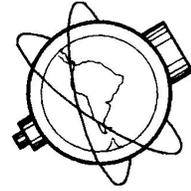




UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

ESCUELA DE AGRIMENSURA

DEPARTAMENTO DE GEOTOPOCARTOGRAFIA

TRABAJO FINAL:

Título: “RELEVAMIENTO PLANIALTIMETRICO PARA EL ESTUDIO DE EROSION DE UN SECTOR DE LA CUENCA DE LA LAGUNA DE MELINCUE”

Directores del Proyecto: Agrim. Peralta Eduardo

Agrim. Peña Héctor

Asesor Técnico: Agrim. Noguera Gustavo

Alumnos: Bondaz Camila; B- 4002/9

Garbarino Iván; G-3528/9

Lázzari Jaqueline; L-1970/4

Abril de 2012

INDICE

1- INTRODUCCION	
1.1- PLANTEO DEL PROBLEMA	Pág. 2
1.2- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS	Pág. 4
2- ASPECTOS GENERALES	
2.1- MARCO REFERENCIAL	Pág. 5
2.2- NATURALEZA DEL AREA	Pág. 6
3- NOCIONES GENERALAS	
3.1- ASPECTOS GEODESICOS	Pág. 9
3.2- ASPECTOS GEOMORMOLOGICOS	Pág. 14
3.3- ASPECTOS CARTOGRAFICOS	Pág. 15
4- ESTUDIO EDAFOLOGICO	
4.1- ESTUDIO DEL PERFIL DEL SUELO	Pág. 19
4.2- ESTRUCTURA DEL SUELO	Pág. 24
4.2.1- HORIZONTES	Pág. 25
4.3- ANALISIS DE PRECIPITACIONES	Pág. 27
4.4- ANALISIS DE COBERTURA VEGETAL	Pág. 30
5- FACTORES EROSIVOS	Pág. 32
6- INSTRUMENTAL Y METODOLOGIA	Pág. 58
7- DESARROLLO DEL TRABAJO	
7.1- RECOPIACION DE ANTECEDENTES	Pág. 68
7.2- RECONOCIMIENTO DE CAMPO	Pág. 70
7.3- RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO	Pág. 74
7.4- PROCESAMIENTO DE LOS DATOS (CARTOGRAFIA)	Pág. 76
8- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS	
8.1- ESTUDIO DE PERDIDA DE SUELO	Pág. 77
8.2- CALCULO DEL CAUDAL	Pág. 78
8.3- METODO PARA CONTROLAR LA EROSION	Pág. 81
9- CONCLUSIONES	Pág. 82
10- BIBLIOGRAFIA	Pág. 83
11- ANEXOS	Pág. 84

1- INTRODUCCION

1.1- PLANTEO DEL PROBLEMA

“Desde que la tierra se cultivo por primera vez, la erosión del suelo por acción del agua y del viento ha sido un problema constante. Las consecuencias de la erosión del suelo se manifiestan tanto en el lugar donde se produce o fuera de él. Los efectos in situ son prácticamente importantes en las tierras de uso agrícola donde la redistribución y pérdida de suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y nutriente, llevan a la pérdida del espesor del perfil cultural y al descenso de la fertilidad. La erosión reduce también la humedad disponible en el suelo acentuando las condiciones de aridez. El efecto resultante es una pérdida de productividad que, en principio, limita las especies que pueden cultivarse y obliga a un aumento de los fertilizantes a aplicar para mantener los rendimientos de las cosechas, y finalmente lleva a la devaluación y abandono de la tierra.

Los costes de la erosión son soportados por el agricultor, aunque pueden ser transferidos en parte a la sociedad, en términos de precios más altos de los alimentos.

La prevención de la erosión del suelo, entendida como reducción de la tasa de pérdida de suelo hasta la que, aproximadamente, se produciría en condiciones naturales, se apoya en estrategias seleccionadas para la conservación del suelo y estas a su vez requieren un conocimiento profundo de los procesos erosivos.” ^(*1)

“El 20% del territorio nacional, unas 60 millones de hectáreas, presenta algún grado de erosión.

En la pampa húmeda los sectores más erosionados son el norte bonaerense, el sur de Santa Fe y el sudeste de Córdoba, en las cuencas de los ríos Carcarañá y Arrecifes, y del Arroyo del Medio.

Alrededor del 40% del territorio de Entre Ríos, Misiones, Chaco, Salta y Formosa también muestran señales de erosión. En la Patagónia se registra un proceso de desertificación generalizado que incluye más de 50 millones de hectáreas, en grados de moderado a grave.

En el corazón agrícola del país un suelo muy deteriorado pierde 15 centímetros de su capa arable por año, lo que representa unas 30 toneladas de suelo, 60 toneladas de materia orgánica y 30 kilos de fósforo.

Según estudios del Instituto de Suelos del INTA Castelar, en las últimas dos décadas los niveles de materia orgánica disminuyeron progresivamente, pasando de un 3,2% en promedio en rotación agrícola-ganadera al 2,7% en suelos sometidos a agricultura continua convencional.

Los datos ponen en evidencia un fenómeno que se aceleró con la expansión e intensificación agrícola, desde la década del setenta, al amparo de los buenos precios internacionales y del ciclo húmedo en el que ingresó la Argentina. Para algunos observadores, el incremento constante de los rendimientos, que ha permitido pasar de 40 a más de 70 millones de toneladas de granos, no fue lo suficientemente acompañado por el cuidado del suelo. En algunas zonas hubo intensificación de la erosión eólica e hídrica y otros problemas asociados, como la degradación física de los suelos (compactación, sellamiento, encostramiento).

Como consecuencia de aquellos que adoptaron el modelo de agricultura extractiva, sin preocuparse por la sustentabilidad, se perdió buena parte de la fertilidad original. Se debe tener en cuenta que los suelos argentinos son considerados como de Fórmula 1, entre los mejores del mundo.

Estimaciones recientes indican que los niveles de reposición de nutrientes en trigo, maíz, soja y girasol son sólo del 25% para el nitrógeno y del 50% para el fósforo. La falta de una fertilización balanceada, los bajos niveles de reposición de nutrientes y la pérdida de materia orgánica generaron una pérdida de sustentabilidad física, ecológica y económica.

La preocupación por la conservación del recurso está hoy asociada a la expansión de la soja. La oleaginosa ocupa hoy 12,67 millones de ha (duplica el área triguera y quintuplica la de maíz) y totaliza unos 35,27 millones de toneladas, lo que representa poco más de la mitad de la cosecha total. Se puede predecir que una monocultura sojera será inviable en el tiempo tanto desde el punto de vista físico como económico. Es preocupante la simplificación del sistema, debido a que genera la pérdida de fertilidad y de estructura en los suelos.

