en primavera, que perjudican los cultivos. Hay un gradiente temporal de las mismas del sudoeste al noreste en otoño (30 de abril y 10 de mayo, respectivamente) y otro gradiente temporal de heladas se produce de noreste al sudoeste en primavera (30 de septiembre y 30 de octubre respectivamente). El período libre de heladas es de 225 días. Con respecto a las

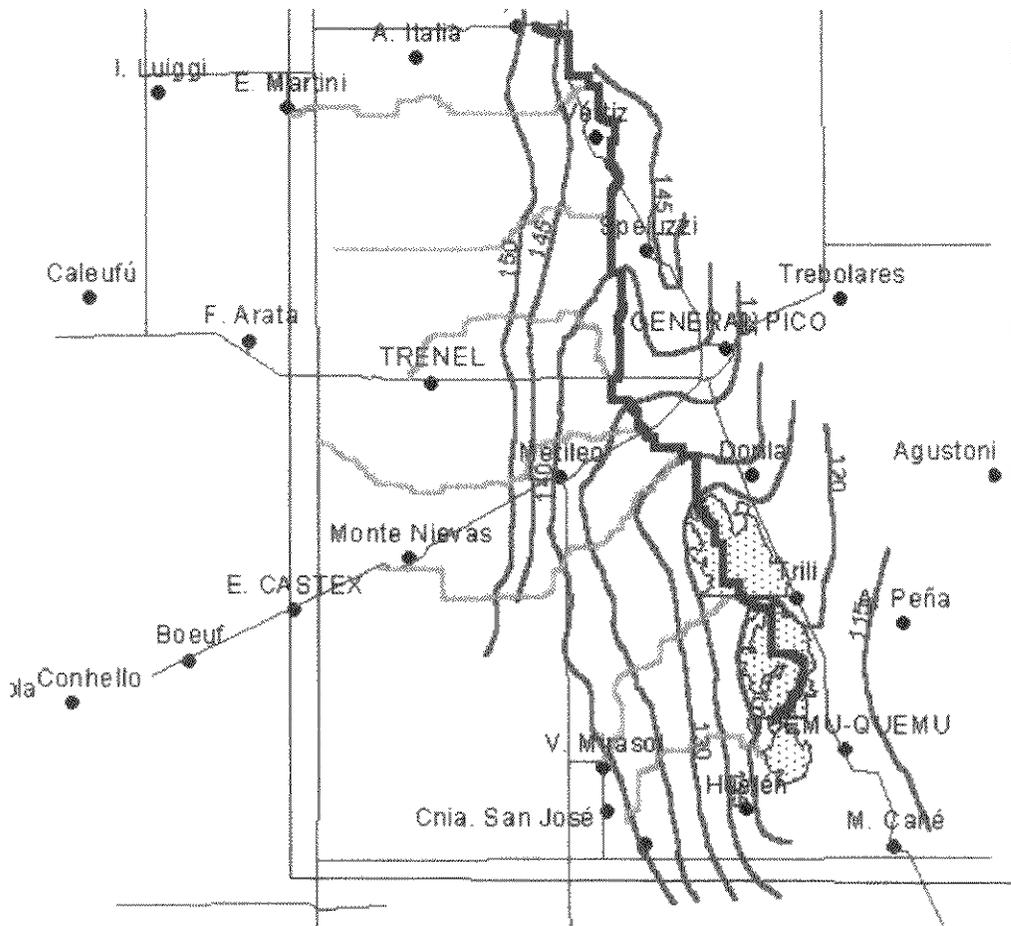
precipitaciones se ha observado un incremento en la cantidad de lluvias desde 1971 hasta 1999 considerado ciclo húmedo, registrándose incrementos promedio de hasta 283 mm y 334 mm para las localidades de Intendente Alvear y Quemú- Quemú respectivamente. El período en el que se concentran las lluvias en la región es el comprendido entre octubre a marzo inclusive. Detectándose incrementos de las precipitaciones en los ciclos 1921/70 y 1971/99 entre los meses de noviembre y abril (Figura 3). En lo que se refiere al balance hídrico, de su análisis, se constata casi el mismo comportamiento en Realicó, General Pico y Quemú- Quemú para los ciclos seco (1921/70) y húmedo (1971/99) evidenciando el incremento de disponibilidad de agua en la región (tabla 2), además se detectan excesos de agua en los dos periodos: abril-setiembre y octubre-marzo con gradiente creciente en el sentido norte sur.

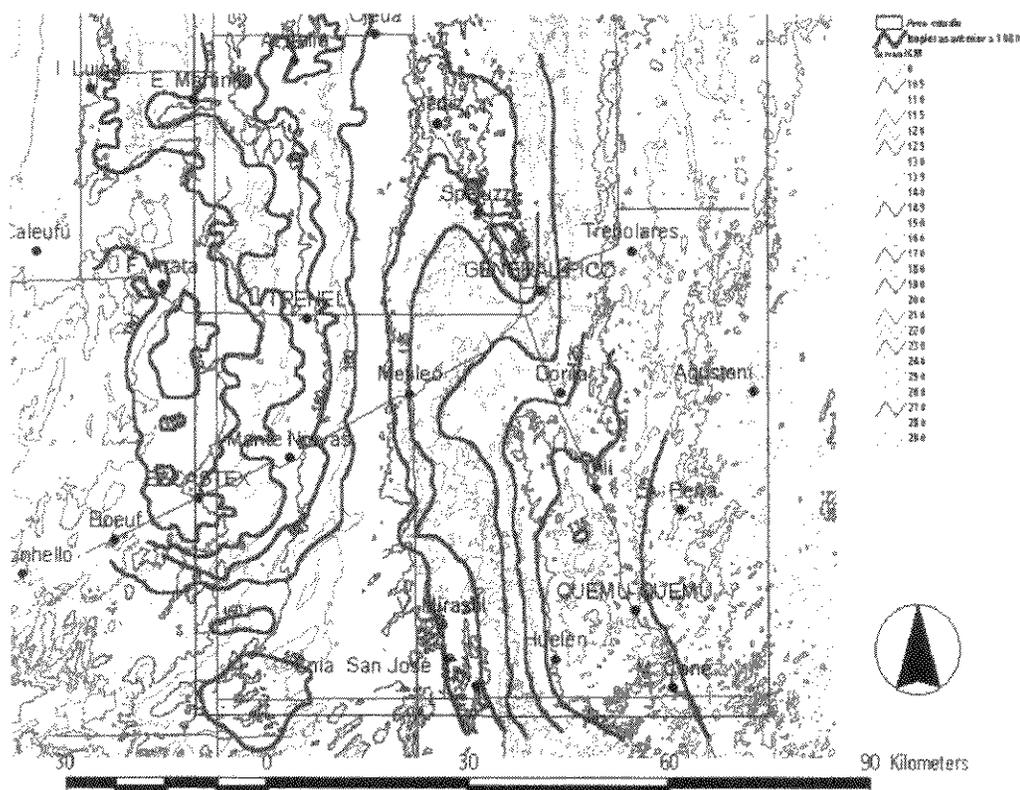
En los últimos meses del año 2000, la ausencia de precipitaciones ha provocado un descenso notable de los niveles de agua superficial, en el área de estudio.



Hidrología superficial y subterránea por Dornes P., S. Giai, J.M. Malán y J. Scarone

En este estudio, se realiza una síntesis de la situación hidrológica anterior a las inundaciones, considerada como línea de base. En lo que concierne a las aguas subterráneas, con la información disponible hacia el año 1980, se realizó un mapa de líneas isofreáticas. Con respecto a las aguas superficiales se cuantificaron los cuerpos de agua intermitentes existentes y se determinó la superficie afectada. Asimismo, se realizó un análisis de la situación hidrológica actual donde se dedujo la posición del nivel freático y la red de flujo a partir de información propia, que se obtuvo de relevamientos realizados a tal fin. Con esta información se confeccionó el mapa de líneas isofreáticas actuales.





Isopiezas anteriores a 1980

En cuanto a las aguas superficiales, en base a imágenes satelitales se contabilizaron los cuerpos de agua existentes en la actualidad, así como también sus dimensiones y superficies. Por último, se realiza una identificación de efectos con una serie de consideraciones sobre los mismos, para lo cual se ha tenido en cuenta el esquema de obras que acompaña el informe del Danish Hydraulic Institute.

En lo que respecta a las aguas subterráneas, a partir del mapa de líneas isofreáticas se analizó la red de flujo predominante y los gradientes hidráulicos de la región noreste de La Pampa. En términos generales se detectó un ascenso sobre el nivel de base de entre menos de 1m a 5m. El escurrimiento medio es similar al estado anterior pero difiere en la profundidad. Se detectó convergencia de caudales en Speluzzi y no en Vértiz, como sucedía anteriormente, y en el caso de Trilí existe un desplazamiento norte-sur respecto de la citada localidad. En

general se puede hablar de un desplazamiento de las descargas al sureste, por aumento de las precipitaciones (figura 4). En el mapa hidroquímico se distinguen las zonas que contienen agua de calidad aceptable para consumo humano y riego, de aquellas en las cuales estas condiciones no se verifican (Figura 5). En cuanto al agua superficial, se observa un aumento de los enlagnamientos del orden del 600%, detectándose alrededor de 500 cuerpos de agua de dimensiones disímiles. Estas lagunas pasan del estado de intermitentes a permanentes, interconectándose entre ellas con predominancia del escurrimiento NNO al SSE.

PROCESAMIENTOS DIGITALES REALIZADOS

. TOPOGRAFÍA

Para la generación de los modelos digitales del terreno, se decidió trabajar a dos escalas:

. 1:250.000 para obtener una visión general de la Provincia, en proyección Gauss-Krüger (faja3) y

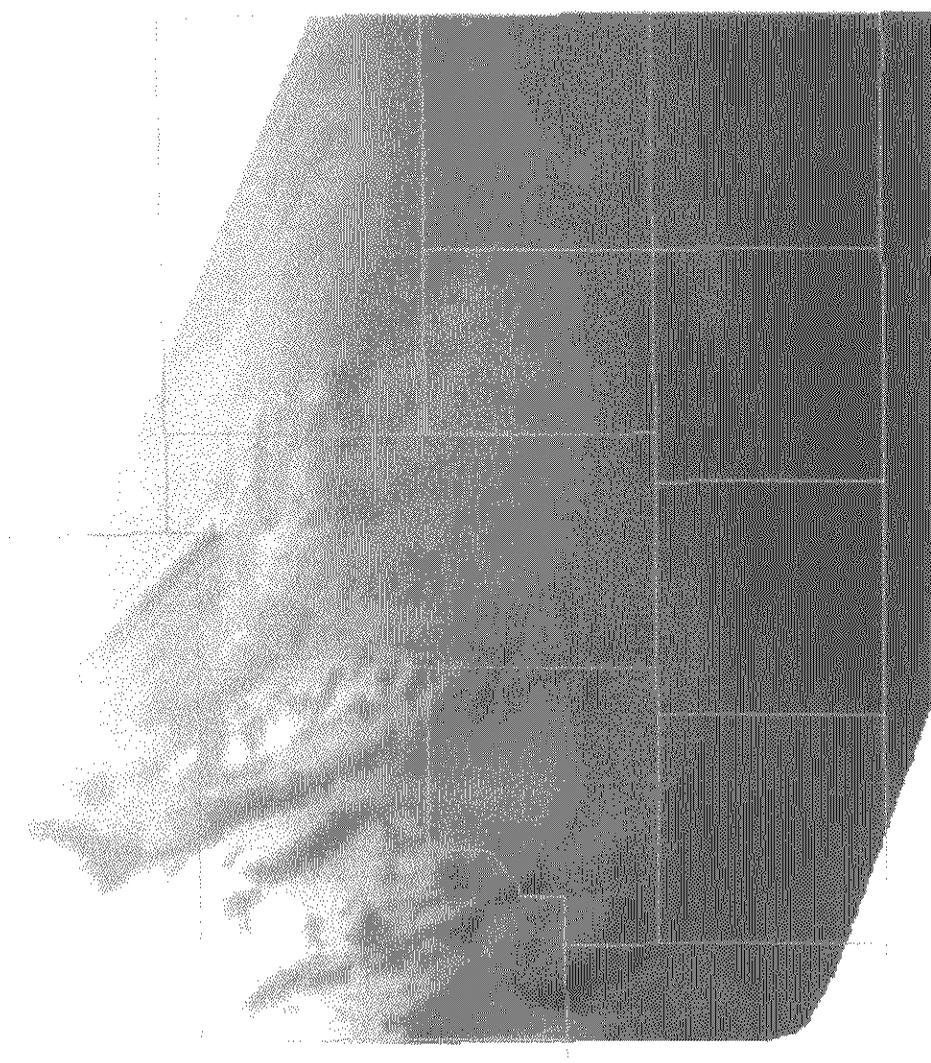
. 1:50.000 y 1:100.000 para el área de estudio, en proyección Gauss-Krüger (faja 4).

A escala provincial, se utilizaron las curvas de nivel digitalizadas en la etapa anterior, se transformaron a puntos para reducir la cantidad de datos a procesar en la generación de la superficie continua, sin introducir deformaciones. En la zona noreste, por presentar una escasa pendiente regional, hubo que incorporar curvas con menor equidistancia, eliminando además las curvas cerradas, dado que al generar la superficie se producían deformaciones por falta de datos. El archivo de puntos generado se ingresó en el módulo Surface de ERDAS, para obtener finalmente la superficie continua. Para su visualización, se superpuso un mosaico creado a partir de QuickLooks de imágenes Landsat, georeferenciado.

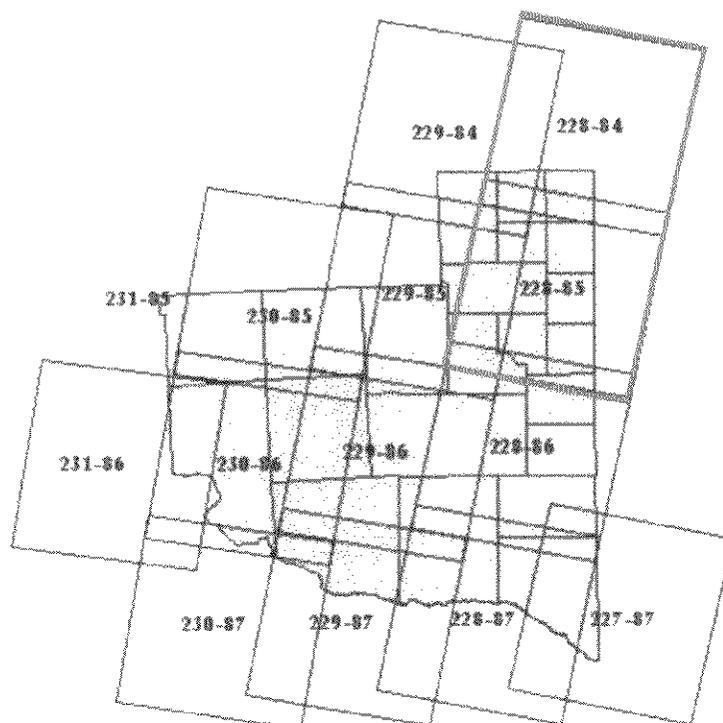


Vista desde Ojeda hacia el sur
Fecha: abril/2002
Exageración vertical: 100
Con límites departamentales

A escala de detalle, se redujo la equidistancia a 5 metros debido a limitaciones con la memoria virtual al tratar de generar la superficie continua. En este caso también fue necesario reducir el volumen de datos de la capa de curvas de nivel transformándola en una capa de puntos. Nuevamente se ingresó en el módulo Surface de ERDAS y se generó la capa continua. En este caso, puede superponerse con mosaicos de las imágenes involucradas en el área de estudio o trabajar con las imágenes en forma aislada.