Si hacemos un estudio detallado de costos y beneficios a mediano y largo plazo, no hay duda de que los sistemas conservacionistas son rentables. Hoy no se discute si la conservación del suelo trae menores rendimientos que las labranzas tradicionales; sino que se está conservando un capital importante. Se reconoce la necesidad de una toma de conciencia respecto del mantenimiento de los niveles de productividad en el tiempo, tanto en arrendatarios como en los dueños de las tierras. En los contratos de alquiler importan ahora determinadas condiciones de manejo y uso de la tierra.

Es recomendable un sistema basado en rotaciones que incluya, además de la soja, cultivos tales como el trigo, maíz o el sorgo, que permiten mantener un balance positivo de la materia orgánica del suelo.

Más allá de la pampa húmeda se registra una severa degradación en el oeste bonaerense y en el este de La Pampa. También en el norte de Córdoba, Chaco, Santiago del Estero y parte de Formosa, donde el quebrachal y el algarrobal fueron destruidos para dar lugar a la ganadería y la agricultura en suelos de alta fragilidad, de muy baja estabilidad estructural, lo que los hace muy susceptibles a la erosión eólica. Allí lo que ahora juega a favor es el aumento de las precipitaciones, de manera que las áreas semiáridas se comportan como subhúmedas o húmedas".^(*)

Tomado de: ^(*) R. P. C. Morgan *Silsoe Collage, Granfield University. "EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO".*

Página: 21

Ediciones Mundi-Prensa 1997.

^(*) *Publicación del Diario "La Nación" – Sábado 05 de Julio de 2003.*

1.2- OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

Como objetivo general nos planteamos estudiar la situación actual de una zona de terreno determinada ubicada en el Distrito Carreras, en cuanto a los procesos erosivos que la afectan.

Este estudio permite brindarle al propietario la posibilidad de conocer en detalle, las características físicas y geométricas de su inmueble de una forma ordenada y bien definida, sin olvidar que se incluyen además, las características edafológicas del terreno, permitiendo informar completamente al propietario acerca de las cualidades, calidades y deficiencias que puedan tener sus tierras para un determinado uso, pudiendo ser estos de carácter agropecuario, civil, etc.

Para concretar lo anteriormente expuesto, planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un relevamiento planialtimétrico de la zona de terreno para conocer la topografía del mismo.
- Realizar un perfil longitudinal a lo largo del camino frentista.
- Estudiar los procesos erosivos que afectan la zona.
- Analizar los posibles métodos para controlar los procesos erosivos existentes.
- Elección del método de control de erosión a aplicar en el terreno.
- Confección de un Modelo Digital de Terreno.
- Confección de un Mapa de Curvas de Nivel.
- Cálculo de la pérdida de suelo por erosión pluvial.

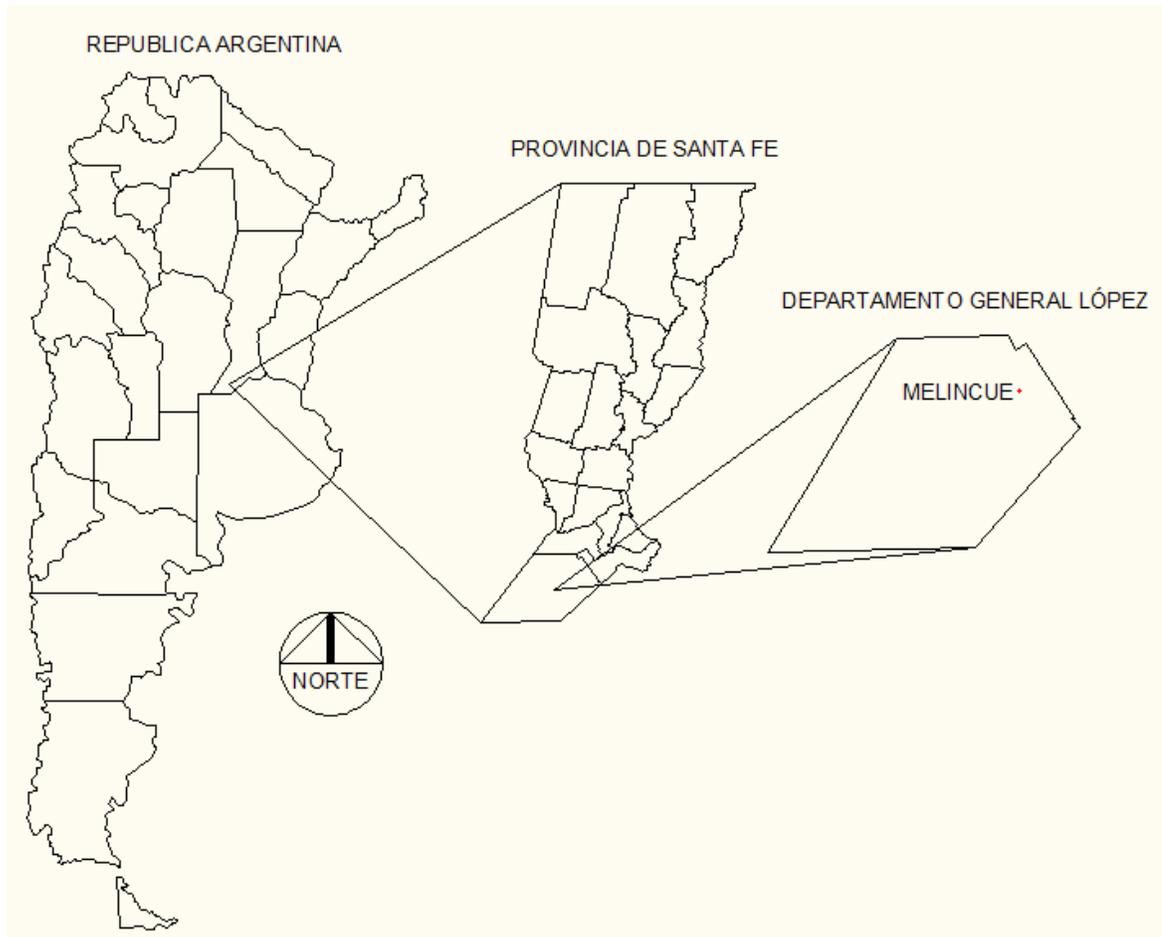
2- ASPECTOS GENERALES

2.1- MARCO REFERENCIAL

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona relevada si bien pertenece al Distrito Carreras, se encuentra en las cercanías de la ciudad de Melincué.

Melincué (Estación San Urbano) es una localidad de la Provincia de Santa Fe de la República Argentina (*Figura 1*). Es cabecera del Departamento General López y se encuentra a 117 Km de Rosario y a 287 Km. de la ciudad de Santa Fe. La Comuna fue creada el 3 de septiembre de 1886 por ley provincial.



(Figura 1)

Enclavada en plena zona sojera, su principal actividad económica es la agricultura y la ganadería, su cercanía al puerto de Rosario, como a principales polos agrícolas como Venado Tuerto y Pergamino, le permiten desarrollar a gran escala esta actividad, pero la esencia de este pueblo recae sobre otro recurso económico que incurre sobre la explotación turística de su laguna.

Convertido en uno de los puntos turísticos más importantes de la Provincia de Santa Fe desde la década del 30 gracias a su laguna de aguas saladas y al imponente hotel instalado en una de sus islas, Melincué estuvo marcada por las constantes inundaciones generadas por el

crecimiento desmedido de ese imponente espejo de agua. Después de haber llegado a un pico poblacional de 5500 habitantes, las últimas grandes crecidas de la laguna dejaron una población que no alcanza las tres mil personas. Sin embargo, las perspectivas de resurgimiento del pueblo (a partir de la instalación de dos estaciones de bombeo que evitan nuevas inundaciones) permiten pensar en la reinstalación de la localidad como centro turístico. El sistema de bombeo, garantiza el nivel de agua en la cota 82,50 m; con dos desagües de aducción y estaciones de bombeo, el agua sortea los 8 m de desnivel y descarga en el canal San Urbano, quedando el agua 1 m por debajo del hotel, recuperando la isla y 13.000 Has. privadas aledañas a la laguna. Justo frente a los restos del malogrado edificio, se inauguró en septiembre de 2007 otro hotel, pero con casino. La obra permite captar turistas de la región y volver a darle una oportunidad al pueblo.

2.2- NATURALEZA DEL AREA

RASGOS FISIOGRAFICOS

“Los movimientos tectónicos verticales han contribuido a modificar el trabajo erosivo de los ríos y por lo tanto la estratigrafía de sus valles. También ha regido en cada caso la formación de la geomorfología de los bloques pampeanos.

Los movimientos tectónicos de ascenso y descenso son los que contribuyeron en mayor proporción en la distribución estratigráfica de los valles fluviales.

Debemos considerar a la llanura chaco-pampeana como una amplia cuenca de subsidencia, que se extiende desde las sierras pampeanas al oeste y las montañas de Brasil al este. Las presiones laterales que soportó esta cubeta fracturaron longitudinalmente su fondo rígido, movimiento que se fue atenuando en los terrenos sedimentarios hasta llegar a la superficie. Una de estas fallas longitudinales abrió el cauce del río Paraná; las otras, hacia el Oeste, dividieron la llanura pampeana en tres bloques principales: Pampa Elevada, Pampa Hundida y Pampa Levantada.” (*Figura 2*)

La zona en estudio que nos preocupa se encuentra ubicada en el bloque hundido que conforma la Pampa Hundida.

“La Pampa Hundida comprende una faja longitudinal que ocupa la parte media de la llanura pampeana. Por una característica de hundimiento los ríos no se encajan sino que divagan en esta llanura, sedimentando depósitos de arena fina y limos, con lo que paulatinamente van levantando su lecho. Además, esta llanura presenta escaso declive, lo que permite también la formación de lagunas y bañados, donde muchos cursos de agua terminaron su recorrido.

Durante el Pampeano Medio este bloque recibió bastante humedad atlántica, lo que permitió una vegetación más desarrollada y alimentó numerosos cursos de agua que lo surcaron, concurriendo en su mayoría como afluentes de los cursos principales.

El Pampeano Medio fue un período en el cual la superficie del bloque era húmeda, con variada vegetación de pradera y con bosques ribereños en galería.

El Pampeano Superior fue un período donde la humedad no era tan acentuada, la vegetación arbórea fue disminuyendo y la pradera evolucionando hacia la estepa.

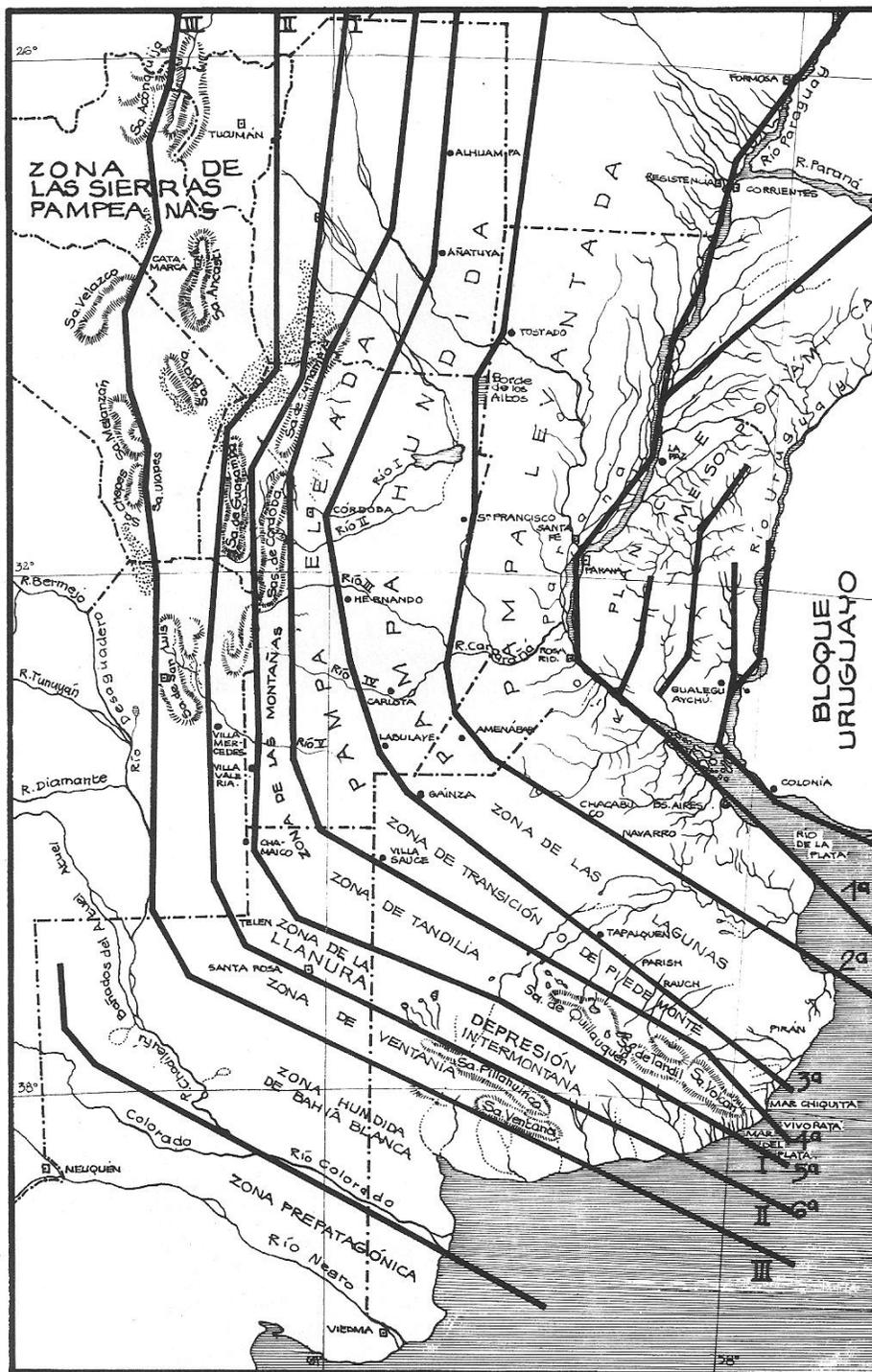
En el bloque de la Pampa Hundida aparecen numerosos lagos y lagunas y algunos esteros, cubetas que aún en nuestros días no se hallan totalmente extinguidas.