. IMÁGENES DE SATÉLITE

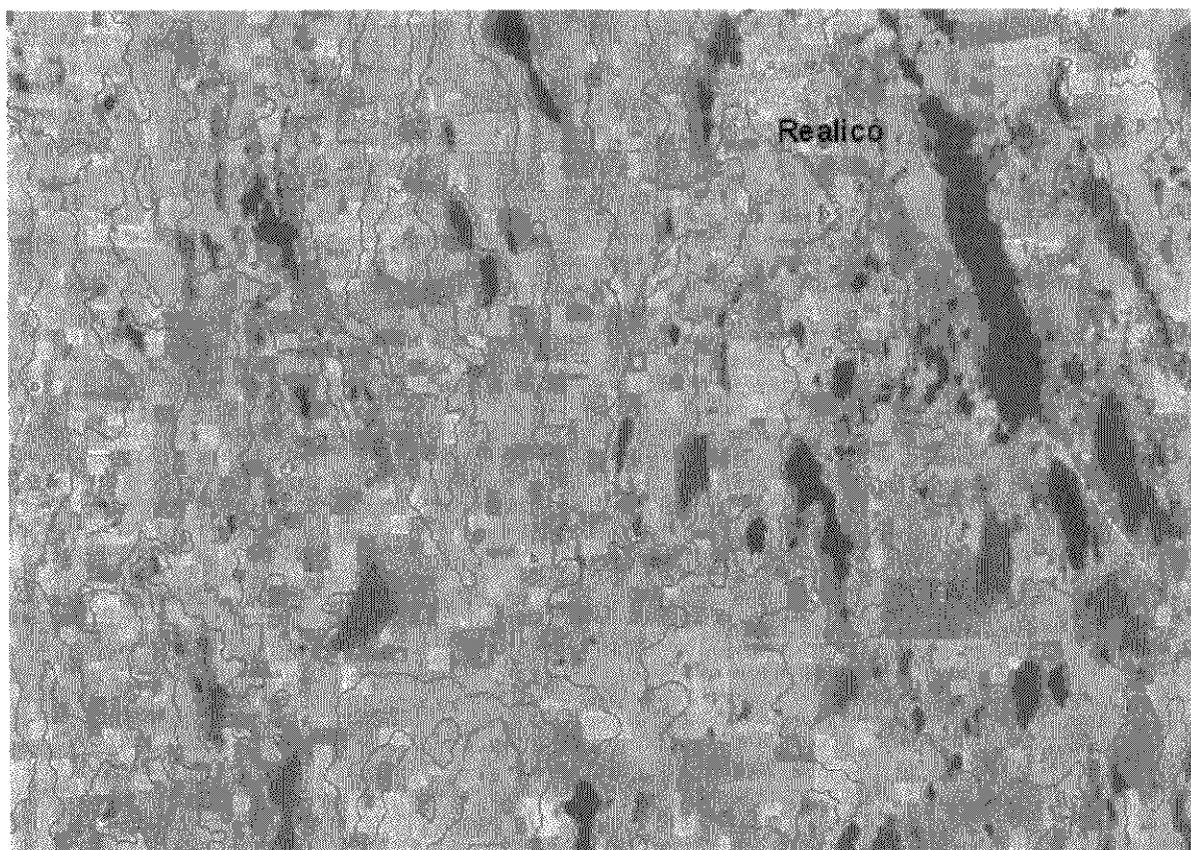


Ubicación de las imágenes Landsat utilizadas

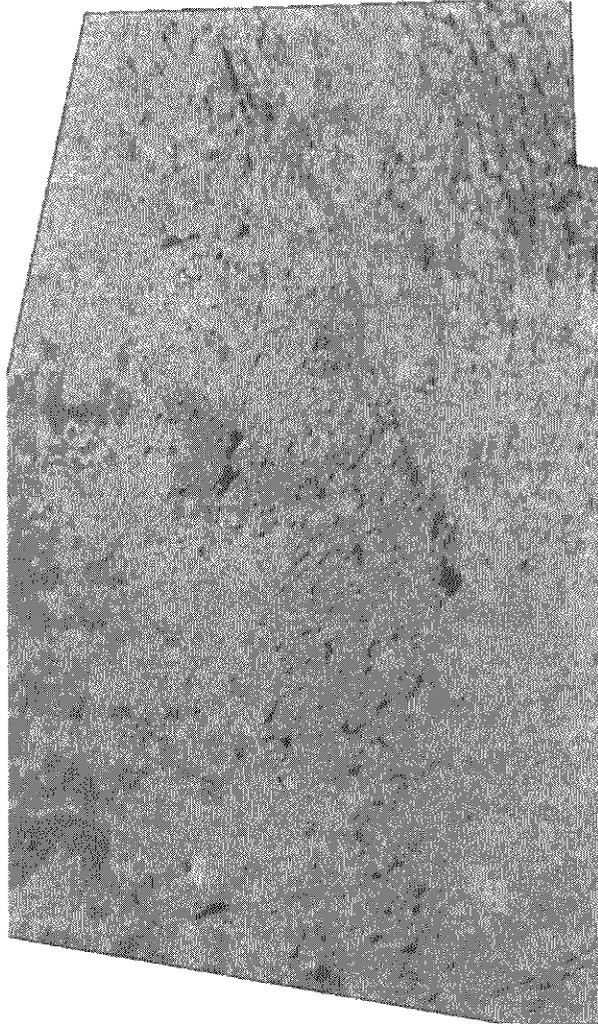
Las imágenes utilizadas, se encuentran disponibles en la Subsecretaría de Ecología de la Provincia de La Pampa en su formato original. Las imágenes de los satélites Landsat 5 y 7 fueron provistas por la CONAE, de acuerdo al convenio firmado entre ambas entidades. Las imágenes procesadas se incluyen en el CD que acompaña al informe.

Para el presente trabajo, se procedió a la generación de imágenes en falso color compuesto, asignando las bandas 2: azul, 3: verde y 4: rojo. Se georeferenciaron todas las imágenes en el sistema Gauss-Krüger (faja 4) utilizando la capa de caminos como referencia.

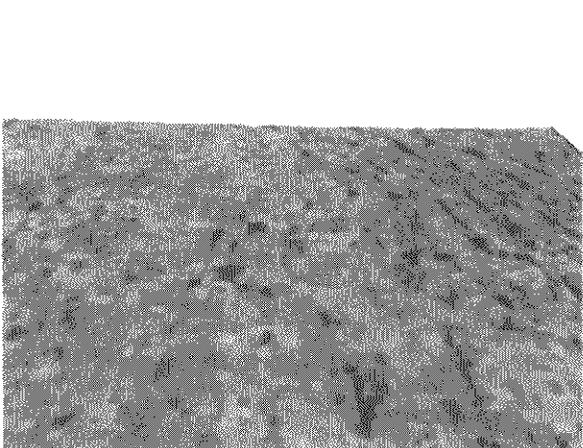
Se pudo comprobar que el ajuste con el modelo digital es aceptable cuando se trata de imágenes de fechas de mínima afectación, pero se observan desplazamientos entre las lagunas y el modelo en épocas de máxima. Se intentó trabajar con mayor detalle por sectores, conservando el total de las curvas digitalizadas, pero no se observó un cambio importante en el resultado.



Detalle de la imagen 228-084 de fecha 24/04/2001 donde se puede observar intersección de cuerpos de agua con curvas de nivel.



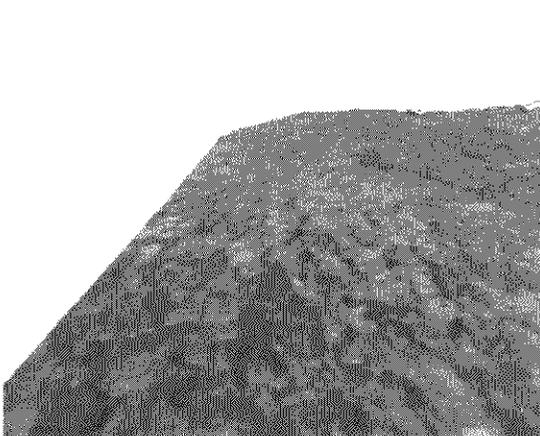
Mosaico 228-084 y 228-085
Fecha: 24/04/2001



Vista desde General Pico
hacia el noreste.
Exageración vertical: 100



Mosaico fecha 10/11/2001



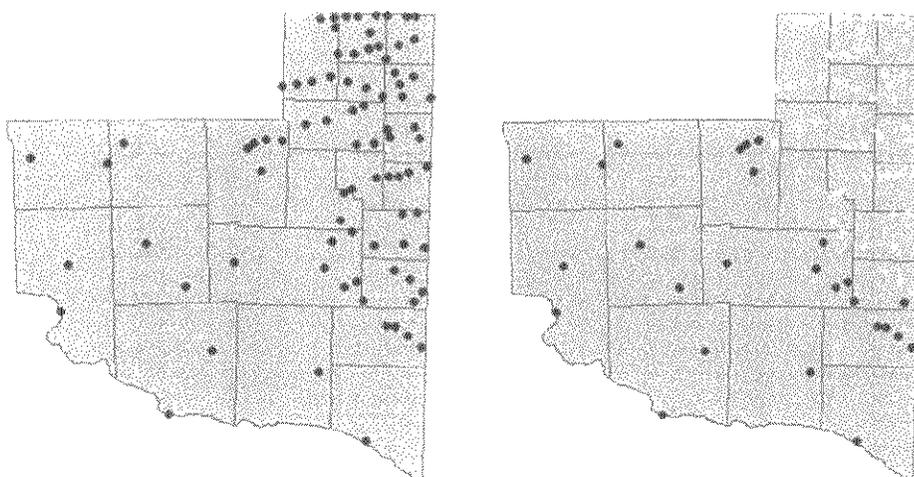
Vista desde Ojeda hacia el sur
Fecha: 10/11/2001
Exageración vertical: 50

Para la clasificación automática de áreas inundadas se trabajó generalmente sobre imágenes en falso color compuesto, ya que no es posible realizar clasificaciones supervisadas por no encontrarse habilitado el módulo en el soft ERDAS en la Subsecretaría de Ecología. A partir de las imágenes clasificadas, se generaron mapas de polígonos (vectoriales) para facilitar la comparación de diferentes estados mediante superposición de capas y el cálculo de superficies. En este formato se corrigieron los errores producidos en la clasificación.

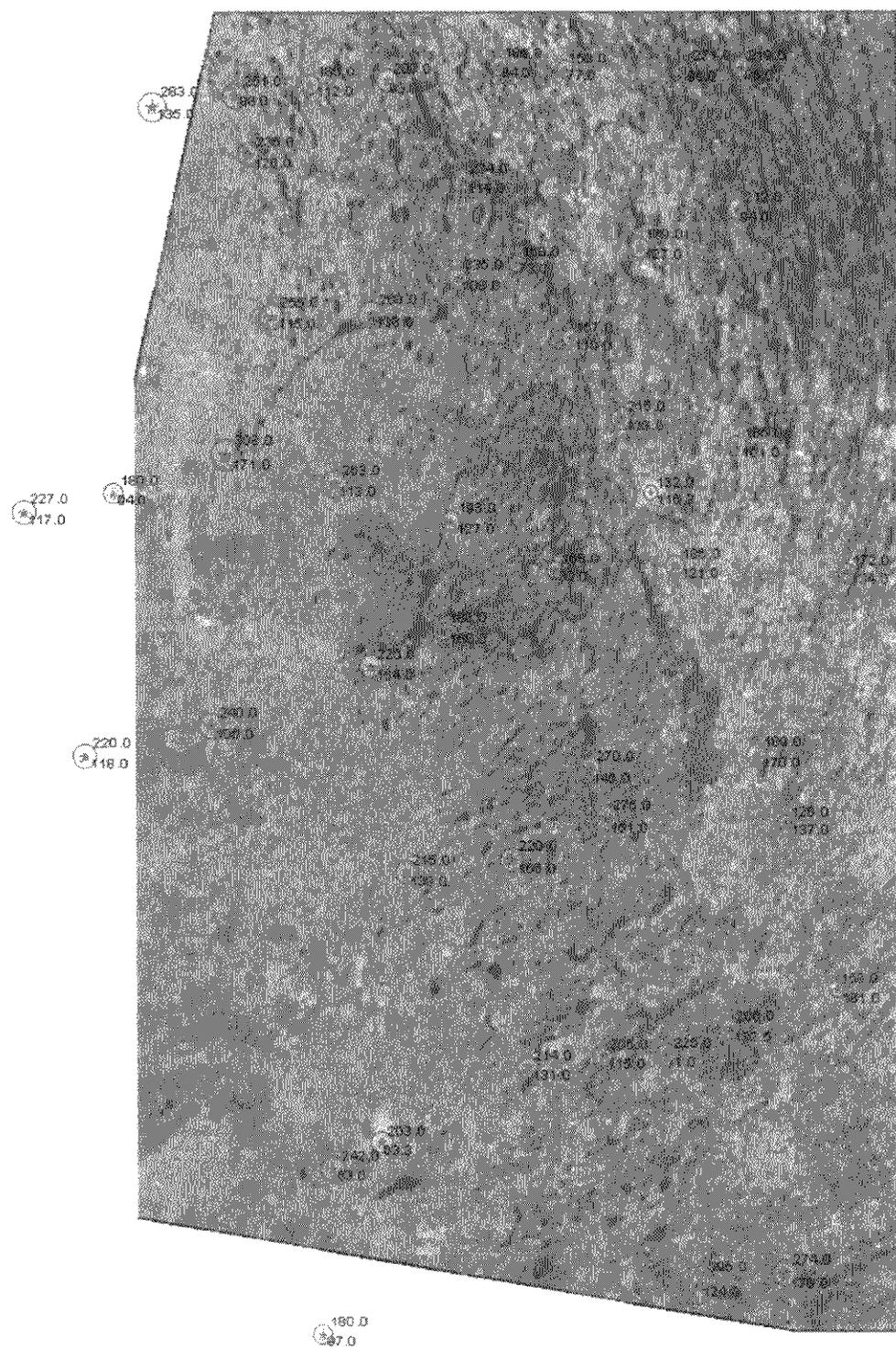
En las bases de datos correspondientes a los polígonos, se creó el campo "pelo de agua", obteniendo la cota por intersección con el modelo digital del terreno. Al comparar estos valores con algunos registros de campo, se comprobó que el modelo no representa fielmente al terreno, dando cotas generalmente mayores que las reales.

. ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS

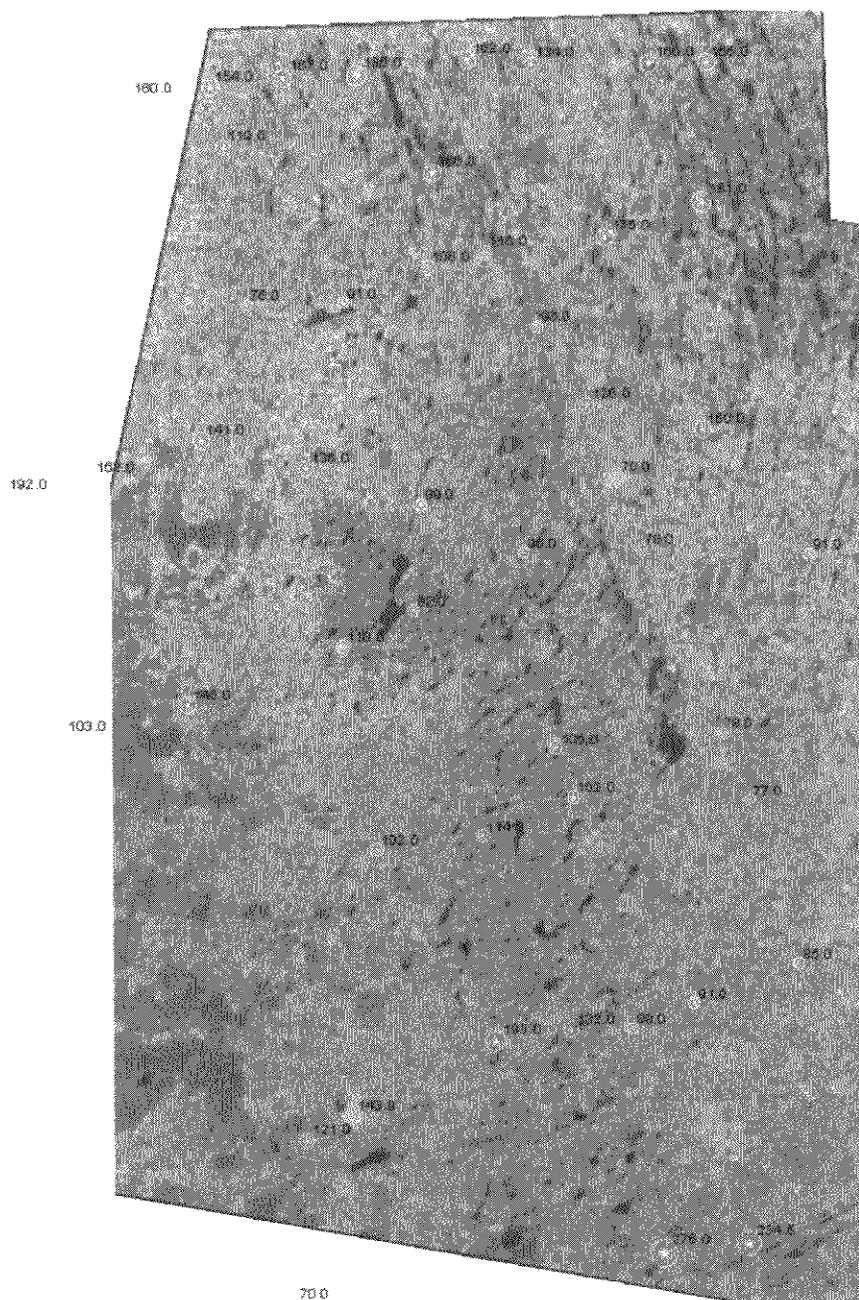
Utilizando como base una capa de puntos de áreas urbanas, se seleccionaron y compatibilizaron los nombres correspondientes a las estaciones pluviométricas para poder ser relacionadas con las bases de datos y posteriormente se seleccionaron solo las que están relacionadas con el área de estudio, reduciéndose en número a 57 estaciones.



Sobre el siguiente mosaico (fecha: 10/11/2001), se representan las estaciones pluviométricas y los valores correspondientes a los meses de octubre (color rojo, número superior) y al mes de noviembre (color naranja, número inferior).

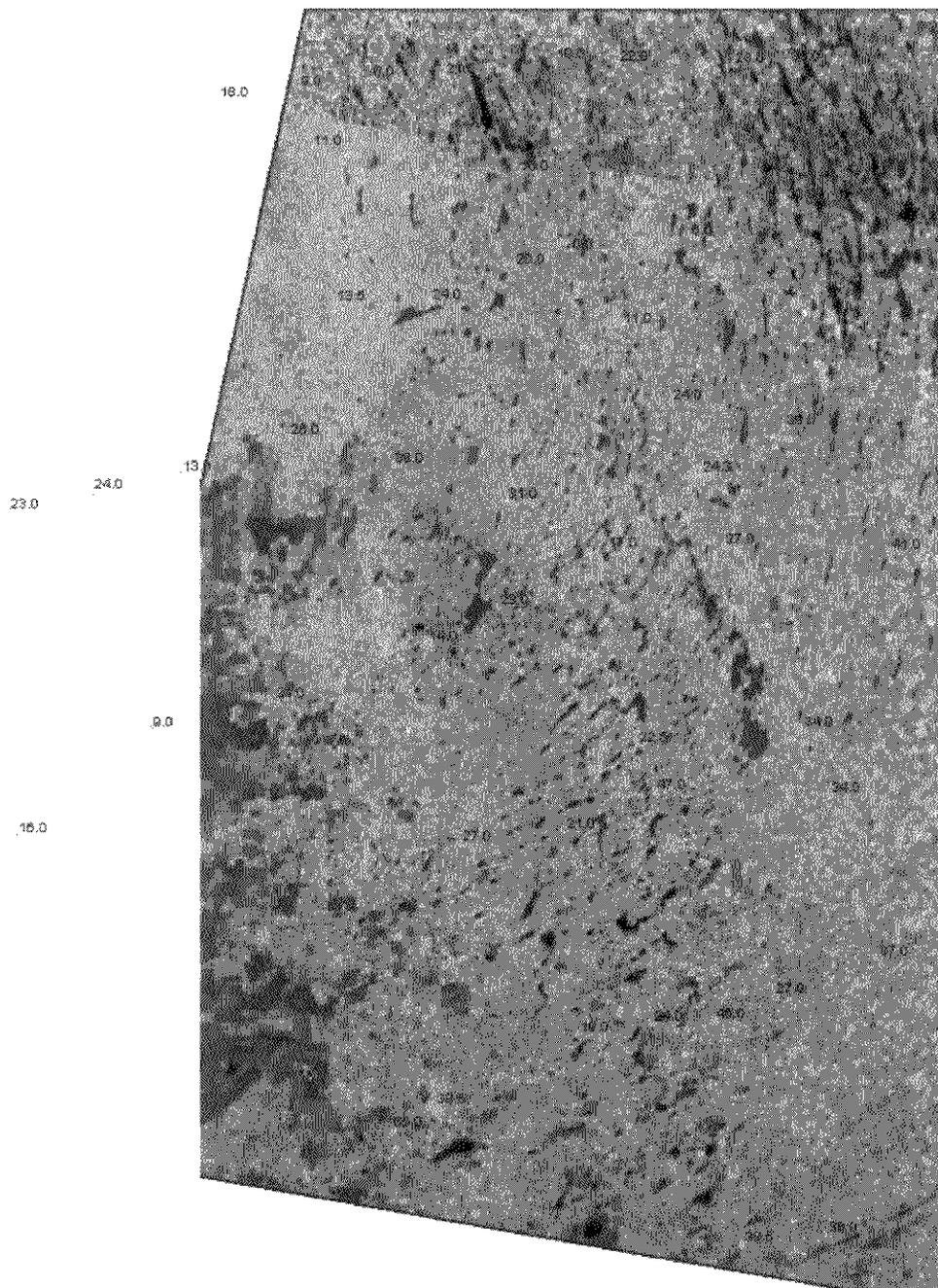


A continuación se incluye el mosaico de fecha 24/04/2001, con las estaciones pluviométricas y los valores correspondientes a ese mes.