En los tiempos postpampeanos, en este bloque, se realizó un cambio fundamental, tanto en el relieve como en la vegetación y el clima. Las precipitaciones atmosféricas disminuyeron enormemente y la vegetación de pradera pasa a una estepa de gramíneas que provoca bruscamente la extinción de la fauna herbívora gigante. En general, se produjo un terraplenamiento de la llanura por el activo aluvionamiento de los ríos.” (*)

(*) Tomado de: Estratigrafía y génesis de los valles fluviales en los bloques tectónicos pampeanos

Página: 5 a 14

Autor: Alfredo Castellanos.



(Figura 2)

Fig. tomada de: Estratigrafía y génesis de los valles fluviales en los bloques tectónicos pampeanos.

Página: 3

Autor: Alfredo Castellanos.

3- NOCIONES GENERALES

Para llevar a cabo este trabajo se debieron tener en cuenta distintos conceptos que son de utilidad para la comprensión del mismo. Éstos se expresan a continuación:

3.1- ASPECTOS GEODESICOS

➤ SISTEMA DE REFERENCIA

Un Sistema de Referencia es una terna de ejes coordenados construido de manera tal que permita describir cuantitativamente la posición y el movimiento de puntos pertenecientes a un conjunto físico.

A los fines prácticos, un sistema de referencia se materializa mediante un conjunto de puntos de referencia para los cuales se determinan las coordenadas y, si correspondiera, los movimientos. Es claro que tales coordenadas han surgido de un cierto proceso de medición estando, por lo tanto, afectadas de errores.

➤ MARCO DE REFERENCIA:

Es el resultado de la materialización de un sistema de referencia por medio de un conjunto de puntos de referencia para los cuales se han determinado coordenadas y, eventualmente, movimientos.

➤ SISTEMA DE COORDENADAS:

Determina la forma de describir y observar el movimiento en cada marco de referencia.

➤ ELIPSOIDE DE REVOLUCION

Desde el punto de vista geométrico, las coordenadas cartesianas, aunque son adecuadas para el cálculo, no proporcionan una idea clara e inmediata de la posición de los puntos sobre la superficie terrestre. Por esa razón, en geodesia, es usual referir la posición espacial de puntos a una superficie que aproxime la forma de la Tierra. En ese sentido se define como superficie geométrica de referencia la que corresponde a un elipsoide de revolución.

La forma y dimensión del elipsoide de revolución terrestre queda determinada por dos parámetros (a: semieje mayor y b: semieje menor), además es necesario definir su ubicación y orientación.

Tanto su forma y dimensiones, dadas por a y b, como su ubicación y orientación se obtienen tratando de ajustarlo de la mejor manera posible al geoide, que es una superficie equipotencial (superficie de igual potencial) coincidente con el nivel medio del mar. El centro del elipsoide coincide así con el origen del sistema cartesiano y el semieje menor con el eje Z. Es posible entonces obtener las coordenadas elipsóidicas o geodésicas B, L y h (*Figura 3*). De esta manera cada sistema de referencia geodésico tendrá asociado un elipsoide de revolución.

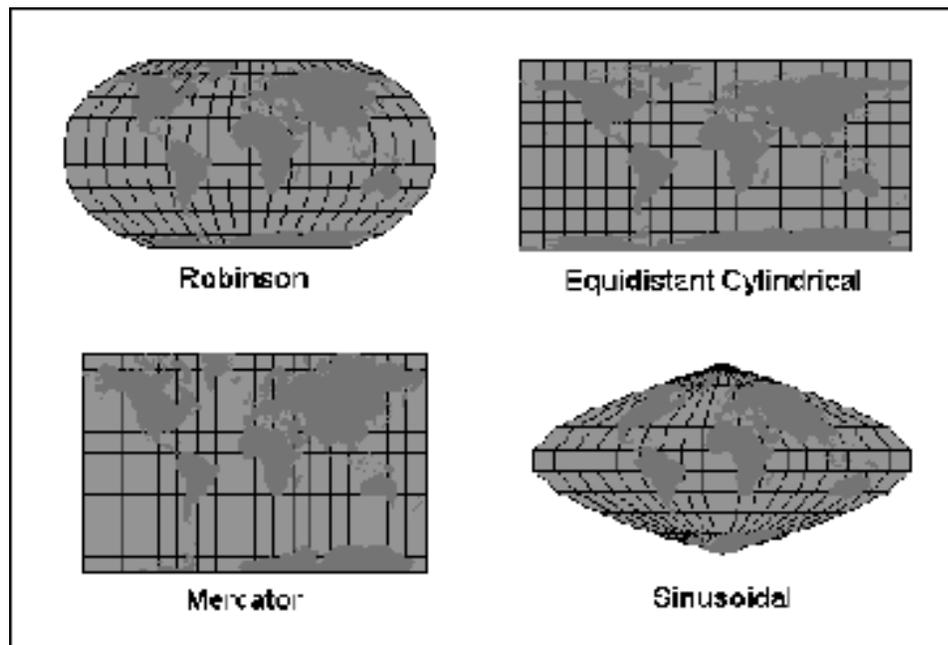
Las coordenadas geodésicas del punto P se definen de la siguiente manera:

➤ COORDENADAS PLANAS

Debido a que resulta difícil realizar mediciones en un sistema de coordenadas esféricas, la información geográfica se proyecta en un sistema de coordenadas planas.