Y finalmente el mosaico correspondiente al 22/08/2001. Comparando estos últimos, vemos que los cuerpos de agua conservan la misma superficie, siendo los registros pluviométricos notablemente menores en el segundo. Lamentablemente, no se cuenta con imágenes de

fechas intermedias que permitirían verificar el proceso en el tiempo, pero esta disponibilidad se ve limitada por la cobertura de nubes. También se considera necesario analizar los registros diarios a fin de determinar en qué cantidad de días se produjeron esas precipitaciones.



ANÁLISIS DE DATOS Y ANTECEDENTES

De acuerdo a los antecedentes consultados, el período de lluvias corresponde a los meses de octubre a abril.

La falta de una red de drenaje superficial se debe a que el balance hidrológico vertical histórico de la región (precipitación - evaporación) se encontraba en equilibrio no manifestándose escurrimientos superficiales.

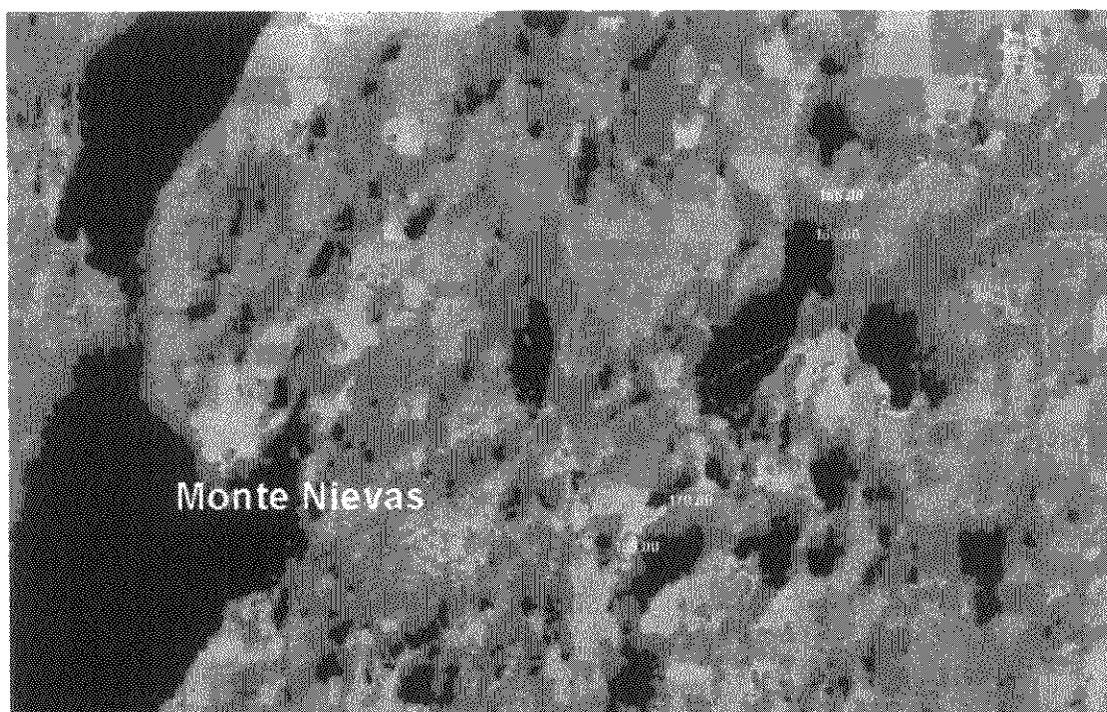
Al incrementarse las precipitaciones respecto a la media observada durante el período 1921-1970, superando a la evapotranspiración y generando excedentes hídricos superficiales en partes de la región, se produce la conexión entre áreas cóncavas próximas, sin definir claramente una red de drenaje dada la escasa pendiente regional.

La variación de los niveles freáticos, muestran una correlación temporal consistente con las precipitaciones registradas en la región.

Los escurrimientos subterráneos horizontales son significativos solo como fenómeno local, entre zonas altas y bajas contiguas (lomas y bajos locales). Los escurrimientos subterráneos regionales están limitados por el bajo gradiente del terreno; consecuentemente, las inundaciones experimentadas son una función del balance hídrico local y no de escurrimientos subterráneos provenientes de áreas ubicadas aguas arriba.

La presencia de una capa de Tosca, limita la profundidad radicular de la vegetación y por ende, la extracción de agua de la zona no saturada por evapotranspiración, generando mayores excedentes hídricos en correspondencia con estas áreas.

En la vista siguiente se presentan las áreas inundadas según clasificación de las imágenes de fecha 24/04/01 (azul), 10/11/01 (rojo), algunos valores de cota de pelo de agua próximos a la localidad de Monte Nieves y el avance de las aguas sobre el terraplén de la ruta 102.



Del estudio de los antecedentes y la información recopilada, se desprende que deberían focalizarse las acciones a desarrollar en algunos centros poblados ya que son los más propensos a tener afectaciones si se mantienen condiciones como las hasta la actualidad ocurrida, algunos de estos son Metileo, Quemú Quemú, Vértiz, B. Larroudé, E. Martini y Falucho.

Las acciones inmediatas consistirían en desarrollar proyectos que pongan a resguardo a estas localidades más allá de las acciones a nivel regional que se pudiesen generar en plazos más mediatos.

En la siguiente imagen se muestran algunos centros poblados sobre la clasificación de fecha 10/11/01.



PROPUESTA PARA GENERAR UN SISTEMA DE ALARMA

Dado que las afectaciones se producen por lluvias locales y no por desplazamiento de volúmenes de agua, una de las formas de definir un sistema de alarma, sería generar una serie de mapas temáticos sobre grillas, permitiendo hacer el uso de fórmulas mediante una planilla de cálculo (las herramientas de cálculo sobre las bases de datos en el sistema ArcView han demostrado no ser muy seguras, generando algunos errores en forma aleatoria). El tamaño de la grilla deberá definirse de acuerdo a la densidad de puntos de observación para cada capa temática, especialmente en función de la ubicación de las estaciones pluviométricas y los puntos de muestreo del nivel freático.

Las capas temáticas deberían ser:

- **Profundidad inicial de la capa freática.** Posiblemente estos valores iniciales deberían ser intermedios entre los años 1980 y 2000, generando una superficie continua y remuestreando el píxel al tamaño de la grilla y en todos los casos verificando que siempre se trate de valores previos a una situación de crisis. El valor para cada grilla deberá ser constante.
- **Registros pluviométricos.** En este caso podría generarse una superficie continua, pero el sistema sería más dinámico si cada grilla se relacionara con alguna estación pluviométrica en particular, ya que se podría trabajar haciendo “links” directos con las bases de datos de estos registros. La variación de los registros es diaria.
- **Áreas urbanas.** Definiendo las áreas pobladas que quedan incluidas en cada grilla.

- Los datos de **evapotranspiración** podrían tomarse como constantes para cada día, de acuerdo a las tablas mensuales realizadas por el INTA, ya que se considera dificultoso el registro en tiempo real.
- **Umbrales.** Es necesario definir una capa de los umbrales correspondientes a cada grilla, que permita asignar un valor a partir del cual un incremento sea crítico. Esta capa debe calcularse a partir de coeficientes de capacidad de campo, profundidad de la capa freática y topografía, significativos y propios para cada cuadrícula. Los valores de umbrales deberán modificarse a medida que se realicen las obras previstas y posiblemente ocurra lo mismo con la capa de nivel freático.
- **Riesgo hídrico.** Como resultado del cálculo entre los valores de umbrales (constantes) y sumatoria de las diferencias entre los registros de lluvia (+) y la evapotranspiración (-). Hay que definir una constante para el momento de inicio.

La representación de los niveles de riesgo se realizaría a través de un mapa (grilla), clasificada según una tabla por el nivel de riesgo. Posiblemente asignando colores:

. verde: sin riesgo

. amarillo: riesgo leve

. naranja: riesgo medio y alerta para disposición de equipamiento.

. rojo: riesgo alto, aviso de situación de crisis y posible movimientos de evacuación de áreas pobladas.

El sistema no ha podido ser probado y los valores constantes no han sido definidos, ya que es necesario trabajar sobre registros pluviométricos diarios y definir los parámetros o

constantes que se asignarían por topográfica, por ejemplo, en el caso del cálculo de los valores umbrales.

La idea inicial de esta etapa del proyecto se vio modificada al iniciar el análisis de los trabajos antecedentes y ver la disponibilidad real de los datos necesarios. En algunos casos, esta disponibilidad fue menor que la prevista, como es el caso de las imágenes de satélite, ya que la resolución espacial de las imágenes NOAA es muy baja aunque se puedan obtener en forma diaria y las imágenes Landsat, si bien tienen mejor resolución espacial, están limitadas por la presencia de nubes en épocas de lluvia.

El tiempo involucrado en el análisis de registros pluviométricos diarios, necesarios para realizar una prueba del sistema propuesto, también excede el tiempo solicitado inicialmente para esta etapa y queda como inquietud en el grupo de gente que ha colaborado, por lo que es probable que durante las tareas de la próxima etapa se trate de hacer una prueba sobre un área piloto.

La necesidad de llevar los datos de evapotranspiración a constantes diarias, apareció al hacer algunos supuestos y comprobar que tomando valores constantes mensuales se producía un “salto” en el cálculo del riesgo con el cambio de mes.

Aclaraciones:

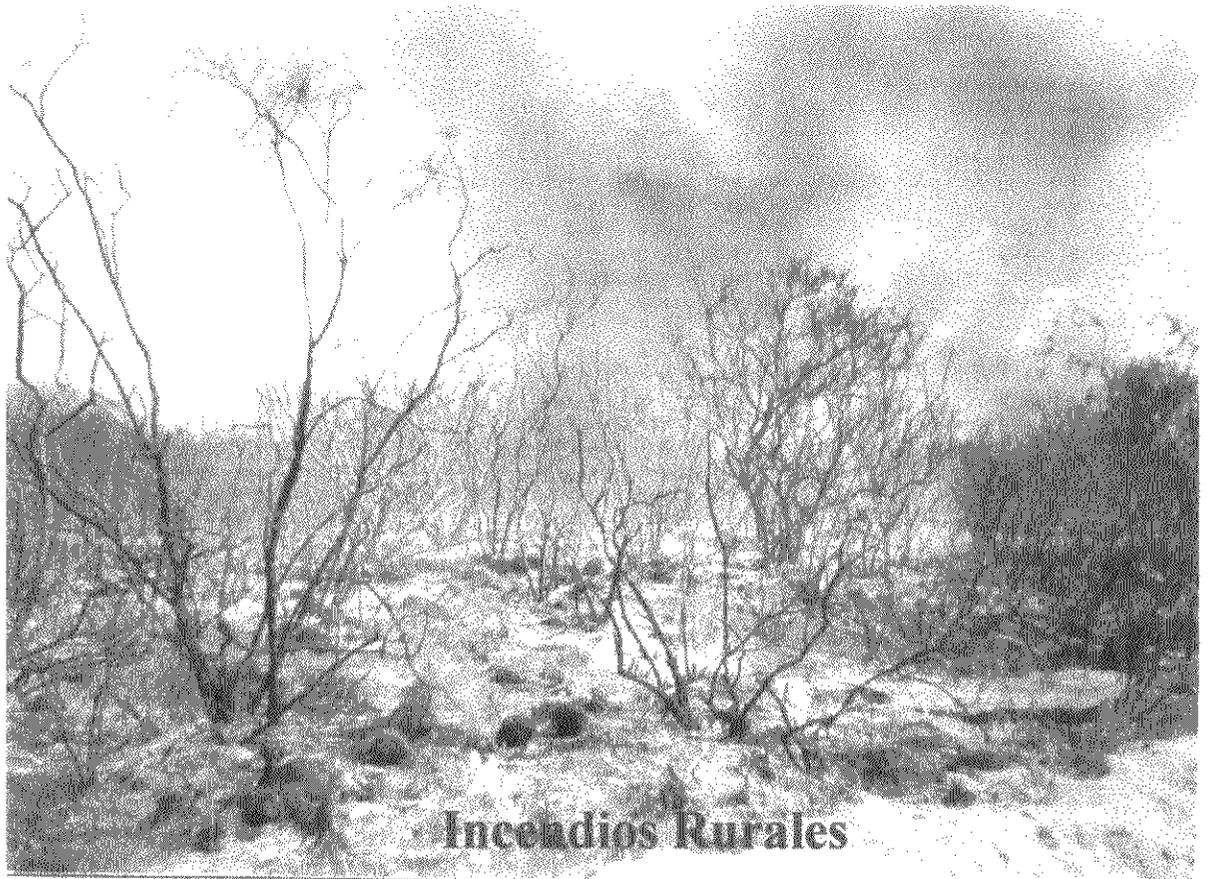
1. De acuerdo al informe escrito, en el CD que acompañaba a la versión impresa del primer informe de avance, tendrían que haberse incluido las bases de datos, mapas antecedentes y capas de información generadas, pero debido a fallas técnicas no fue posible. Parte de las vistas presentadas en ese informe debieron ser regeneradas. Las nuevas capas vectoriales que definen áreas inundadas para cada fecha fueron generadas nuevamente y se encuentran en la Subsecretaría de Ecología. No fueron incluidas en el presente CD debido al peso de los archivos, tanto en su aspecto vectorial como a sus bases de datos. Las restantes capas vectoriales y bases de datos utilizadas en la primera etapa se incluyen en el presente soporte magnético.
2. Durante la segunda etapa del proyecto se realizó un análisis de los registros mensuales buscando una correlación con las imágenes de satélite y el modelo digital del terreno y se llegó a la conclusión de que las obras que se fueron realizando para mitigar los efectos de las inundaciones modifican notablemente lo previsto para las condiciones iniciales. Consultados algunos organismos sobre este hecho, se pudo comprobar que:
 - 2.1. Desde las áreas urbanas se desvió el excedente de agua mediante canalizaciones, utilizando los terraplenes de las rutas como barrera de contención.
 - 2.2. La Dirección Provincial de Vialidad debió construir nuevas alcantarillas dado que los terraplenes no estaban calculados para soportar dichos excedentes.

- 2.3. Para reducir el impacto sobre obras de infraestructura eléctrica se realizaron canalizaciones desviando los excedentes de agua que podían afectarlas.
 - 2.4. En algunos casos, los propietarios de explotaciones agrícolas construyeron terraplenes, canales o zanjias para desviar los excedentes, trasladando el problema a otro sector.
 - 2.5. Todas las obras realizadas, tanto a nivel oficial como privado deberían ser mapeadas para poder deducir su influencia en el sistema de alarma propuesto inicialmente.
3. Para este proyecto se analizó el noreste de la Provincia de La Pampa, debido a que se trata del área afectada por inundaciones con más frecuencia. Sin embargo, durante la segunda etapa se detectó un avance de las aguas en la cuenca correspondiente a las lagunas del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires y en estos últimos días se recibió un aviso de posibles inundaciones en la cuenca del Río Atuel debido al volumen de nieve acumulada en la Cordillera y a la proximidad de la época de deshielo, por lo que se considera necesario hacer un estudio integrado de la problemática hídrica en la Provincia.

Como observación final, quisiera remarcar que es indispensable tomar medidas conjuntas por parte de los diferentes organismos tanto Nacionales como Provinciales ante situaciones de emergencia hídrica y la necesidad de difundir información a nivel de la población sobre los perjuicios que ocasionan las iniciativas individuales.

BIBLIOGRAFIA

- Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (INTA- Prov. de La Pampa-UNLPAM). 1980.
- Diagnóstico de Inundación en la región Noreste de la Provincia de La Pampa, Argentina. Informe final. DHI. Junio 2000.
- Evaluación de impacto ambiental de las obras previstas para mitigar las inundaciones en el noreste de la provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa. Abril 2001.
- El Agua en La Pampa. Fundación Chadileuvú. Fondo Editorial Pampeano. 1998
- Apuntes de Agua y Medio Ambiente. Compilador: Carlos Juan Schulz. Fundación Chadileuvú. Provincia de La Pampa, Ministerio de Cultura y Educación, Subsecretaría de Coordinación. 1995
- Principios de Geomorfología. William D. Thornbury. Editorial Kapelusz. 1960
- Geografía Física. Arthur N. Strahler. Ediciones Omega. 1979
- La sustentabilidad de la agricultura pampeana: ¿Oportunidad o pesadilla? Ernesto F Viglizzo, Aníbal J Pordomingo, Mónica G Castro y Fabián A Lértora. Revista CIENCIA HOY Volumen 12 N° 68 Abril - Mayo 2002



Incendios Rurales

OBJETIVO

El objetivo de la segunda etapa de este proyecto es la recopilación de información y la implementación de un sistema automático de alarma para las áreas que año tras año se ven afectadas por incendios.

A tal fin, se consultaron trabajos existentes, se estudiaron diferentes metodologías aplicadas en países con problemáticas similares, se generó y actualizó cartografía, se recopiló información disponible en bases de datos, se compararon las características radiométricas y de repetitividad de las imágenes de los satélites disponibles y se realizó un análisis multitemporal de imágenes de los satélites Landsat 5 y 7 en falso color compuesto, índice de vegetación normalizada y banda térmica, disponibles en la Subsecretaría de Ecología de la Provincia de La Pampa.

TAREAS PREVISTAS DE ACUERDO AL CONTRATO

TAREA 2: Incendios rurales.

Registro histórico de áreas afectadas mediante el uso de imágenes provenientes de satélites meteorológicos. Estimación de cantidad y distribución de picadas contrafuego y mantenimiento de las mismas. Barreras naturales. Ubicación de núcleos urbanos y accesibilidad. Ubicación de aeropuertos y pistas de aterrizaje privadas, puestos de gendarmería nacional y policiales. Generación de modelos de predicción, tendientes a la creación de sistemas automáticos de alarma. Uso de imágenes meteorológicas para la detección de focos en tiempo real.

En la Provincia de La Pampa, existen áreas que año tras año, en mayor o menor grado, se ven afectadas por incendios provocando diferentes tipos de pérdidas. En general se cuantifican las pérdidas económicas relacionadas con explotaciones agropecuarias (cultivos, pasturas, cantidad de animales) y por pérdida de mejoras e instalaciones (construcciones, alambrados). Pero lo que aún no somos capaces de cuantificar son las pérdidas que los incendios provocan sobre el medio ambiente.

Si bien las quemas controladas siguen siendo una técnica utilizada para mejorar las pasturas en áreas ganaderas, los incendios reiterados o sin supervisión en una misma área pueden reducir en número las variedades tanto animales como vegetales nativas y la exposición reiterada de los suelos a los procesos erosivos, la degradación gradual de ellos en su capacidad para sostener la cobertura vegetal, perdiendo su contenido de materia orgánica, su capacidad de retención de agua, disgregándolos y haciéndolos cada vez más sensibles a la erosión. Esto además ha sido experimentado por países vecinos, como Brasil y Bolivia, donde se eliminó por sectores la cobertura vegetal nativa, para permitir el uso agrícola de la tierra, abandonándolo posteriormente ya que este tipo de explotación no es rentable debido a las limitaciones propias de los suelos y dejando finalmente los suelos expuestos a la erosión.

Las características climáticas, tanto en lo referido a temperatura como a precipitaciones y vientos, la topografía, la disponibilidad de agua en superficie y los diferentes tipos de suelos, permitieron el desarrollo de la cobertura vegetal que mejor se adaptara a cada conjunto de variables y su permanencia a través del tiempo se ha dado en función de ellas. Las especies animales, tanto en variedad como en número de individuos están directamente vinculada a la

vegetación, ya sea como refugio, como alimento directo o por alojar esta a especies animales de menor tamaño que les sirven de alimento.

Las redes de comunicación y los asentamientos humanos no solo modifican en forma permanente estos espacios naturales (construyendo caminos, alambrando, modificando la disponibilidad de agua ya sea por exceso o defecto), sino que agregan riesgos a su conservación.

El fuego como agente destructor necesita un foco o punto de inicio, material combustible disponible, condiciones meteorológicas favorables y ausencia de barreras para afectar grandes áreas. El lugar de inicio puede ser de origen natural (rayos), accidental (pérdida de control durante una quema prescripta) o intencional. La cobertura vegetal se transforma en material combustible al deshidratarse por temperaturas altas, deficiencia de humedad y la presencia del fuego, pudiendo ser además productor de focos secundarios. Y finalmente, las condiciones favorables no solo las aportan el estado del tiempo (viento, movimientos verticales de masas de aire y bajo contenido de humedad en la atmósfera) sino la falta de límites naturales o artificiales. Dado este conjunto de variables, el éxito del hombre depende principalmente de dos elementos: la prevención y la detección temprana de focos de incendio. La prevención debería focalizarse en la determinación de áreas vulnerables y la creación y conservación de barreras.

En diferentes países los incendios de bosques y praderas son parte de una problemática histórica que los llevó a desarrollar nuevas tecnologías tendientes a la determinación de las

variables involucradas y la detección temprana de los focos de incendio mediante el uso de sensores remotos.

Los satélites meteorológicos permiten la detección de incendios mostrando plumas de humo y plumas térmicas varias veces al día, pero su resolución espacial es baja y frecuentemente la presencia de nubes hace imposible su observación. En estos últimos años, el diseño de sensores hiperspectrales y la puesta en órbita de satélites para el estudio de diferentes problemáticas vinculadas al medioambiente (cambio global, observación de los océanos, química y temperatura atmosférica, cobertura vegetal, etc.), hace posible la determinación del estado de la cobertura vegetal con mayor precisión, la detección de anomalías térmicas y de focos de incendio con mejor resolución espacial que los satélites meteorológicos, aunque con un período de revisita menor.

Finalmente, la intención de este trabajo es la de analizar los recursos disponibles en el país que permitan la definición de áreas vulnerables y la detección temprana de incendios y que no impliquen inversiones importantes de dinero.

El informe se presenta bajo una serie de títulos, relacionados con cada una de las variables que intervienen en los incendios rurales. En cada caso, se analizaron las características correspondientes a la Provincia de La Pampa, en qué forma intervienen en los incendios, cómo pueden obtenerse los datos y las ecuaciones que se utilizan para calcular los índices que permiten definir áreas vulnerables. Finalmente se incluyen propuestas específicas para la Provincia de La Pampa, de acuerdo a las posibilidades reales de implementación.

LA COBERTURA VEGETAL COMO COMBUSTIBLE

Los diversos componentes de la cobertura vegetal tienen características físicas y químicas propias y conocerlas es de importancia primordial para la predicción del comportamiento del fuego.

Según lo descrito por Dentoni y Cerne en “La atmósfera y los incendios”, se pueden predecir los siguientes comportamientos de acuerdo a sus características:

- Los combustibles con mayor relación área/volumen (más pequeños o más chatos), principales responsables de la propagación del fuego, son los que más rápidamente modifican su temperatura al recibir calor; es decir, son los de respuesta más rápida a los cambios en el medio ambiente (Fosberg y Deeming, 1971).
- Los combustibles porosos de muy baja conductividad (p. ej. el material en descomposición), conducen el calor tan lentamente que la temperatura de su superficie aumenta en forma rápida cuando están expuestos a una fuente de calor, por pequeña que esta sea. Este aumento de temperatura puede ser tal que se produzca la ignición. Dado que el volumen calentado es muy escaso, no hay suficiente producción de sustancias volátiles para sostener la combustión en forma de llama; en cambio, pueden mantenerse incandescentes durante un largo tiempo, hasta ser extinguidos por la lluvia o reactivados por el viento (Chandler et al. 1991).

- Los procesos de convección, generados por el calentamiento de la superficie, llevan aire caliente hasta las copas de los árboles, aumentando la temperatura del follaje y produciendo la liberación de sustancias volátiles.
- Entre los combustibles vivos, la vegetación herbácea es uno de los principales contribuyentes a la propagación del fuego. Dentro de ellas, las anuales son más rápidamente afectadas por la sequía que las perennes, en parte debido a la escasa profundidad de sus raíces (Deeming et al. 1977).
- En el caso de las leñosas, los más altos contenidos de humedad están en el follaje y en los brotes nuevos. Los procesos de absorción y retención de agua...dependen de las estrategias de aprovechamiento de agua propias de cada especie.
- El contenido de humedad de los combustibles vivos está dado en función de los procesos fisiológicos de las plantas, regulados por la absorción de agua a través de las raíces y por las pérdidas por transpiración. La transpiración es regulada por factores atmosféricos y la absorción a través de las raíces, por su distribución y las propiedades de los suelos.
- El contenido de humedad de los combustibles muertos, a diferencia del caso de los combustibles vivos, está exclusivamente controlado por las variables meteorológicas, como la radiación, la temperatura, la humedad relativa y la precipitación (Bradshaw et al. 1983).

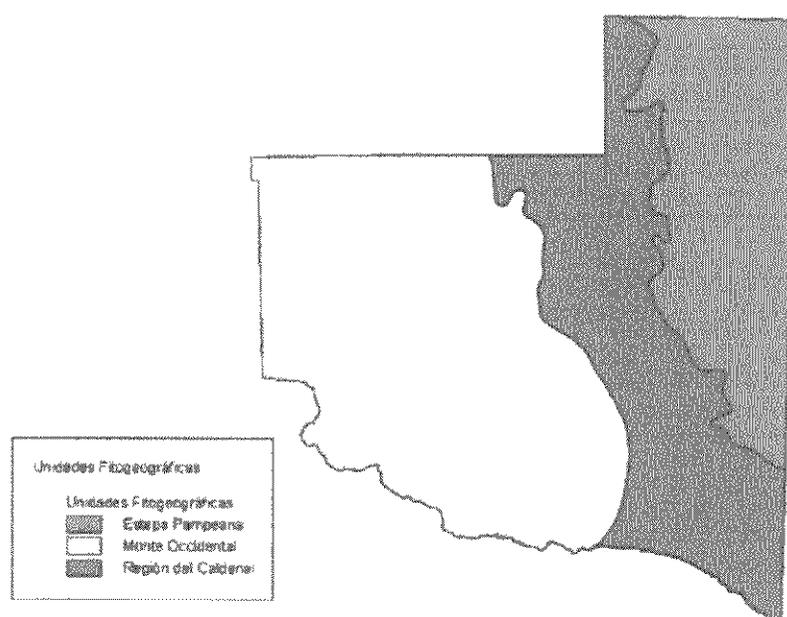
- El aumento de temperatura de los combustibles acelera su secado y hace que sea menor la cantidad de calor requerida para que se produzca su ignición. El calentamiento de los combustibles que se produce delante del frente de llamas (*zona de fuego en movimiento*) es el proceso más importante para la propagación del fuego (Tarifa y Torralbo 1967).

Una de las variables incluidas en diferentes trabajos consultados, relaciona el diámetro del material combustible con el tiempo de retardo de acuerdo a la siguiente tabla (Anderson 1982):

Clase	Tiempo de retardo (horas)	Diámetro (cm)
1 hora	0 – 2	0 – 0,6
10 horas	2 – 20	0,6 – 2,5
100 horas	20 – 200	2,5 – 7,5
1000 horas	200 – 1000	7,5 - 20

Los combustibles de 1 hora son los principales responsables de la ignición y propagación del fuego, debido a que modifican su contenido de humedad constantemente respondiendo a los cambios en la humedad relativa y otros factores climáticos.

Para describir las características fitogeográficas de la Provincia de La Pampa, se tomaron tres grandes unidades definidas por Covas (1964): Estepa Pampeana, Región del Caldenal o Bosque Pampeano y Monte Occidental.



La **Estepa Pampeana**, incluye a los departamentos de Chapaleufú, Realicó, Maracó, Trenel, Quemú Quemú, Capital, Catriló, Atreucó y aproximadamente 90% de Guatraché, 40% de Hucal, 12% de Utracán, 35% de Toay, 55% de Conhelo y 40% de Rancul. Corresponde al área entre las isohietas de 550 y 700 mm, llegando a producirse inundaciones con frecuencia. No existe una red de drenaje organizada, sino un conjunto de lagunas transitorias que en casos de excedentes pluviales tienden a conectarse por zonas, reduciéndose en número de norte a sur. El uso de la tierra es predominantemente agrícola intensivo y la vegetación natural fue totalmente reemplazada por los cultivos. El apotreramiento en general varía entre

las 60 y 100 ha. y existen numerosas áreas urbanas. La red vial es densa, tanto por rutas nacionales y provinciales, como por caminos vecinales. La presencia de fuego está directamente relacionada a la actividad humana a través de quemas prescriptas y difícilmente se pierde el control por lo que no representa una zona de interés para este trabajo.

La **Región del Caldenal** se extiende en sentido noreste-sudoeste ocupando parte de los departamentos Rancul, Conhelo, Toay, Loventué, Utracán, Hucal, Lihué Calel y la totalidad del departamento Caleu Caleu, correspondiendo aproximadamente al 28% de la superficie de la provincia. Se encuentra entre las isohietas de 400 y 500 mm. No incluye cursos de agua definidos con excepción del Río Negro que conforma su límite sur. Existen escasos cuerpos de agua, algunos alineados en los valles y los de mayor tamaño hacia el SE. La distribución de áreas urbanas disminuye de NE. a SW. al igual que las vías de comunicación en número e importancia.

El Caldenal pertenece a un ensamble fitogeográfico más amplio denominado Espinal, caracterizado por un estrato arbóreo continuo de tipo xerófilo y formando un arco entre la Provincia de Corrientes y el sur este de la Provincia de Buenos Aires. La región del Espinal esta poblada por ejemplares endémicos, *Prosopis caldenia*, llamado localmente "Caldén". La misma se caracteriza por un ecosistema particular constituido por un estrato arbóreo (*Prosopis*) y un estrato herbáceo (principalmente gramíneas) y cada vez más frecuentemente un estrato arbustivo denso (regeneración de *Prosopis*). (S. Perchat, 2000).

El uso de la tierra es netamente ganadero (bovino y anteriormente ovino), cuya introducción en el medio natural, produjo cambios en la forma de reproducción del *Prosopis caldenia*, de

acuerdo a lo expresado en el trabajo de Sophie Perchat “Elementos de diagnóstico para el estudio de factibilidad del Proyecto Caldenal”: “En principio el *Prosopis* se regeneraba principalmente por el tocón y muy raramente por las semillas; estas necesitan de una escarificación para poder germinar. Por ello la densidad de *Prosopis* estuvo limitada (en el orden de 20 a 70 árboles/ha.- estimación subjetiva por falta de información científica.) dando paisajes abiertos de *Prosopis* los cuales presentan unas copas muy desarrolladas acompañando los mismos se encontraban estratos herbáceos de gran diversidad de gramíneas. Luego, la actividad ganadera fue la que provocó la intensificación de la reproducción por medio sexual, ya que el pasaje de las semillas por el tracto digestivo de los animales provoca su escarificación (por los ácidos digestivos), permitiendo así su germinación. Además, a diferencia de los ovinos, los bovinos no consumen las regeneraciones de caldén. Es así que actualmente el Caldenal esta constituido de una población invasora muy densa del orden de los 2000 individuos por ha., los cuales se presentan como arbustos y árboles de menor diámetro (existen también otras poblaciones menos densas de 200 a 300 individuos por hectárea, pero se trata de árboles de mayores diámetros). Correlativamente a esta densificación de *Prosopis*, la biodiversidad de herbáceas esta disminuyendo en razón de la competencia del estrato arbóreo por la utilización de la luz”.

Al estado “sucio” del monte de caldén se lo llama “fachinal” y conforma una unidad cerrada, de vegetación variada pero con preponderancia de caldenes, sus renuevos y pajonales. Dificilmente puede ser usado para la cría de ganado y generalmente los productores recurren al fuego para reducir su densidad y permitir el crecimiento de pastos tiernos. Como variante de la actividad económica, se ha introducido la cría de ciervos,

ñandúes y camélidos y el agroturismo de estancia. En la actualidad, la cría de ovinos es para auto consumo, ya que no resulta rentable.

Para el control de incendios, se conserva una red de picadas de 50 metros de ancho, generalmente a lo largo de alambrados, que si bien no siempre consigue detener el avance del fuego, si hace posible el ingreso de personal capacitado para desencadenar contrafuegos controlados que eliminen el material combustible.



La región del Caldenal aporta material leñoso y herbáceo como combustible. Los renuevos de calden constituyen un material leñoso fino que junto con las gramíneas y pajonales se deshidratan rápidamente, facilitando el avance del fuego y aumentando la temperatura tanto de estos estratos como del suelo. Ante la presencia de viento, el avance sobre el material

combustible se acelera, aumentando la temperatura que permite la liberación de sustancias volátiles y haciendo que el fuego se manifieste en forma de llamas, pudiendo estas alcanzar mayores alturas y finalmente las copas de árboles de mayor porte.

“Sin embargo el fuego es un componente natural del medio forestal del Caldenal y el hombre, puede reducir su frecuencia, pero no puede en ningún caso erradicarlo”. S. Perchat (2000).





El **Monte Occidental** incluye a los departamentos de Chical C6, Puel6n, Curac6, Limay Mahuida, casi la totalidad de Chalileo, parte de Loventu6 y aproximadamente el 30% del departamento Utrac6n, correspondiendo al 48% de la superficie de la Provincia. Las lluvias anuales disminuyen de E. a W. de 400 a 200 mm. El uso predominante de la tierra es ganadero extensivo, salvo en el 6rea pr6xima a Colonia 25 de Mayo, con riego sistematizado donde son posibles las explotaciones frutihortícolas. La actividad minera tambi6n constituye una importante fuente de trabajo.

La red de drenaje est6 compuesta por el R6o Salado o Chadileuv6, R6o Atuel, los arroyos de la Barda y Butal6, el R6o Salado o Curac6 y el R6o Negro que conforma su l6mite Sur. Existen cuerpos de agua de mayor superficie que en las 6reas previamente descritas, destac6ndose el Embalse Casa de Piedra, las lagunas La Amarga, Urre Lauquen y La Dulce y las salinas de la Perra y Salina Grande o Gran Salitral.

La vegetación predominante está conformada por arbustales, matorrales y pastizales, con número de estratos y densidad variables, asociados a las características geológicas, topográficas, edáficas y a la disponibilidad y propiedades del agua, variando de densa a muy abierta. Dada la extensión de esta unidad, se optó por diferenciar tres grandes áreas para describir la composición de la cobertura.