Las localizaciones son identificadas por coordenadas (x,y) en una grilla. Cada posición tiene dos valores que están en relación con la localización central, una especificando su posición horizontal y la otra su posición vertical. La ventaja de los sistemas planos es que las medidas de longitud, ángulos y áreas son constantes a lo largo de las dos dimensiones, pero este proceso de aplanamiento de la tierra crea distorsiones en distancia, área, forma, y dirección. El resultado es que todos los mapas planos están distorsionados en algún grado en estas propiedades espaciales.

Afortunadamente, hay muchas proyecciones cartográficas (*Figura 4*). Se distinguen por su idoneidad para representar una porción y una cantidad particular de la superficie terrestre, y por su habilidad para preservar distancia, área, forma, o dirección. Algunas proyecciones cartográficas minimizan la distorsión en una propiedad a costa de otra, mientras que otras se esfuerzan para balancear la distorsión total.

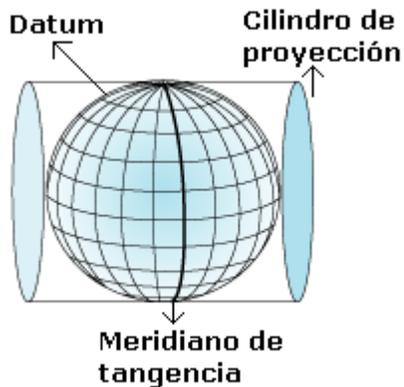


(Figura 4) Cada una de estos planisferios utiliza una proyección cartográfica distinta. Diferentes proyecciones causan diferentes distorsiones.

- SISTEMA GAUSS KRÜGGER

El sistema Gauss Krügger es una proyección Conforme. Divide el globo en zonas de 3 grados cada una. De este modo la tierra queda dividida en 120 fajas, de las cuales 7 le corresponden a Argentina. Convencionalmente para la cartografía oficial, el eje de las x se orienta en el sentido de las latitudes y el de las y en el sentido de las longitudes.

El meridiano central de cada faja constituye el eje a partir del cual se define la posición horizontal de un punto. Con el fin de evitar valores negativos en los sectores que se localizan al oeste del meridiano, se asigna a cada meridiano central un valor de 500.000 (falso este) en lugar de 0. A este valor se antepone el número correspondiente a cada una de la fajas. Así en el caso de Santa fe, que le corresponde el meridiano central -60 (faja 5), tiene como coordenada de origen 5.500.000. El Polo Sur es el punto de partida a partir del cual se define la posición vertical de un punto, midiendo la distancia en metros.



Nº de faja	Longitud de tangencia	Falso Este
1	-72	1500000
2	-69°	2500000
3	-66°	3500000
4	-63°	4500000
5	-60°	5500000
6	-57°	6500000
7	-54°	7500000

- SISTEMA DE REFERENCIA DE SANTA FE

El Sistema de Catastro e Información Territorial (S.C.I.T.) de la provincia de Santa Fe constituye la base de datos de referencia para la ordenación territorial y la orientación de las distintas políticas.

El Sistema de Catastro e Información Territorial se ha estructurado como un sistema horizontal, que contiene una serie de subsistemas conectados entre sí que utilizan bases de georreferenciación comunes, en el que cada departamento de la Administración Regional genera y mantiene la información, siendo el S.C.I.T. el instrumento integrador y difusor de la información con proyección en el territorio.

La provincia de Santa Fe adoptó para la creación del S.C.I.T. un sistema de proyección Gauss Krügger faja 5 extendida, es decir, admitiendo cierto margen en la deformación sobre datos territoriales pertenecientes a la parte oeste de la provincia, pero con la ventaja de tener un sistema de extensión continua. Para ello cuenta con una red geodésica provincial apoyada sobre la red Posgar 94. (Figura 5)

Los parámetros del sistema de proyección son:

Elipsóide o Datum: WGS 84

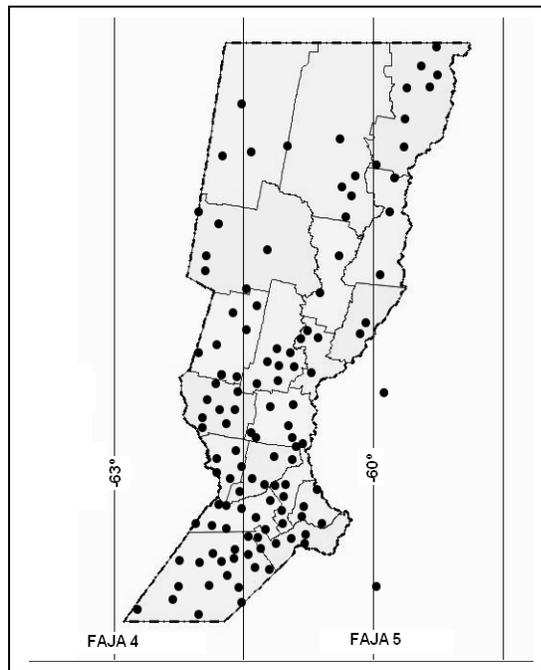
Meridiano Central: -60°

Falso Este: 5.500.000 mts.

Latitud del origen: -90°

Falso Norte: 0 mts.

Factor de escala: 1



(Figura 5) Puntos fijos de la red geodésica provincial

➤ **GEOREFERENCIACION**

Se llama georreferenciación al conocimiento de la posición de un punto con respecto de un sistema único mundial. Permite correlacionar la información proveniente de distintas épocas, distintas fuentes y distintos temas, haciendo posible producir sistemas de información de enorme potencialidad, como los llamados SIG.

3.2- ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

➤ CARTA TOPOGRAFICA:

Es la representación gráfica de parte de la superficie terrestre en la que existe una relación métrica con las magnitudes reales a través de ecuaciones de representación y que incluye, mediante el empleo de determinada simbología, la configuración del terreno (relieve), otros accidentes naturales (como corrientes de agua, lagos), la vegetación natural, los cultivos y otras obras realizadas por el hombre (como edificios, carreteras, canales, etc.).

La característica esencial de la carta topográfica es la representación del relieve. Para representar las elevaciones y depresiones de la superficie terrestre se han creado varios sistemas: el de colores, sombreado, el fisiográfico, entre otros.

En general se exige que un sistema cumpla con algunas de las siguientes condiciones:

- Que dichas formas se destaquen a simple vista.
- Que su expresión corresponda a determinada precisión.
- Que permita calcular aproximadamente la cota de cualquier punto.
- Que se pueda aplicar sobre la planimetría sin disminuir su visibilidad.
- Mostrar directamente las formas del terreno.

El método más común es el de curvas de nivel (o curvas horizontales).