Area Sudoeste

Corresponde a la Región fisiográfica Occidental, con las Subregiones de las terrazas y paleocauces con rodados de vulcanita y la Subregión de la pediplanicie con coladas lávicas.

La región fisiográfica Occidental se caracteriza por un clima de árido a semiárido. El paisaje está compuesto por amplias planicies controladas y recortadas por sedimentos superficiales bien consolidados (costra calcárea, basaltos y rodados). Los suelos son poco desarrollados y no tienen diferenciación apreciable de horizontes (Lea Plaza, 1980).



Las comunidades más extensas son los **arbustales** de *Larrea cuneifolia* y/o *Larrea divaricata*, estas especies en la mayoría de los casos son dominantes, pero también pueden ser codominantes entre ellas u otros géneros. La estructura de la comunidad indica la forma en que se agrupan las especies, así en las asociaciones identificadas se determinaron cuatro estratos de los cuales en el de 0-0.50 m es el más importante por reunir los mayores valores de abundancia-cobertura. En general los arbustales del género *Larrea* no tienen sobrecobertura, dando así formaciones que son abiertas a muy abiertas.

Larrea cuneifolia crece y tiende a dominar en los lugares más secos como la terraza con rodados, las pendientes y lomadas de calcáreo y conchillas. Esta especie es de menor porte y volumen que *Larrea divaricata* la cual puede superar los 2m de altura. *Larrea divaricata* se desarrolla y tiende a dominar donde hay mayor acumulación arenosa.

Otras comunidades que fueron identificadas son los **arbustales halófilos**, que crecen en áreas particularmente diferentes entre sí. La estructura de estas comunidades tiene cuatro estratos, de los cuales el de 0.50-1 y 1-2 m son los más abundantes. Estas formaciones no tienen sobrecobertura, de manera que son abiertas.

El **pastizal** cubre pequeñas áreas húmedas y salinizadas, aquí se registra sobre cobertura, dando una formación densa. (Steibel et al. 2001)

Area Central-Sur

Comprende las Regiones fisiográficas Central, Occidental y Meridional, con las subregiones de las llanuras aluviales del Atuel-Salado, de las terrazas y paleocauces con rodados de vulcanita y de las sierras de Lihuel Calel y su zona de influencia.



En la región Central el paisaje está compuesto de médanos, planicies y cordones arenosos intercalados con mesetas residuales que se originó como consecuencia de la acción fluvial de los ríos Atuel y Salado y la intensa acción eólica sobre la primitiva pediplanicie.

En la región Occidental el paisaje está formado por planicies recortadas y controladas por sedimentos superficiales bien consolidados como costra calcárea y rodados (Lea Plaza 1980).

En la región Meridional, el paisaje es heterogéneo, son muy frecuentes y extensos los afloramientos rocosos.

Las comunidades más extensas son los **arbustales** de *Larrea cuneifolia* y/o *Larrea divaricata*. El rol de estas especies arbustivas puede ser de dominante o codominante. Forman comunidades de cuatro estratos, siendo el de 0-0.50 m el dominante, allí se concentra el mayor valor de abundancia-cobertura. En general los arbustales del género *Larrea* no tienen sobrecobertura, por lo tanto las formaciones son abiertas. Los arbustales de *Larrea cuneifolia* son abiertos a muy abiertos, crecen en las áreas más secas y con menor profundidad de suelo como son los planos y lomadas rocosas. Por el contrario las comunidades de *Larrea divaricata* son arbustales abiertos a densos, se desarrollan en áreas con una cubierta de arena.

En las comunidades **halófilas** se identificaron dos **arbustales** y un **pastizal**. La estructura de los arbustales es de tres o cuatro estratos, resultando el dominante el de 1-2m de altura. Los valores de abundancia-cobertura total indican que son formaciones abiertas a densas. Las especies arbustivas que tienen el rol de dominantes son *Cyclolepis genistoides* y *Allenrolfea*

vaginata. En el **pastizal halófilo** hay dos estratos, el dominante es el de 0.10-0.50m, es una formación densa, las especies dominantes o codominantes son del género *Distichlis*.

Las comunidades del área se diferencian del área anteriormente descripta porque tienen mayor porte y densidad en los estratos de leñosas, en el estrato gramíneo hay mayor proporción de especies y la cantidad de suelo desnudo es menor. (Steibel et al. 2001)

Las fotografías siguientes muestran la vegetación natural a ambos lados de la Ruta 152 (entre Lihuel Calel y Puelches) que actuó como barrera. En la primera fotografía puede observarse la vegetación afectada por incendio, correspondiendo al lado Sur de la ruta. Fecha de toma: noviembre de 2001.





Area Noroeste

Se ubica en la región Central y en la subregión de las Llanuras aluviales del Atuel-Salado. El clima es semiárido, el paisaje está compuesto de médanos, planicies y cordones arenosos intercalados con mesetas residuales, él que se originó como consecuencia de la acción fluvial de los ríos Atuel y Salado y la intensa acción eólica.(Lea Plaza 1980).

El relieve en general es plano a suavemente ondulado, hacia el W hay pequeños cauces de corta extensión, hacia el E se pasa gradualmente al dominio de planos y cordones arenosos.

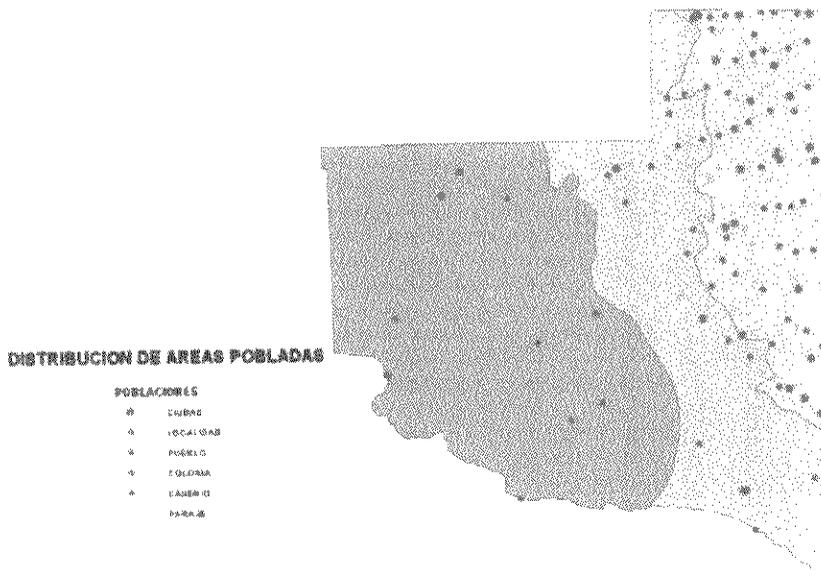


Las comunidades identificadas fueron **arbustales** halófilos y no halófilos. La comunidad halófila es una formación densa de tres estratos con dominancia de *Baccharis spartioides*, cubre pequeñas extensiones en las áreas aledañas al curso del río.

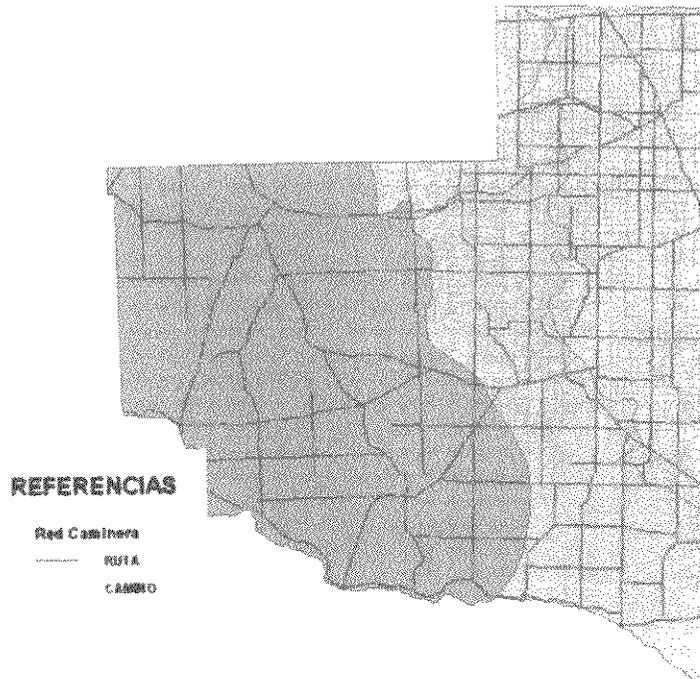
Otro arbustal que se registró fue el de *Prosopis flexuosa* var *depressa* y *Chuquiraga erinacea*, la estructura que aquí se describe es la que ha quedado después de los incendios del verano del 2000-2001. Esta comunidad se encuentra muy modificada siendo el estrato dominante el que se encuentra ente 0,20 y 0,50 m de altura donde se reúne el 94 % de abundancia-cobertura, debido principalmente al estado de rebrote en que se encuentran las especies. En esta situación la proporción de suelo desnudo es muy elevada y se observan signos de erosión. (Steibel et al. 2001)



El Monte Occidental aporta combustible leñoso fino (arbustos) y pastizales. La propagación del fuego es rápida debido a esta conformación de la cobertura vegetal que se deshidrata en poco tiempo, ya sea debido a las condiciones climáticas o por la presencia de fuego. Es el área donde se producen incendios con mayor frecuencia, que afectan mayores superficies y generalmente detectados en forma tardía debido a la baja distribución de centros poblados.



Las redes de comunicación se muestran como una trama abierta, que dificulta el acceso a los puntos de inicio.



Es el área más vulnerable a los procesos de desertificación, debido a sus suelos arenosos, sus condiciones climáticas y la conformación de la cubierta vegetal.

Índices de vegetación

El índice de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) se calcula como proporción de intensidades medidas en las bandas espectrales correspondientes al rojo e infrarrojo cercano, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = (\text{IRC} - \text{rojo}) / (\text{IRC} + \text{rojo}) \quad (1)$$

Los valores resultante de la aplicación de esta fórmula nos refieren a la presencia de vegetación y están relacionados con el tipo de vegetación, densidad, estado fenológico, etc.

En los diferentes satélites de observación de la tierra, existen sensores capaces de registrar los valores necesarios para su cálculo. Así es como los satélites meteorológicos NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), transportan al sensor AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) con capacidad para diferenciar cinco canales. El canal 1 registra la porción del espectro electromagnético correspondiente al rojo y el canal 2 al infrarojo cercano, con una resolución espacial de 1 kilómetro.

En los satélites de la serie Landsat (satélites activos: 5 y 7), los sensores son: TM (Thematic Mapper) y ETM (Enhanced Thematic Mapper Plus) respectivamente y las bandas 3 y 4 son las que corresponden al rojo e infrarojo cercano. La resolución espacial es de 30 metros.

Como resultado de la aplicación de la fórmula se obtienen valores entre -1.0 y 1.0. Los valores >0 corresponden a áreas con vegetación y los valores entre -1 y 0 corresponden a superficies sin vegetación (por ejemplo: agua, nieve, nubes y suelo desnudo).

Para obtener una mayor cantidad de valores de gris, se puede calcular un NDVI escalado. Una de las fórmulas que puede aplicarse es:

$$\text{NDVI escalado} = 100 * (\text{NDVI} + 1)$$

En este caso, los valores resultantes varían entre 0 y 200, siendo ahora los valores >100 los que representan superficies con vegetación. Utilizando esta fórmula se obtiene un conjunto discreto de valores positivos y enteros, permitiendo su representación en escala de grises o en colores.

De acuerdo a la evaluación realizada por Di Leo y Montico (2000) para el sudeste de la provincia de Santa Fe, otra fórmula apropiada para el cálculo del índice de vegetación dada su representatividad, es el Índice de Vegetación Transformada de Thiam (TTVI), cuya fórmula es la siguiente:

$$TTVI = \{ \{ [(banda4 - banda3)/(banda4 + banda3)] + 0.5 \}^{1/2}$$

Para el cálculo de índices de vegetación, se trabajó con el módulo Image Analysis de ArcView, dado que permite generar una imagen temporaria en forma rápida a partir de las imágenes en falso color compuesto y realizar consultas sin necesidad de ocupar espacio en el disco rígido, pudiéndose regenerar cada vez que resulte necesario. Este módulo utiliza la fórmula (1) de NDVI en forma automática. Para este cálculo se utilizaron imágenes Landsat disponibles en la Subsecretaría de Ecología.

Se pudo comprobar que los valores negativos de las áreas quemadas, pasan rápidamente a adoptar valores positivos cuando la vegetación comienza a regenerarse.

LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS

El índice de Haines

Algunas de las condiciones climáticas favorables para que un incendio se produzca pueden ser representadas a través del Índice de Haines o LASI (Lower Atmosphere Severity Index) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{LASI} = A - B = (\text{Tp1} - \text{Tp2}) + (\text{Tp1} - \text{Tdp1})$$

Donde:

Tp1: temperatura en el límite inferior de la capa analizada.

Tp2: temperatura en el límite superior de la capa analizada.

Tdp1: temperatura de rocío en el límite inferior de la capa analizada.

A partir de esta fórmula, pueden definirse índices de riesgo de acuerdo a las siguientes

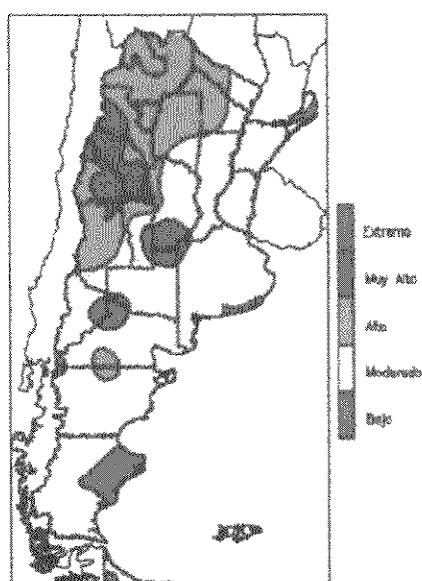
tablas:

Elevación	Término de estabilidad		Término de humedad	
	A	Tp1 - Tp2	B	Tp1 - Tdp1
Baja (950 - 850 hPa)	1	≤ 3 °C	1	≤ 5 °C
	2	4 - 7 °C	2	6 - 9 °C
	3	≥ 8 °C	3	≥ 10 °C
Media (850 - 700 hPa)	1	≤ 5 °C	1	≤ 5 °C
	2	6 - 10 °C	2	6 - 12 °C
	3	≥ 11 °C	3	≥ 13 °C
Alta (700 - 500 hPa)	1	≤ 17 °C	1	≤ 14 °C
	2	18 - 21 °C	2	15 - 20 °C
	3	≥ 22 °C	3	≥ 21 °C

LASI (A + B)	Peligro
2 ó 3	muy bajo
4	bajo
5	moderado
6	alto

La altura comprendida entre 500 y 1500 m corresponde aproximadamente a variaciones de presión entre los 950 hPa y 850 hPa. Una diferencia de 11°C en la componente de estabilidad, generalmente se encuentra asociada a incendios de grandes proporciones

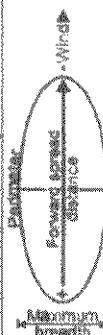
La generación de capas de información climática en tiempo real requiere de instalaciones, equipamiento y personal capacitado para procesar tanto la información proveniente de los satélites, como los datos captados a través de la red de estaciones meteorológicas. El Servicio Meteorológico Nacional suministra la ubicación de áreas bajo riesgo de incendio en forma diaria y gratuita a través de su página web y está disponible a partir de las 18 hs.



Indicadores visuales

La forma en que se manifiesta el viento puede ser un indicador del futuro comportamiento del fuego. A continuación se reproducen dos tablas extraídas de “Grassland fire behavior pocket card” de Alexander and Fogarty (1997).

Beaufort Wind Force ^a	Forward spread distance/perimeter length/maximum breadth versus elapsed time since ignition				Head fire intensity --kW/m--	Head fire flame length --metres--	Minimum firebreak width required to stop head fire ^b	
	--kilometres--						--metres--	
	0.5 hour	1 hour	1.5 hours	2 hours			Trees absent	Trees present
0-1	0.7/2.4/0.4	1.3/4.9/0.7	2.0/7.3/1.1	2.6/9.8/1.4	2300	2.7	5	12
2	1.0/2.7/0.4	2.0/5.5/0.7	2.9/8.2/1.1	3.9/10.9/1.5	3450	3.3	6	13
3	1.6/3.7/0.4	3.2/7.4/0.8	4.8/11.1/1.2	6.3/14.8/1.6	5550	4.1	7	15
4	2.7/5.7/0.6	5.3/11.8/1.1	8.0/17.2/1.7	10.7/22.9/2.3	9350	5.2	8	30+
5	4.4/9.1/0.8	8.7/18.2/1.5	13.1/27.3/2.3	17.5/36.4/3.1	15300	6.5	10	30+
6	6.1/12.5/1.0	12.2/25.0/1.9	18.2/37.5/2.9	24.3/50.0/3.8	21300	7.6	12	30+
7	7.2/14.8/1.0	14.5/29.5/2.0	21.7/44.3/3.1	28.9/59.1/4.1	25300	8.2	13	30+
8 & higher	7.5/15.2/1.0	15.0/30.5/2.1	22.5/45.7/3.1	30.0/60.9/4.1	26200+	8.4+	14+	30+



Beaufort Wind Scale for estimating 10 - m open wind speed over land

Beaufort Wind Force	Descriptive term	10 - m wind speed --km/h--	Observed wind effects
0	Calm	< 1	Smoke rises vertically.
1	Light air	1 to 5	Direction of wind shown by smoke drift but not by wind vanes.
2	Light breeze	6 to 11	Wind felt on face; leaves rustle; ordinary vanes moved by wind.
3	Gentle breeze	12 to 19	Leaves and small twigs in constant motion; wind extends light flags.
4	Moderate breeze	20 to 28	Wind raises dust and loose paper; small branches are moved.
5	Fresh breeze	29 to 38	Small trees in leaf begin to sway; crested wavelets form on inland waters.
6	Strong breeze	39 to 49	Large branches in motion; whistling heard in telephone wires; umbrellas used with difficulty.
7	Moderate gale	50 to 61	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against wind.
8	Fresh gale	62 to 74	Breaks twigs off trees; generally impedes progress.
9	Strong gale	75 to 88	Slight structural damage occurs (e.g., TV antennas and tiles blown off).
10	Whole gale	89 to 102	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage.

Note: Fire behaviour predictions in this guide are based on head fire rate of spread in fully cured standing grasslands (Fire Behaviour Prediction System Fuel Type G-1b) on flat to undulating terrain, assuming a fuel load of 3.5 t/ha, a Fine Fuel Moisture Code of 91.2, and the midpoint of the wind speed range associated with each Beaufort Wind Force. Use of the guide is at the reader's sole risk.



Las sequías

Para la cobertura vegetal, la sequía no comienza por falta de precipitaciones, su inicio está dado por la escases de agua en el suelo dado que resulta insuficiente para su metabolismo. Las condiciones climáticas, como altas temperaturas, viento y baja humedad relativa son algunos de los factores que se suman para que suelo y vegetación pierdan humedad.

La velocidad con que la cobertura vegetal pierde su contenido de humedad está condicionada por el diámetro de sus componentes.

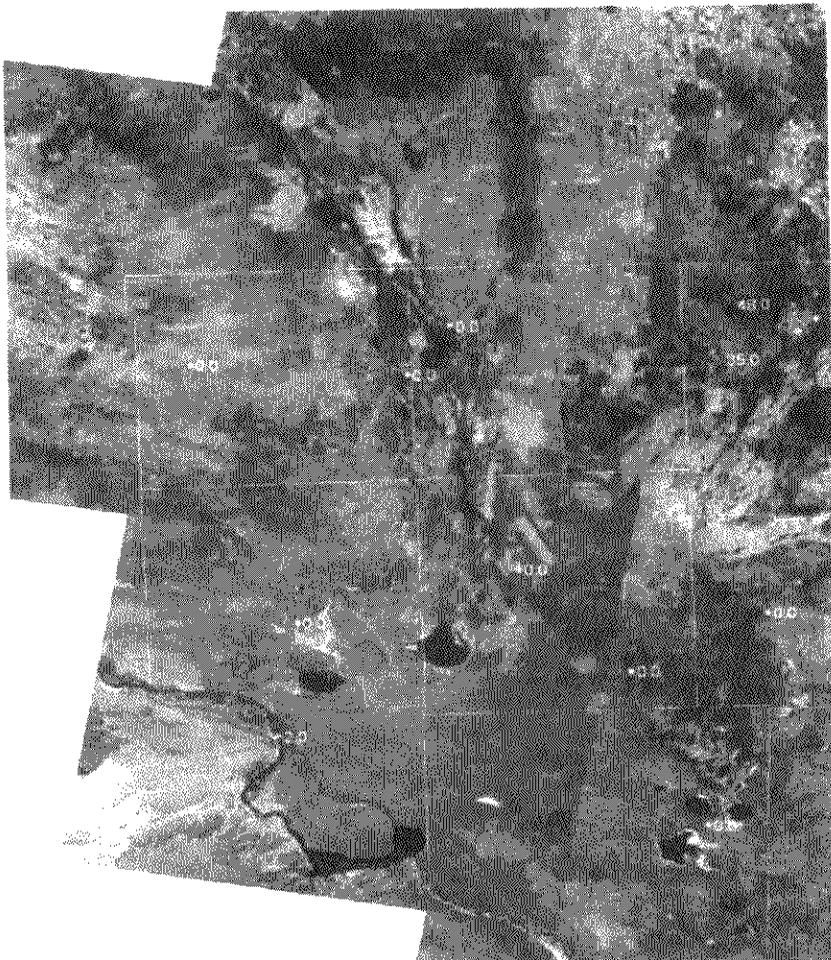
Desde el punto de vista estrictamente meteorológico, se define como *sequía* a un período durante el cual la precipitación se mantiene por debajo de un umbral determinado (Servicio Meteorológico Nacional 1988).

A continuación se transcriben dos definiciones de sequía citados por Dentoni y Cerne, que permiten conocer algunos parámetros de referencia utilizados a escala mundial.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) estableció en 1986 que habrá sequía en una región, cuando la precipitación anual sea inferior al 60% de la normal durante más de dos años consecutivos y afecte a más del 50% del área de interés. Su objetivo es dar una definición de aplicación general, basada en la suposición de que los ecosistemas naturales y los sistemas sociales y económicos pueden resistir una disminución del 40% en la precipitación durante un año, pero no durante períodos más prolongados (Fernandez García 1995).

La British Rainfall Organization (American Meteorological Society 1980), por ejemplo, distingue tres tipos de sequía:

- a) **Sequía absoluta:** período de por lo menos 15 días consecutivos durante los cuales no se ha registrado precipitación diaria.
- b) **Sequía parcial:** período relativamente seco, de por lo menos 29 días consecutivos, durante los cuales el promedio de precipitación diaria no excede los 0,03 mm.
- c) **Temporada seca (dry spell):** período de por lo menos 15 días consecutivos durante los cuales la precipitación diaria no supera 1 mm. en ningún caso.



Mosaico realizado a partir de Quick Looks de imágenes Landsat correspondientes al mes de diciembre de 2000.

Los puntos amarillos representan la ubicación de las est. pluviométricas y en blanco aparece el valor registrado para el mes de diciembre de ese año.

Las áreas quemadas presentan colores de rojo oscuro a magenta o naranja.

El sistema de evaluación de peligro de incendios canadiense incluye tres códigos para la estimación del contenido de humedad de los combustibles. El denominado Código de Contenido de Humedad de los Combustibles Finos (CHCF); el Código de Contenido de Humedad del Mantillo (CHM); y el Código de Sequía (CS). Cada uno de estos códigos evalúa el contenido de humedad de combustibles con diferente tiempo de retardo (Alexander 1994). Por ejemplo, uno o dos días sin precipitación y con buenas condiciones de evaporación, llevarían a valores de alto peligro al CHCF, mientras que el peligro expresado por el CHM se mantendría bajo. En cambio, si se produce una llovizna de corta duración después de un período de sequía, el peligro expresado por CHM se mantendría alto y disminuiría el expresado por el CHCF. Las fluctuaciones del CS son muy lentas y reflejan los efectos a largo plazo de los cambios en las condiciones ambientales. (Van Wagner 1987, citado por Dentoni y Cerne)

MAPEO MULTITEMPORAL DE AREAS AFECTADAS POR INCENDIOS

De acuerdo a lo propuesto, se realizó el mapeo multitemporal de imágenes de satélite. Si bien la intención original era la de trabajar sobre imágenes NOAA (NDVI escalado) compuestas de a 10 días, dado que permitirían obtener un registro histórico a partir de 1992, se comprobó que los cuerpos de agua, humedales y áreas desprovistas de vegetación adoptaban valores muy similares. Por esta razón se optó por generar mosaicos a partir de Quick Looks de imágenes Landsat, obtenidas del catálogo de CONAE en su página Web, disponibles a partir de 1997.

Esto permitió la interpretación visual sobre imágenes color, donde las áreas quemadas se diferencian claramente variando desde un rojo oscuro en fechas próximas al incendio a magenta o rosado claro. La resolución espacial es aceptable si tenemos en cuenta que el mapeo se realizó a escala provincial y el espacio ocupado en disco por cada mosaico fue bajo. Si bien el objetivo era obtener los mosaicos correspondientes a todos los meses, hubo que descartar la idea debido a que para los primeros años solo existía el satélite Landsat 5 y el número de imágenes aptas era muy reducido. A partir del año 1999 no hubo mayores inconvenientes para alcanzar este objetivo salvo por cobertura de nubes, humo o fallas de sensor. En la carpeta "Mosaicos" del cd que acompaña el presente informe, se encuentran agrupados por año, en formato jpg.

Los mapeos se realizaron utilizando el soft ArcView 3.1 y posteriormente se georeferenciaron con el módulo ShapeWarp 2.2, utilizando límites departamentales, cuerpos de agua, drenaje superficial y caminos como elementos de referencia. Todas las fechas

digitalizadas se encuentran en la carpeta "Incendios", agrupados por año. Se descartaron las áreas que correspondían a quemas controladas, definidas claramente por su forma geométrica y su superficie.

En los mapeos realizados se pudo comprobar que los únicos elementos naturales que funcionaron como barreras fueron los cuerpos de agua y los ríos de mayor caudal.

LAS OPCIONES DISPONIBLES PARA LA PROVINCIA DE LA PAMPA

PREVENCIÓN

- **Cobertura vegetal:** De acuerdo a lo conversado con el Lic. Gustavo A. Romero del Plan Nacional de Manejo del Fuego, se llegó a la conclusión que sería de gran ayuda contar con un mapeo de vegetación a escala 1:50.000 o 1:100.000 de las áreas correspondientes a Caldenal y Monte. Esto permitiría diferenciar con mayor detalle la composición de la cobertura vegetal y consecuentemente la velocidad de propagación del fuego. Esta tarea requiere disponer de series anuales de imágenes Landsat para conocer la variación de los índices de vegetación por factores estacionales y el relevamiento de campo para la identificación de los componentes. Asimismo, contando con imágenes NOAA en tiempo real, se podrían determinar variaciones en el NDVI para definir los índices de riesgo por cobertura. Tanto el tiempo asignado a esta etapa como las imágenes disponibles en la Subsecretaría de Ecología, resultaron insuficientes para alcanzar este objetivo.

- **Mantenimiento de Picadas:** Es indispensable continuar con la política de conservación de picadas, ya sea como barrera o como acceso. En estos últimos meses, la Subsecretaría de Ecología y la Dirección Provincial de Vialidad, están realizando tareas de prueba en forma conjunta, orientadas hacia el relevamiento de caminos y picadas con GPS para la actualización permanente de cartografía.
- **Difusión y capacitación:** dirigido a productores que mantienen la práctica de quema para desmalezamiento con el fin de orientarlos sobre la necesidad de observación de las condiciones meteorológicas y de contar con autorización y supervisión capacitada.
- **Raleo en el región del Caldenal:** con el fin de disminuir el volumen de material combustible de fácil ignición y bajo tiempo de retardo.

DETECCIÓN TEMPRANA E ÍNDICES DE RIESGO

Después de los incendios ocurridos durante el año 2000, se tomó la iniciativa de proveer de combustible aeronáutico a los Aero Clubes de la Provincia de La Pampa, siendo una forma creativa y solidaria de aproximarse a la solución del problema. Dadas las circunstancias económicas actuales, es difícil saber si este recurso seguirá siendo viable.

La recepción de imágenes meteorológicas en tiempo real es otra opción. Si bien no se dispone en la Provincia de la infraestructura necesaria, el equipamiento adecuado y el personal capacitado, no debería descartarse la posibilidad de realizar convenios con aquellas entidades que están en capacidad operativa y recibirlas en tiempo semi-real, siendo suficiente la recepción de tres de los canales (canal 1: rojo, canal 2: infrarojo cercano y canal 3: térmico

reflectivo). Los dos primeros permitirían obtener el índice de vegetación y la detección de plumas o cortinas de humo y el tercero los puntos de ignición.

Desde el punto de vista meteorológico, la determinación de índices de riesgo implica contar con un centro orientado exclusivamente a tal fin. Personalmente considero que una opción sería trabajar en forma conjunta con el Servicio Meteorológico Nacional para la obtención de los Índices de Haines o LASI efectuando consultas diarias a su página Web. INTA Castelar, área Clima y Agua, también cuentan con antena receptora y publica la ubicación de puntos de ignición detectada en su página Web (hasta ahora casi exclusivamente orientada hacia incendios forestales).

En la siguiente tabla bi-dimensional se muestran los colores que podría utilizarse para representar los diferentes niveles de riesgo en un mapa:

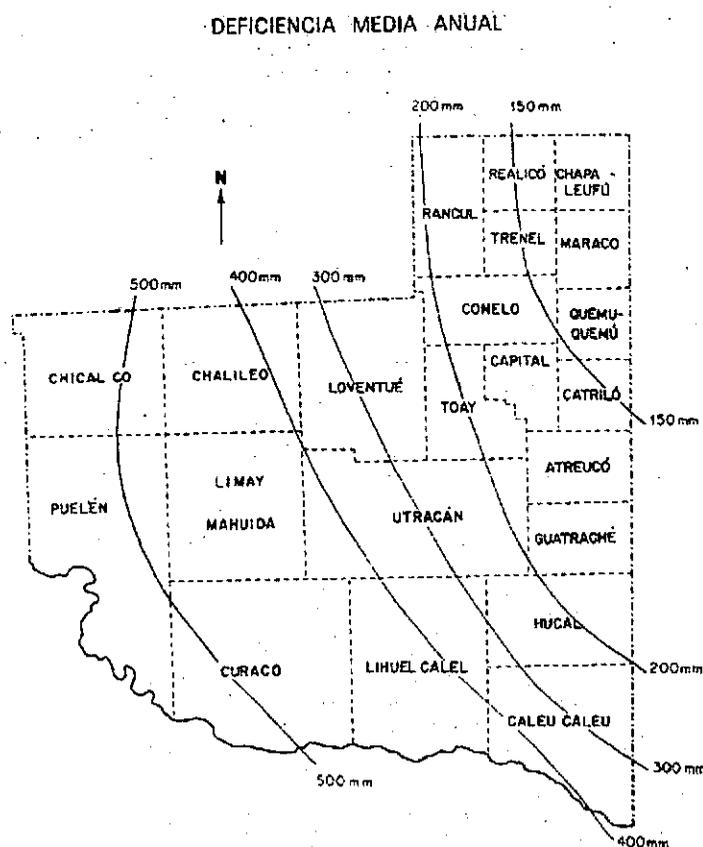
		Variable Meteorológica (Índice LASI)				
		Extremo	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo
Vegetación (horas)	1					
	10					
	100					
	1000					

CONCLUSIONES

Para este trabajo se trataron de analizar todas las variables que participan en la generación de focos de incendio y su propagación teniendo en cuenta las características de la Provincia de La Pampa. Considero que las opciones propuestas tienden a reducir los tiempos de implementación de un sistema de alarma, pero seguramente hay otras opciones. Las imágenes de satélite de mayor resolución y menor tiempo de revisita tienden a ser cada día más accesibles, por esto considero que existen otras posibilidades llegado el momento de realizar convenios para la provisión de imágenes: por ejemplo el satélite TERRA, sensor MODIS, con un período de revisita de 1-2 días. En el momento de tomar decisiones habrá que analizar cuáles son las herramientas más eficientes para reducir los riesgos de incendio en la Provincia de La Pampa.

OBSERVACIONES

Para el presente trabajo se consideró que no es necesario incluir el área noreste de la Provincia dado que bajo las circunstancias actuales no se encuentra bajo peligro de incendio, pero deberá incorporarse si las condiciones climáticas retornaran a los niveles de deficiencia manifestados en el Inventario de Recursos Naturales (1980).



BIBLIOGRAFIA

- Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (INTA- Prov. de La Pampa-UNLPAM). 1980.
- Estudio Ambiental de Base - Zona Centro – PASMA II. Universidad Nacional de La Pampa. 2001.
- María del Carmen Dentoni y Silvia Bibiana Cerne. 1999. “La atmósfera y los incendios”. Plan Nacional de Manejo del Fuego. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.
- EOS Data Products Handbook, Volume 2. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. NP-2000-5-055-GSFC. 2000.
- EOS Reference Handbook. A Guide to NASA’s Earth Science Enterprise and the Earth Observing System. EOS Project Science Office. NASA/Godddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. NP-1999-08-134-GSFC. 1999.
- CAPE TOWN 2000 Proceedings. 28th. International Symposium on Remote Sensing of Environment. CSIR. Marzo 2000.

- Memorias del IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. SELPER – Universidad Nacional de Luján. Noviembre 2000.
- Ana Sebastián López, Raymond Salvador Civil y Jesús San-Miguel Ayanz. “Two Models for a European Structural Forest Fire Risk Index”.
- M. E. Alexander y L. G. Fogarty. 1997. “A pocket card for predicting fire behavior in grasslands under severe burning conditions”. Canada and New Zealand.
- Sophie Perchat. 2000. Elementos de Diagnóstico para el Estudio de Factibilidad del “Proyecto Caldenal”: Gestión Sostenible del Caldenal en la Provincia de La Pampa (Argentina). Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Francia.
- Steibel, P. E. “Flora y vegetación de la Provincia de La Pampa”. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.
- Steibel, P. E. “Nombres y usos de las plantas aplicados por los Indios Ranqueles de La Pampa (Argentina)”. Rev. Fac. Agronomía – UNLPam Vol. 9 N°2.
- Sergio A. Lamberto y Luis F. Hernandez. “Árboles y arbustos del sur del Caldenal – Clave vegetativa ilustrada para su reconocimiento”. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur.



ÁREAS DEGRADADAS

OBJETIVO

El objetivo de la tercera etapa de este proyecto es la recopilación de cartografía existente, el análisis multitemporal de imágenes y la generación de un sistema de información geográfica que permita evaluar los procesos de degradación que afectan a la Provincia de La Pampa o aquellos que puedan producirse por el uso inapropiado de la tierra.

A tal fin, se consultaron trabajos existentes, se analizaron las políticas ambientales aplicadas en diferentes países o propuestas por organismos internacionales, se generó y actualizó cartografía y se recopiló información disponible en bases de datos.

TAREAS PREVISTAS DE ACUERDO AL CONTRATO

TAREA 3: Áreas degradadas.

Estudio de la cobertura vegetal a través del tiempo. Análisis de las variables meteorológicas, características de los suelos, características topográficas, formas de laboreo en explotaciones agrícolas. Evaluación y control en el marco del Plan de Lucha contra la Desertificación.

3.1. Recopilación de datos y antecedentes sobre métodos de explotaciones agrícolas a lo largo del tiempo, políticas de conservación de los suelos y bibliografía relacionada.