➤ CURVAS DE NIVEL:

Un mapa de Curvas de Nivel es un producto cartográfico donde, sobre la planimetría de fondo, se ubica su objetivo principal, que es la altimetría.

Se denominan curvas de nivel a las líneas que, marcadas sobre el terreno, desarrollan una trayectoria que es horizontal en altura, es decir, que unen puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia.

Por lo tanto podemos definir a una línea de nivel como la representación de la intersección de una superficie de nivel con el relieve del terreno.

En un plano las curvas de nivel se dibujan para representar intervalos de altura que son equidistantes sobre un plano de referencia. Esta diferencia de altura entre curvas recibe la denominación de "equidistancia".

De la definición de las curvas podemos citar las siguientes características:

- Las curvas de nivel no se cruzan entre sí.
- Deben ser líneas cerradas, aunque esto no suceda dentro de las líneas del dibujo.
- Cuando se acercan entre sí indican un declive más pronunciado y viceversa.
- La dirección de máxima pendiente del terreno queda en el ángulo recto con la curva de nivel.

➤ CUENCA HIDRICA:

Es la superficie de terreno que aporta agua a un mismo colector hídrico.

➤ **VENAS DE ESCURRIMIENTO DE AGUA:**

Son zonas del terreno a través de las cuales el agua se dirige de un lugar a otro, erosionando el terreno y por lo tanto marcándolo de una manera muy característica.

➤ **DIVISORIA DE CUENCAS:**

Es la unión de los puntos del terreno que dividen la cuenca en estudio de sus vecinas inmediatas. Este límite puede determinarse por relevamiento o por interpretación de las curvas de nivel. La cuenca debe cerrarse en un punto de concentración.

➤ **PUNTO DE CONCENTRACION:**

Es un lugar de la cuenca sobre la vena de escurrimiento elegida como colector principal donde se decide cerrar la cuenca. Este punto puede ser el lugar de aporte a otro curso, laguna, etc., o bien un punto de intersección de un camino existente o en proyecto el cual definirá el cierre artificial de la cuenca para el cálculo de la superficie y su caudal.

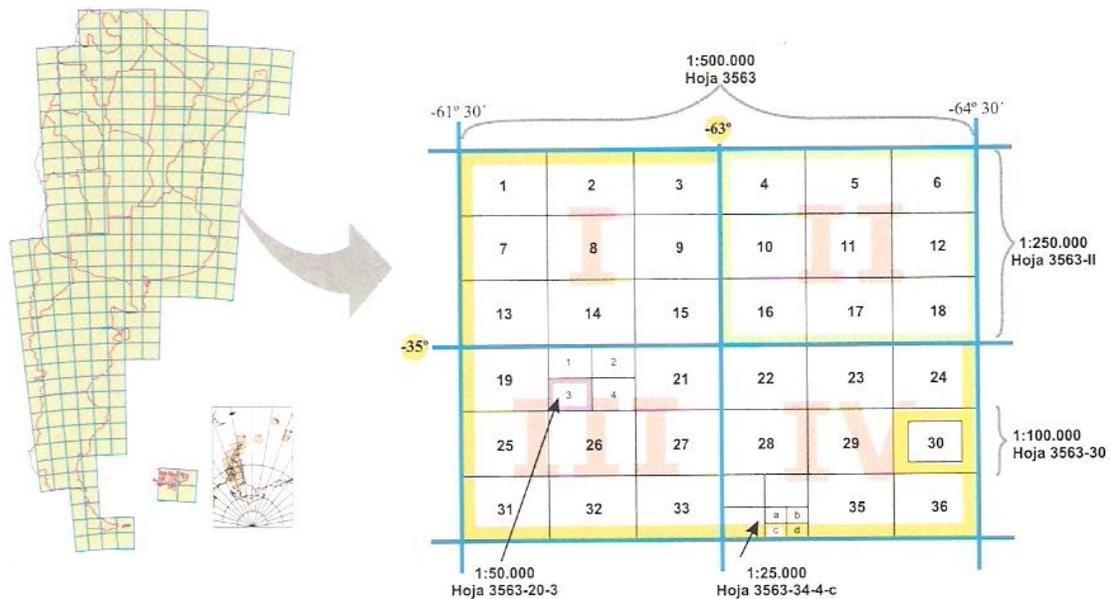
3.3- ASPECTOS CARTOGRAFICOS

➤ **IGN (Instituto Geográfico Nacional):**

“En los tiempos más tempranos, las oficinas militares tuvieron especial interés en cartografiar las zonas que reconocían como fronteras indígenas en pequeña y mediana escala. Esta cartografía servía tanto para las maniobras militares como para la propaganda de las acciones políticas orientadas a la organización productiva de los territorios que se encontraban nominalmente bajo soberanía estatal.

Casi simultáneamente a este proceso de ocupación militar de los territorios indígenas se estaba desarrollando una red de comunicaciones, cuya infraestructura estimulo y también requirió de la confección de la Cartografía. Esto explica el relevamiento de hojas que seguían el itinerario de las vías.

Las zonas correspondientes a casi todas las capitales de provincia de la Argentina fueron cubiertas en todas las escalas. Pese a la extensión del territorio argentino y a los problemas presupuestarios, en el caso de las escalas 1:100000, 1:250000 y 1:500000 la cobertura supera el 85% del territorio nacional. (*Figura 6*)



(Figura 6)

➤ RED GRAVIMETRICA

En la Argentina, la red gravimétrica ⁽¹⁾ articula subredes de diverso orden:

- Red de orden cero: compuesta por 5 puntos de gravedad absoluta que fueron medidos en dos etapas en los años 1989 y 1991
- Red de primer orden: compuesta por 86 puntos, fue medida en 1968.
- Red de segundo orden: es coincidente con la red de nivelación de alta precisión. En 1998 se completó la medición gravimétrica de los 15905 puntos que integran la citada red, los que están disponibles en el Instituto.
- Red de tercer orden: esta constituida por parte de la red de nivelación topográfica. Hasta el presente se midieron 2175 puntos.

El total de los puntos gravimétricos medidos por el IGN hasta el 2001 es de 18248.

⁽¹⁾ La Gravimetría estudia los fenómenos relacionados con la fuerza de gravedad terrestre. Ésta varía de un lugar a otro por diferencia en la masa y/o en la densidad de las rocas presentes. Su estudio permite inferir la composición de la corteza terrestre y la forma de la Tierra. A la vez que aporta información para diversos fines económicos, ya que permite identificar yacimientos de minerales metálicos, así como petrolíferas.

➤ RED ALTIMETRICA

La red Altimétrica ⁽²⁾ refiere al nivel medio del mar y esta conformada por 87529km de nivelación de alta precisión, por 72805km de nivelación topográfica y 3250km de nivelación auxiliar para apoyo fotogramétrico.