3.2. Análisis de la información, generación de bases de datos y el Sistema de Información Geográfica.

INTRODUCCIÓN

Los procesos de degradación de los suelos se producen en función de una serie de factores. Básicamente estos factores pueden ordenarse en dos grandes grupos: los de carácter natural y los de carácter antrópico. Sobre los primeros el hombre tiene escasa influencia y las posibilidades de modificarlos o reducirlos se limitan generalmente a la conservación de la cobertura vegetal natural como capa protectora frente a los agentes erosivos: viento, agua, temperatura, gravedad. Pero al mismo tiempo la presencia del hombre puede incrementar estos procesos si no se conocen o no se aplican formas de manejo apropiadas.

Podemos considerar a los suelos como seres vivos, modificados en forma dinámica por los procesos que tienen lugar en él. Fueron modelados por los agentes climáticos y lo muestran a través de sus propiedades y limitaciones, de la flora y la fauna que lo habita y de su respuesta frente a los elementos que le son extraños.

Los procesos que se producen debido a las condiciones climáticas naturales y sus ciclos, generalmente encuentran la solución en estos mismos ciclos permitiendo el retorno a la situación inicial. Cuando los procesos de degradación son de origen antrópico, tratar de revertir los errores lleva demasiado tiempo y el resultado probablemente sea incierto. La intervención del hombre también podría ser equivocada si tratamos de evitar que los ciclos naturales se cumplan. Así, si en zonas áridas hay lluvias torrenciales que producen cárcavas, luego vendrá un período seco permitiendo que el viento modele otra vez la superficie.

Cuando intentamos fijar dunas mediante la incorporación de vegetación, solo la disponibilidad de agua y la capacidad de retención de esta por parte del suelo podrá asegurar su permanencia. En otras palabras, la intervención del hombre está limitada por la naturaleza y tal vez la única función aceptable sea la de no cumplir el rol de agente degradador, estudiando las características de los suelos y la topografía, conociendo sus capacidades y limitaciones y adaptándose a un uso racional.

En la actualidad, la disponibilidad de agua en la provincia de La Pampa, permite que se incorporen nuevas áreas a la actividad agrícola sin tener en cuenta las limitaciones de sus suelos. Así, suelos pobres en nutrientes y materia orgánica se encuentran hoy bajo explotaciones para las que no son aptos, pudiendo asegurarse que estas actividades no serán sostenibles por mucho tiempo y condenando a estos suelos a no ser capaces de sostener la vegetación natural en el futuro. El panorama se muestra pesimista si no se toman medidas y se orienta a los productores hacia aquellas actividades que sean apropiadas.

Los sensores remotos y sistemas de información geográfica pueden ser utilizados como herramientas a fin de llegar al conocimiento de la situación actual y de la evolución de los procesos provenientes de la actividad humana. La información obtenida podría dar origen a una zonificación u ordenamiento territorial que condicione el uso de la tierra, orientando, informando y tal vez premiando a aquellos productores que adapten sus explotaciones a las limitaciones naturales del suelo. Conocer las capacidades y limitaciones de nuestra tierra y fomentar el uso racional de los recursos naturales puede ser la clave para descubrir nuevos horizontes.

ALGUNAS DEFINICIONES

A continuación, se transcriben algunas definiciones que permitieron orientar este trabajo hacia aquellos temas que pueden ser estudiados, controlados y modificados por el hombre. Algunas de estas definiciones fueron extraídas del trabajo de Julio García Camarero (1989) y otras fueron levemente modificadas para llevarlas a situaciones más generales.

- **Degradación:** son todos aquellos procesos, tanto naturales como antrópicos, que producen consecuencias negativas sobre los ecosistemas. Cabe aclarar que el hombre puede ser tanto un agente degradador como un agente desordenador de estos sistemas.
- **Desertificación:** “es una degradación progresiva de los ecosistemas debida a agentes antrópicos y naturales, consistente en una disminución cualitativa y cuantitativa de los “sistemas vitales” que constituyen el ecosistema. Es decir, una degradación en la dirección de la aridización y de la disminución de la productividad biológica hasta la destrucción del potencial biosférico. El proceso degradatorio de la desertificación puede conducir al ecosistema a la situación final de total derrumbamiento, convirtiéndolo en desierto”.
- **Desertización:** “es una degradación progresiva de los ecosistemas debida sólo a agentes naturales, que consiste en una disminución cualitativa y cuantitativa de los

sistemas vitales que constituyen el ecosistema. Es decir, una degradación en el sentido de la aridización y de la disminución productiva biológica hasta la destrucción del potencial biosférico, pero a causa únicamente de agentes naturales. El proceso degradatorio de la desertización, al igual que el de la desertificación, puede conducir al ecosistema a la situación final del total derrumbamiento, convirtiéndolo en un desierto”.

- **Desierto:** es el punto límite e irreversible de degradación, por desertificación o por desertización, en el que prácticamente desaparecen los tres sistemas vitales: suelo, agua, vegetación.
- **Desertización humana:** es un enfoque sociológico de la desertización humana. “Es una disminución de los habitantes humanos, en el interior de un ecosistema, que puede llegar a la desaparición de hasta el último habitante originándose así un desierto humano”. Cuando los sistemas se agotan, aumenta el empobrecimiento económico y se produce la migración de la población hacia nuevas áreas productivas o aumentando la concentración de la población en los núcleos urbanos y la desocupación.

LOS PROCESOS DEGRADADORES Y SUS AGENTES

El análisis de las diferentes variables que intervienen en la degradación de los sistemas ecológicos y sus consecuencias nos permitirán definir el conjunto de capas necesarias para entender los procesos. Así mismo, es necesarios conocer el origen (natural o antrópico) de estos procesos degradadores para determinar si es posible incorporar medidas correctivas para atenuarlos o revertirlos.

Los agentes degradadores pueden ser agrupados de acuerdo a la siguiente tabla:

AGENTES ANTRÓPICOS		AGENTES NATURALES	
Agentes antrópicos diversos	Agentes antrópicos desordenadores	Agentes naturales de efecto rápido	Agentes naturales de efecto lento
<ul style="list-style-type: none"> • Ecosistemas agrarios • Mineralización del suelo • Contaminación del suelo • Monocultivos • Talas a mata rasa • Laboreo excesivo • Inadecuadas técnicas forestales • Dificultad de evaluación económica de los beneficios de la conservación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado ordenamiento territorial • Especulación del suelo • Excesivas obras públicas • No respeto a la regla de usos posibles del suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Terremotos • Incendios naturales • Lluvias torrenciales • Gota fría 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de clima a más árido • Índice de aridez • Erosión hídrica o eólica, etc. (<i>este agente puede ser acentuado por agentes antrópicos</i>).

A modo de resumen, se pueden mostrar las variables en conjunto y sus consecuencias de acuerdo al siguiente gráfico (de "Ecología para todos", cartilla N°6):



AGENTES NATURALES

Los agentes naturales que se manifiestan con mayor frecuencia en la provincia de La Pampa y de acuerdo a lo analizado en las etapas anteriores, son los agentes climáticos y los incendios rurales.

Entre los agentes climáticos, se pueden citar las variaciones en la disponibilidad de agua (sequías), los vientos y las lluvias torrenciales. Los incendios rurales, están condicionados por componentes naturales (inicio) y antrópicas (prevención, control y extinción).

Las sequías

Desde el punto de vista estrictamente meteorológico, se define como *sequía* a un período durante el cual la precipitación se mantiene por debajo de un umbral determinado (Servicio Meteorológico Nacional 1988).

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) estableció en 1986 que habrá sequía en una región, cuando la precipitación anual sea inferior al 60% de la normal durante más de dos años consecutivos y afecte a más del 50% del área de interés. Su objetivo es dar una definición de aplicación general, basada en la suposición de que los ecosistemas naturales y los sistemas sociales y económicos puedan resistir una disminución del 40% en la precipitación durante un año, pero no durante períodos más prolongados (Fernández García 1995).

La British Rainfall Organization (American Meteorological Society 1980), por ejemplo, distingue tres tipos de sequía:

- Sequía absoluta: período de por lo menos 15 días consecutivos durante los cuales no se ha registrado precipitación diaria.
- Sequía parcial: período relativamente seco, de por lo menos 29 días consecutivos, durante los cuales el promedio de precipitación diaria no excede los 0,03 mm.
- Temporada seca (dry spell): período de por lo menos 15 días consecutivos durante los cuales la precipitación diaria no supera 1 mm. en ningún caso.

Erosión eólica

Definida por tres componentes: los vientos predominantes, las características de los suelos y la cobertura vegetal. A estos tres se podría sumar también la exposición de laderas.

Erosión hídrica

Está dada por la disponibilidad de agua en superficie y las posibilidades que tiene esta para organizarse en alguna forma de escurrimiento superficial, ya sea de carácter permanente o no, de acuerdo a las características de los suelos y al gradiente topográfico.

Incendios rurales

De acuerdo a lo que ya se ha visto, desde su componente natural, están condicionados por factores climáticos y de disponibilidad de material combustible (estado de la cubierta vegetal).

AGENTES ANTRÓPICOS

Uso inapropiado del suelo: En esta categoría se incluyen las explotaciones que no respetan las limitaciones naturales del suelo.

Técnicas no adecuadas de manejo: por labranza, orientación en el sentido de las pendientes, sobrecultivo, monocultivo, exposición del suelo a los agentes climáticos por falta de cobertura vegetal, etc.

Mineralización: Por falta de buen drenaje en áreas bajo riego (concentración de sales).

Contaminación: Por exceso o uso no apropiado de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes.

Sobrepastoreo: Por excesiva carga animal o elección de ganado no apropiado para la disponibilidad de pasturas.

Eliminación de la cobertura natural: Por deforestación o incorporación a explotaciones agrícolas.

Obras de infraestructura o explotaciones sin estudios de impacto ambiental: Incluyendo áreas de extracción (canteras), de acumulación (explotaciones de salinas), áreas de movimiento y transporte y obras de infraestructura en general que funcionen como

barreras o como lugares de descarga, aquellas que modifiquen las características topográficas (terraplenes), etc.

TAREAS DESARROLLADAS

A partir del conjunto de variables que intervienen en los procesos de degradación, se confeccionó un listado de mapas temáticos, capas derivadas e imágenes de satélite necesarios para realizar el análisis orientado a comprender esta problemática en la provincia de La Pampa. También se recurrió a algunos registros fotográficos, debidamente localizados y datados relacionados con la degradación ambiental de origen natural (sequías). El estudio se focalizó en los aspectos climáticos, topográficos, de suelos, cobertura vegetal y de uso de la tierra.

- Modelo digital del terreno: se generaron dos modelos. El primero a escala provincial, utilizando las curvas de nivel a escala 1:250.000 y el segundo para analizar el área con explotaciones agrícolas, a escala 1:50.000. A partir de ellos, se generaron las capas: Pendientes (%) y Aspecto (orientación de laderas). En las dos escalas se clasificaron las pendientes de acuerdo a la siguiente tabla:

Categoría	Intervalo
1	0 – 1%
2	1 – 3%
3	3 – 6%
4	6 – 10%
5	10 – 15%
6	> 15%

- Mapa de suelos: se utilizaron el mapa de suelos del Atlas publicado por el INTA y el mapa de suelos publicado en el Inventario de Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa, dado que si bien coinciden los límites de las unidades, ambos mapas cuentan con información adicional. A partir de ellos se generó el mapa de aptitud, el mapa de limitantes y una reagrupación en Molisoles, Entisoles y Aridisoles.
- Estaciones pluviométricas y sus bases de datos, para ser correlacionados con las fechas de captura de imágenes satelitales y registros fotográficos.
- Mapa de isohietas: se incluyeron el correspondiente al Inventario de Recursos Naturales (1980) y al Atlas 500 producido por el Lic. Miguel Giraut (2000) a escala 1:500.000.
- Evapotranspiración: proveniente del Inventario de Recursos Naturales (real y potencial) y del Atlas 500.
- Vientos: se incluyeron las gráficas de vientos ubicadas de acuerdo al Inventario de Recursos Naturales, al Estudio Ambiental de Base – Zona Centro – PASMA II y al Diagnóstico de Inundación en la región Noreste de la Provincia de La Pampa (DHI).
- Uso del suelo: proveniente del Inventario de Recursos Naturales, su actualización con imágenes de los satélites Landsat y datos sobre variación de los cultivos desde 1881 a 1996, de manejo, uso de agroquímicos y ecuaciones para cálculo de

contaminación y erosión de “La sustentabilidad ambiental del agro pampeano” (Viglizzo, et al. 2002) para los departamentos del este de La Pampa.

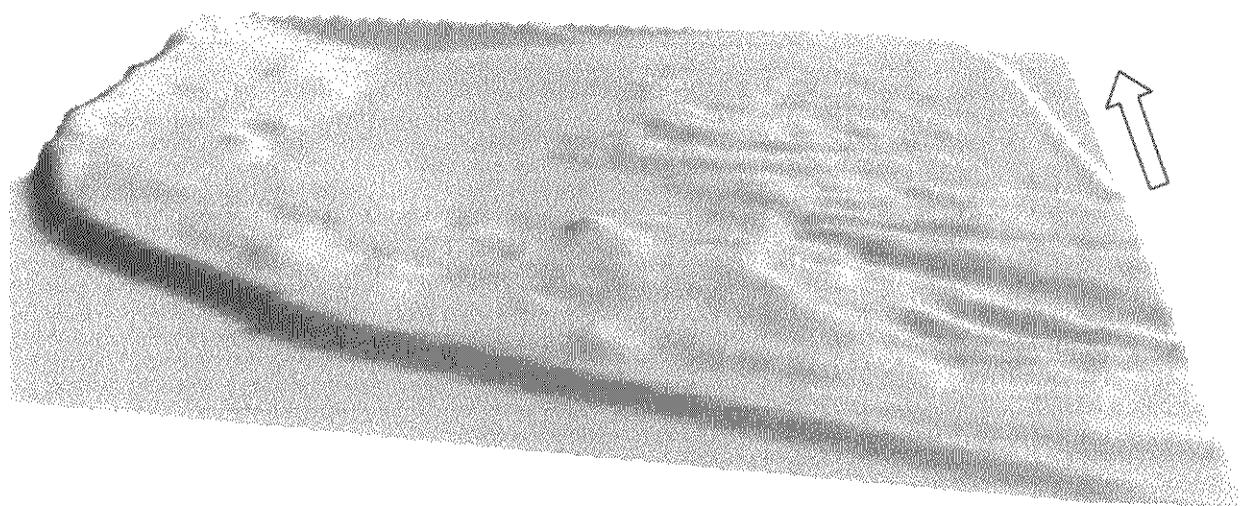
- Otras capas: poblaciones, rutas y caminos, ferrocarril, drenaje superficial, cuerpos de agua, límites políticos, etc.
- A partir de las imágenes de satélite Landsat se generaron imágenes en falso color compuesto en combinación: banda 2 (azul), banda 3 (verde), banda 4 (rojo); índices de vegetación normalizada $[(IRC-ROJO)/(IRC+ROJO)]$ y en algunos casos se utilizaron las siete bandas para generar los índices de brillo, verdor y humedad (Kauth Thomas o Tasseled CAP). Los sistemas utilizados fueron ERDAS, ArcView, Image Analysis y algunos scripts de distribución gratuita disponibles en la web de ESRI. En los casos en que fue posible, se generaron capas en formato vectorial y se georeferenciaron utilizando el módulo Shape Warp de ArcView. Las imágenes originales y procesadas se encuentran disponibles en la Subsecretaría de Ecología. No se incluyen en el cd que acompaña al informe debido al peso de los archivos.

En todos los casos se partió del análisis de las tres grandes áreas fitogeográficas utilizadas en la etapa anterior (incendios), profundizando en cada una de acuerdo a la disponibilidad de imágenes, información temática y topográfica.

El estado de digitalización de curvas de nivel se encuentra realizado en un 90% a escala 1:100.000 y en un 85% a escala 1:50.000. En la región oeste de la Provincia, donde no

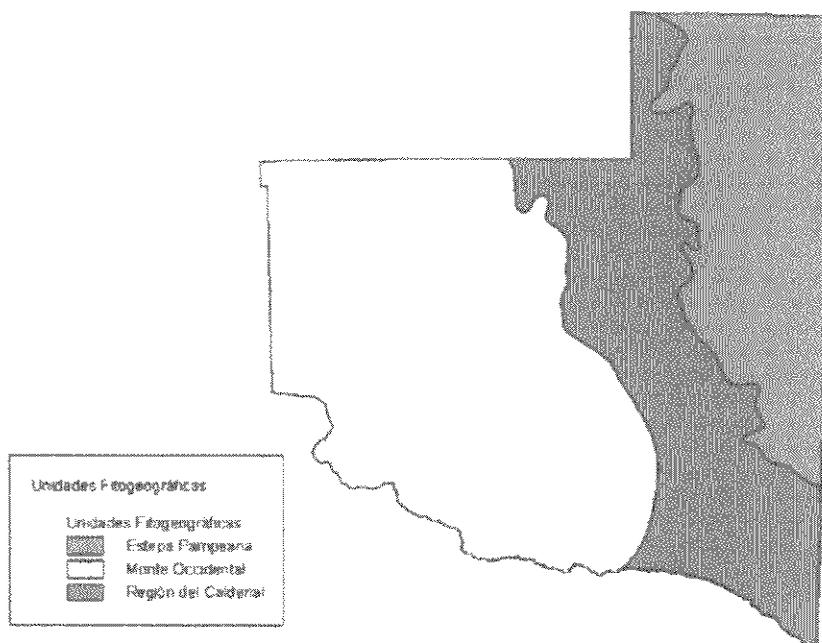
existe cartografía del Instituto Geográfico Militar a escala 1:100.000, se propuso realizar un modelo digital del terreno por interferometría a partir de imágenes de radar. Actualmente la Subsecretaría de Ecología está analizando la factibilidad de un convenio con CONAE para la provisión gratuita de las imágenes necesarias. Para la corrección geométrica de las imágenes se está trabajando en forma conjunta con el Ing. Juan E. Rodríguez de Vialidad Provincial, quien provee puntos adquiridos con gps, permitiendo ajustes hasta escalas 1:100.000 y 1:65.000 sin mas inconvenientes, hasta el momento, que la distribución heterogénea en el campo de elementos que sirvan de referencia.

A continuación puede observarse una vista del modelo digital del terreno a partir de las curvas de nivel a escala 1:250.000, donde es posible diferenciar la orientación de las pendientes regionales.



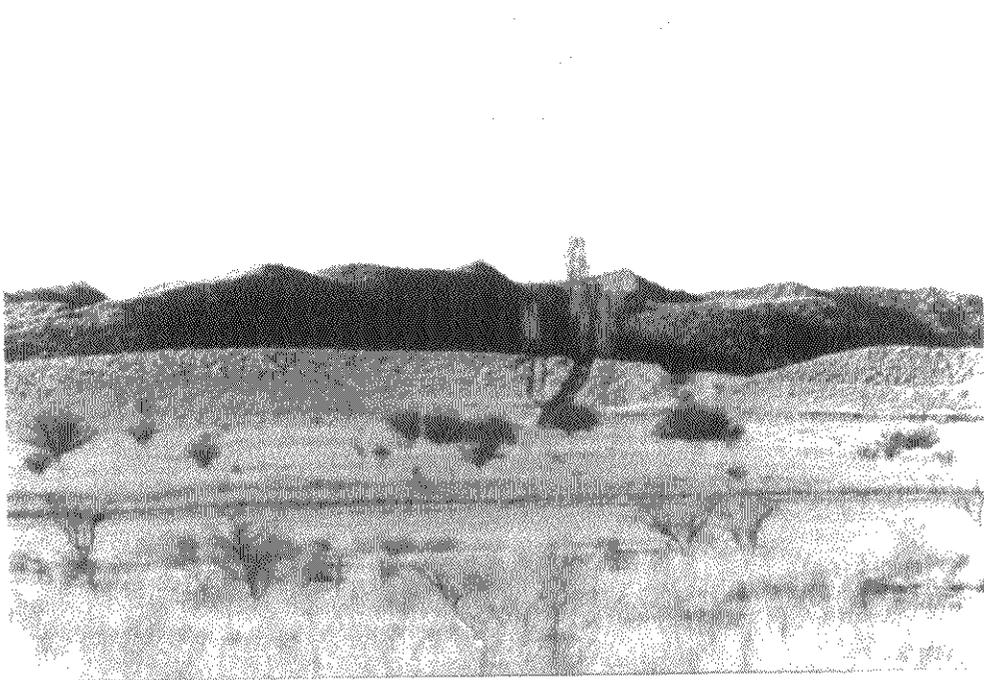
ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN EN LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Para el análisis de los procesos de degradación se diferenciaron nuevamente tres grandes áreas:



- La **Estepa Pampeana**, con un uso predominantemente agrícola-ganadero, donde los agentes antrópicos prevalecen sobre los naturales, exceptuando los últimos años donde el balance hídrico positivo produjo graves inundaciones. Todavía no ha sido posible cuantificar el impacto producido por las obras realizadas para la mitigación de los efectos de las inundaciones.

- La **Región del Caldenal**, donde el uso es ganadero predominando en los últimos años la cría de bovinos sobre ovinos. Este cambio produjo la modificación en la forma de reproducción del caldén, transformándolo en un monte más denso y aumentando la disponibilidad de material leñoso como combustible en temporadas de incendios. Esta región está surcada por valles transversales donde las deficiencias hídricas provocan pérdida de la cobertura vegetal y la exposición de los suelos a los efectos de la erosión eólica. La disponibilidad de agua a raíz del incremento de las lluvias en los últimos años, hizo posible que se suplantara la vegetación natural por cultivos, produciéndose un avance del área de uso agrícola sobre esta región.



Fotografía tomada al oeste de la localidad de General Acha. Año 1993.

- El **Monte Occidental**, de uso granadero extensivo, se ve afectado por incendios y deficiencias de lluvias produciendo la pérdida de cobertura vegetal y exponiendo los suelos a la erosión eólica. Los excedentes hídricos que se producen en épocas de deshielos afectan el área correspondiente al sistema Atuel-Salado-Desaguadero por erosión hídrica. El río Colorado se encuentra controlado aguas abajo del Embalse Casa de Piedra, razón por la cual no se evidencian modificaciones en sus márgenes en los últimos años. Aguas arriba, se encuentra el área sistematizada bajo riego que podría presentar manifestaciones de salinización por deficiencia de drenaje.



Limay Mahuida. Año 1993.



La Pastoril. Departamento Limay Mahuida. Año 1993. (ambas fotografías)



LA ESTEPA PAMPEANA

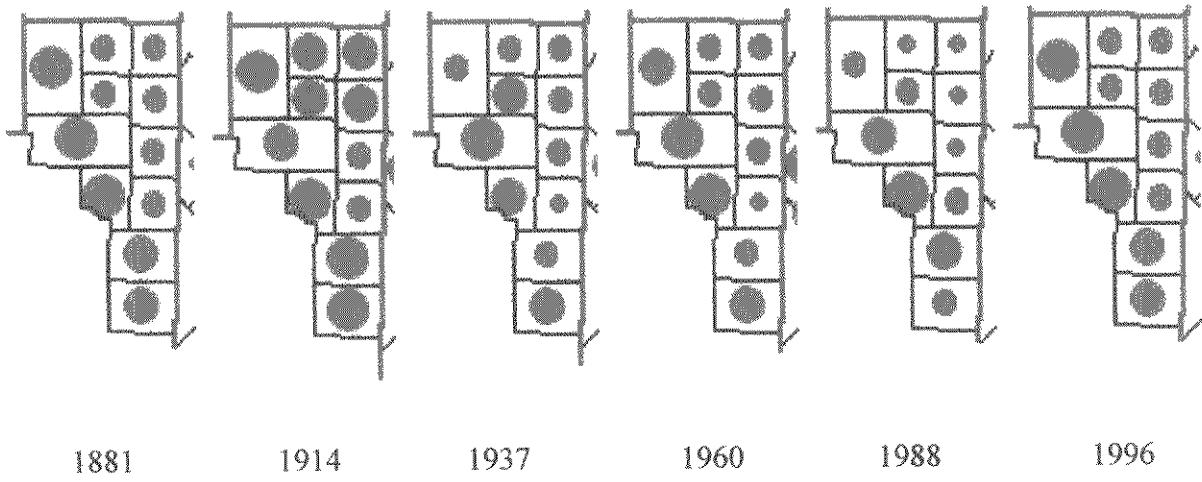
El estudio del área se basó en el modelo digital del terreno (pendientes y aspecto), el mapa de suelos (aptitud y limitantes), el mapa de uso del suelo y especialmente el análisis de los factores antrópicos realizados por Viglizzo y otros en “La sustentabilidad ambiental del agro pampeano” (2002), específicamente en función del manejo de las explotaciones agropecuarias en lo referente a uso de agroquímicos (contaminación por plaguicidas), laboreo (erosión), uso de fertilizantes (balance de nitrógeno y fósforo) y grado de intervención en los sistemas ecológicos.

El mapa de pendientes muestra que los valores predominantes varían entre 0 y 1 %, registrándose escasos valores de hasta 6% en las zonas correspondientes a los valles transversales, por lo que la topografía no se muestra como una condicionante en esta área. Los factores que predominan son los antrópicos: erosión por manejo, degradación por toxicidad y la extracción de nutrientes como nitrógeno y fósforo (balance negativo).

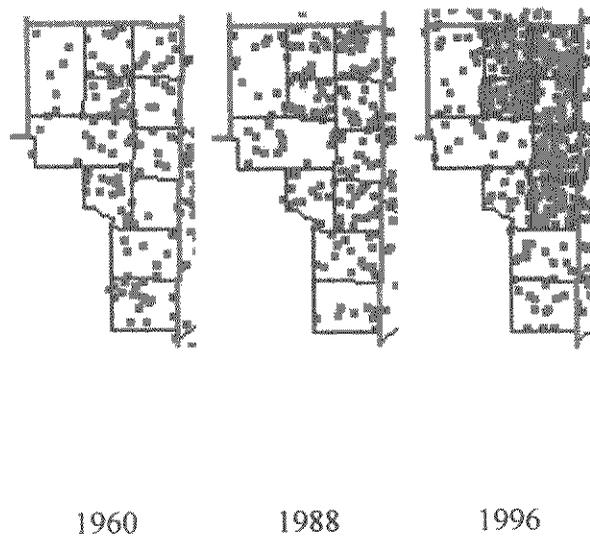
A continuación se presentan los gráficos, expresando los índices relativos a través del diámetro de los círculos y densidad de puntos.



Riesgo de erosión por laboreo



Degradación por toxicidad (plaguicidas)



Balance de Nitrógeno y Fósforo

	1960	1988	1996
<p>Nitrógeno</p> <p>1 punto=0.1Kg. N/Ha/año</p>			
<p>Fósforo</p> <p>1 punto=0.05Kg. P/Ha/año</p>			

El color rojo indica balance negativo.

Respuesta tecnológica

- **Erosión por laboreo:** existen numerosas prácticas y herramientas de probada eficiencia que permiten reducir considerablemente el riesgo de erosión en los suelos.

Entre otras, se pueden citar: siembra directa, distintas variantes de labranza reducida adecuadas a diferentes ambientes y tipos de suelo, labranza perpendicular a la pendiente, reducción de la profundidad y velocidad de labranza, cultivos en curvas de nivel, en franja, implantación de praderas perennes y permanentes e implantes de especies forestales como barrera eólica.

- **Balance de Nitrógeno y Fósforo:** la respuesta tecnológica para optimizar el uso de N y P se puede reducir a unas pocas prescripciones básicas: sistematizar el análisis de suelos en los potreros a los fines de determinar niveles apropiados de fertilización y optimizar el momento de aplicación para minimizar pérdidas por lavado e infiltración.
- **Intervención de hábitat:** toda alteración al hábitat impone una alteración de la biodiversidad, que incluye a muchas especies de plantas, animales y otros organismos naturales que habitan el lugar.

REGIÓN DEL CALDENAL

Para estudiar el área se recurrió al modelo digital del terreno (pendientes y aspecto), mapa de vegetación, de suelos y de uso del suelo. También se analizaron las bases de datos de los registros pluviométricos para correlacionar las imágenes.

Las pendientes predominantes varían entre 0 y 1%, encontrándose valores de hasta 6% en áreas correspondientes a las laderas de los valles transversales.

Las principales causas de degradación se relacionan con la falta de cobertura vegetal debido a limitaciones del suelo para retener agua y a sequías en los valles, dado que la vegetación es de tipo predominantemente herbácea perdiendo rápidamente su contenido de humedad y a incendios en el monte de caldén, en ambos casos produciendo la exposición del suelo a la erosión eólica. La modificación del uso de la tierra no pudo ser detectada debido a la falta de imágenes actuales en los límites de la unidad (Landsat 229-085), donde personal de la Dirección de Agricultura verificó la sustitución de pasturas por cultivos sin detectarse avances en el monte de caldén. Dado que estas modificaciones en el uso no pudieron ser mapeadas, se desconocen las limitaciones específicas de los suelos que pudieran ser afectados. La Subsecretaría de Ecología realizó el pedido de imágenes por lo cual en poco tiempo se estará en condiciones de crear esta capa.

En el informe sobre incendios rurales se describe cómo el cambio en el tipo de ganado de cría modificó la forma de reproducción del caldén, alterando la fisonomía y composición del monte. En este sentido, la actividad antrópica condicionó negativamente el área de monte para la actividad ganadera debido a que la densidad de renuevos de caldén impide el crecimiento normal de pastos tiernos y apetecibles para el ganado. Para que esto sea posible, es necesario desarrollar tareas de raleo.

Las áreas de valle se encuentran directamente afectadas por los agentes degradadores naturales, siendo reducidas las medidas disponibles para minimizar los riesgos, pero se pudo comprobar que la recuperación de la cobertura vegetal es rápida con el aumento del contenido de humedad ambiente y del suelo.

Como **Respuesta tecnológica** para el área de monte, podría analizarse el retorno a la cría de ovinos buscando la forma de hacer rentable este cambio para el productor.

MONTE OCCIDENTAL

El modelo digital del terreno a partir de las curvas de nivel a escala 1:250.000 no resulta suficiente para tener una visión clara del relieve en esta región, sin embargo en las imágenes de satélite pueden observarse mesetas basálticas con rasgos de erosión hídrica en el departamento Puelén, con fuertes pendientes.

La densidad de la vegetación varía generalmente entre rala y muy rala. Está compuesta principalmente por estratos herbáceos y arbustivos que raramente exceden el metro de altura, pudiendo presentar árboles de mayor porte generalmente en forma aislada, de acuerdo a lo descrito en el Inventario de Recursos Naturales. Esta composición se modifica en proximidades a Santa Isabel en el departamento Chalileo, donde se manifiesta el bosque de algarrobo y el arbustal en la llanura aluvial del Río Atuel.

Es una zona especialmente afectada por incendios y la recuperación de la cubierta vegetal es muy lenta, debido a la baja disponibilidad de agua. Afectada también por temperaturas extremas y eventualmente lluvias torrenciales.

Las limitantes son de tipo climático en forma predominante. Las limitaciones de los suelos están dadas por salinidad, sodicidad, rocosidad y susceptibilidad a la erosión eólica.

El uso del suelo es ganadero extensivo (caprinos, ovinos) y de extracciones mineras, generalmente a cielo abierto. En las imágenes pueden observarse líneas de prospección en forma de grilla y la traza de líneas de alta tensión.

En el departamento Puelén, sobre el río Colorado, aguas abajo del Puente Dique Derivador Punto Unido, se encuentra el área sistematizada bajo riego. Las condiciones óptimas de humedad hacen posible el cultivo de frutales y otros.

Entre los agentes degradadores, los naturales son los que condicionan fuertemente al área, principalmente la degradación por incendios dada la lenta recuperación de la cobertura vegetal. La actividad antrópica se encuentra definida claramente, excepto en las explotaciones mineras que tienden a extenderse ocupando mayor superficie y una vez finalizada la explotación no existen posibilidades de recuperar el espacio perdido por la vegetación natural.

Las posibilidades de control y minimización de los efectos de la degradación son muy limitados. Por esta razón los esfuerzos deberían orientarse hacia la creación y mantenimiento de picadas contrafuego y la detección temprana de los focos.

BIBLIOGRAFIA

- Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa (INTA- Prov. de La Pampa-UNLPAM). 1980.
- Estudio Ambiental de Base – Zona Centro – PASMA II. Universidad Nacional de La Pampa. 2001.
- Vegetation Analysis in Arid Environment. Tutorial. Idrisi.
- EOS Data Products Handbook, Volume 2. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. NP-2000-5-055-GSFC. 2000.
- EOS Reference Handbook. A Guide to NASA's Earth Science Enterprise and the Earth Observing System. EOS Project Science Office. NASA/Godddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland. NP-1999-08-134-GSFC. 1999.
- CAPE TOWN 2000 Proceedings. 28th. International Symposium on Remote Sensing of Environment. CSIR. Marzo 2000.
- Memorias del 29th International Symposium on Remote Sensing of Environment. "Information for Sustainability and Development". CONAE. Buenos Aires. 2002.

- Memorias del IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. SELPER -- Universidad Nacional de Luján. Noviembre 2000.
- Steibel, P. E. "Flora y vegetación de la Provincia de La Pampa". Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa.
- La sustentabilidad ambiental del agro pampeano. The environmental sustainability of agriculture in the Argentine Pampas. Ernesto Viglizzo, Aníbal J. Pordomingo, Mónica G. Castro y Fabían A. Lértora. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISBN: 987-521-052-8. 2002.
- Zonas y ecosistemas en degradación. Desertificación. Julio García Camarero. Hojas Divulgadoras Núm. 10/89. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias. Servicio de Extensión Agraria. España. ISBN: 84-341-0635-3. 1989.
- Buen Ambiente. Boletín Informativo del PRODIA. Año 2 – N 4 – Julio de 1997. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación. Argentina.
- Sistema de Soporte de Decisiones (SSD) para la Producción Ganadera Sustentable en la Provincia de Río Negro. INTA – EEA Bariloche. INTA – EEA Valle Inferior. Julio de 2000.

- Detección de cambios en la vegetación en campos ganaderos de La Rioja utilizando imágenes satelitales. Lisandro J. Blanco, Roberto A. Molina, Darío J. Recalde y Enrique L. Oriente. INTA EEA LA RIOJA.
- Pequeño Atlas Argentino con el Gran Chaco. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación PAN. Convenio SRN y DS - INTA – GTZ. ISBN: 987-521-014-5. Agosto 1999.
- Programa de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertización. Documento de Base. Dirección de Conservación de Suelos. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Presidencia de la Nación. Diciembre 1997.
- Documento del Taller Subregional La Pampa y Sur de Buenos Aires. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación. Agosto 1996.
- Teledetección y SIG aplicados a la evaluación de procesos erosivos y desertificación. Material correspondiente al curso dictado por Julio A. Uboldi, Alfredo Derlys Collado, Deggioanni. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Septiembre 2000.

CONCLUSIONES FINALES

El análisis de las diferentes problemáticas que afectan a la provincia de La Pampa, su comprensión, la incorporación de capas temáticas generadas por diferentes organismos, la generación de nuevas capas temáticas enriquecidas por el estudio de imágenes provenientes de diferentes sensores remotos y la información recopilada en bases de datos me conduce a percibir las variables analizadas como formando parte de un todo ya que no existen hechos aislados, sino que estos se van relacionando, interactúan, se afectan y modifican mutuamente.

De la misma manera creo que **hay que buscar** las soluciones, generando el acercamiento entre los organismos para que todos **puedan** enriquecerse con el conocimiento y la experiencia ajena, aunando esfuerzos y compartiendo las **tareas** todavía a realizar.

El objetivo debería ser una zonificación de la Provincia, determinando áreas homogéneas, con el fin de definir políticas de conservación, de posibles usos de la tierra, favoreciendo las actividades que son adecuadas para la conservación de los ecosistemas y minimizando los efectos negativos de los agentes naturales. Seguramente habrá que trabajar a otro nivel de detalle en cada área, pero sin perder de vista el conjunto.

Simplemente espero haber aportado mi pequeño grano de arena.

Gracias.