(2) La Altimetría es la parte de la Topografía que se dedica a la determinación de los valores de las alturas del relieve medida sobre el nivel del mar. Estas mediciones requieren la determinación de un Datum altimétrico, que es el cero al cual se van a referir todas las alturas.”
(*)



Diversos puntos materializados por el IGN

(*) Texto y figuras tomados de: Instituto Geográfica Nacional – IGM 130 años IGN – 1ª ed. – Buenos Aires, Noviembre de 2009.
Páginas: 82, 83, 84 y 85.

➤ **MODELOS DIGITALES DE TERRENO**

Una definición bastante generalizada de “modelo” es: “Una representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades”.

De la definición se deduce que la versión de la realidad que se presenta, de forma simple y comprensible a través de un modelo, pretende reproducir algunas de las propiedades del sistema original, o del objeto, que quedará representado por otro objeto o sistema de menor complejidad.

Para que los modelos puedan “decirnos algo” sobre el objeto que representan, es necesario que se constituyan estableciendo una relación con la realidad, es decir, una relación de correspondencia entre el objeto real y el modelo.

En particular cuando se habla de “Modelos Digitales”, ya está condicionando la forma de representación de ese Modelo. Y cuando además se menciona “de terreno”, se está caracterizando el “objeto” del que se habla.

Se denomina Modelo Digital de Terreno al conjunto de puntos definidos por sus coordenadas espaciales, que representan o tratan de representar, una superficie de terreno.

Hoy con la ayuda de computadoras personales, la técnica de MODELACION DIGITAL nos brinda un recurso muy importante para la autorización de este proceso aplicable en múltiples campos para la representación de superficies.

La definición de Modelo Digital de Terreno que se menciona es “una representación estadística de la superficie continua del terreno, mediante un número elevado de puntos selectos con coordenadas X, Y, Z conocidas, en un sistema de coordenadas arbitrario”.

Para las aplicaciones topográficas, la técnica de Modelación Digital de Terreno (MDT) mencionada, es un importantísimo recurso para la automatización del proceso. De él se derivan curvas de nivel, planos de puntos acotados, perfiles, vistas espaciales de terreno, y otras.

- Captura de datos

Para conseguir los datos X, Y, Z, conocemos métodos básicos que podemos dividir en dos grupos:

Los “directos”: las medidas se realizan directamente sobre el terreno real. Ejemplos:

- Planimetría: mediante los métodos de poligonación, radiación, intersecciones directas (triangulación) o inversas (Ej.: Pothenot)
- Altimetría a través de nivelaciones geométricas o trigonométricas.
- GPS.
- Levantamientos taquimétricos, ya sean estadísticos o con teodolitos y distanciómetros, o con las Estaciones Totales.

Los “indirectos”: la medida es estimada a partir de documentos previos. Ejemplos:

- Restitución a partir de imágenes: Satelitales, fotografías convencionales de interferencias de sensores radar.
- Digitalización de planos topográficos.

➤ **SOFTWARE.**

SURFER

Surfer es un programa de representación gráfica tridimensional, que puede interpolar datos irregularmente espaciados en XYZ y producir sus propios archivos de grilla.

Éste permite además insertar información adicional en los mapas, combinar varios de ellos, mediante la superposición de los mismos, adicionar textos, etc.

SURFER genera archivos de grillas y crea mapas de curvas de nivel o en tres dimensiones.

Estos archivos se obtienen mediante métodos de interpolación, a partir de los datos XYZ resultantes, por ejemplo de relevamientos planialtimétricos realizados, digitalización de planos, etc.

4- ESTUDIO EDAFOLOGICO

4.1- ESTUDIO DEL PERFIL DEL SUELO

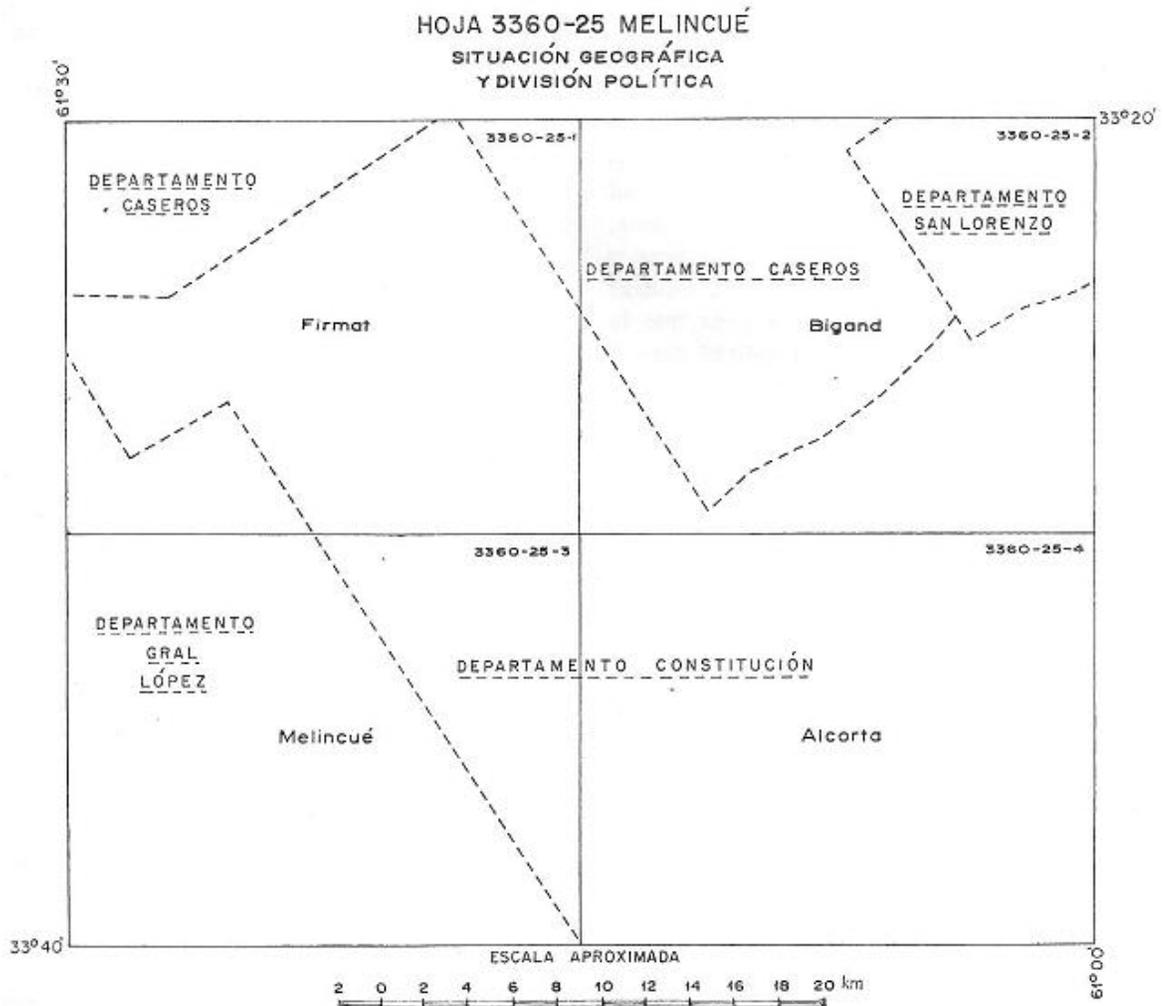
FINALIDADES DE LAS CARTAS DE SUELOS

“El conocimiento del suelo, de su aptitud para el uso y del área que ocupa es fundamental para planificar racionalmente su utilización. La finalidad de las cartas o mapas de suelos es, precisamente, divulgar conocimientos sobre las características y propiedades de los suelos de una región, mostrar su distribución geográfica, clasificarlos taxonómicamente y también de acuerdo con su aptitud para el uso y dar a conocer recomendaciones de manejo.” (*)

Las Cartas De Suelos son documentos que contienen una serie de mapas que muestran la distribución geográfica de los distintos tipos de suelo dentro de un área o región, donde se describen las características de esos suelos, se los clasifica de acuerdo a las capacidades y limitaciones que presentan para su uso.

Cada publicación que forma parte de la *Serie Cartas de Suelos de la República Argentina* está compuesta por cuatro cartas a escala 1:50.000, impresas sobre fondo aerofotográfico (mosaicos), o sobre fondo de imagen satelital, que cubren un área aproximada de 170.000 hectáreas entre las cuatro, más un texto o memoria explicativa. Cada una de estas hojas se corresponde con los mapas topográficos del Instituto Geográfico Militar (IGM) a la misma escala.

Nuestro sector de trabajo se encuentra ubicado en la hoja 3360-25 MELINCÚE, la situación geográfica de la misma puede observarse en la siguiente figura (*figura7*):



(Figura 7)

(*) Tomado de: Carta de Suelos de la República Argentina – Hoja 3360-25 MELINCÚE – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Buenos Aires 1974 -.

Página: 3

El siguiente estudio está destinado a profundizar el conocimiento de las características del suelo de la zona en cuestión, para contribuir con el adecuado manejo del mismo, aumentando así su nivel de aprovechamiento. Además resulta de gran utilidad en las tareas de divulgación, asesoramiento y manejo de campos; como así también en proyectos de construcción de caminos, edificios y otras obras para las cuales necesitan datos sobre propiedades de los suelos.

“La información suministrada por los mapas de suelos permite además su interpretación con otros importantes fines, entre ellos:

- Determinar la capacidad de uso de las tierras y estimar su productividad bajo determinado nivel de manejo.

- Planificar el uso racional del suelo a distintos niveles (regional, subregional y de predio), permitiendo adecuar las prácticas de manejo y conservación que exigen las distintas clases de tierras, para una mayor y sostenida productividad agrícola.
- Determinar las áreas de recuperación económica afectadas por erosión, salinidad, alcalinidad, deficiente drenaje, etc.

La Carta de Suelos de la República Argentina que publica el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) está destinada a dar a conocer los resultados de los estudios de campo, gabinete y laboratorio efectuados en un área, presentándolos en forma de mapas de suelos a diversas escalas y de textos explicativos. " (*)

Llamamos Serie de Suelos al grupo homogéneo de suelos desarrollados sobre un mismo material originario y donde la mayor parte de las características son similares entre sí.

Cada serie de suelos se identifica con un nombre tomado de alguna localidad, paraje o estancia de los alrededores del lugar donde dicho suelo se haya mejor representado o fue primeramente estudiado.

En lo que respecta a nuestra área de trabajo, la misma corresponde a la Serie Hughes.

Serie Hughes

“Es un suelo oscuro, profundo, con aptitud agrícola en un paisaje de lomas extendidas, con buen drenaje, se ha desarrollado a partir de un sedimento loésico de textura franco limosa gruesa, no alcalino, no salino, con pendientes que no superan el 0-1 %.

Clasificación Taxonómica: Argiudol Típico, Limosa fina, mixta, térmica (USDA- S. Taxonomy V. 2006).

Descripción del perfil típico: : 6/1075 C. Ubicación 3360-31-1, Hughes

A	0-21 cm; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques angulares y subangulares medios moderados; ligeramente duro; friable; ligeramente plástico; límite inferior claro, suave.
Bat	21-33 cm; pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas irregulares medios moderados que rompe en bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; barnices ("clay skins") abundantes, finos; límite inferior claro, suave.
Bt1	33-51 cm.; pardo a pardo oscuro (75YR 4/2) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas irregulares medios moderados que rompe en prismas irregulares finos y en bloques angulares medios moderados; friable; plástico, adhesivo; barnices ("clay skins") de color pardo oscuro abundantes, finos; límite inferior gradual, suave.
Bt2	51-82 cm; pardo a pardo oscuro (75YR 4/3) en húmedo; franco arcillo limoso; prismas irregulares medios moderados que rompe en prismas irregulares y bloques angulares medios moderados; firme; plástico, adhesivo; barnices ("clay skins") de color pardo oscuro muy abundantes, medios; límite inferior gradual, suave.
BC	82-103 cm; pardo a pardo oscuro (7,5YR 4/4) en húmedo; franco limoso a franco arcillo limoso; prismas irregulares medios débiles que rompe en bloques subangulares medios moderados; friable; ligeramente plástico; ligeramente adhesivo; barnices ("clay skins) de color pardo oscuro escasos, finos; débilmente cementado en un 10 % del volumen del horizonte; límite inferior gradual, suave.

C	108-220 cm; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco; limoso; masivo; friable; escasos nódulos cementados; límite inferior abrupto.
Ck	220-240 cm; pardo (7,5YR 5/4) en húmedo; franco limoso; masivo; friable; abundantes microconcreciones calcáreas; escasos nódulos cementados.

Ubicación del Perfil: Latitud S 33° 45' 40'' y Longitud W 61° 22' 30''. Altitud 99 m.s.n.m. a 6 km. al noroeste de Hughes, departamento General López, Provincia de Santa Fe.

Variabilidad de las características: Varían los espesores de los horizontes A y Bt, este último con contenidos de arcilla que puede llegar a un 40 % en perfiles ubicados en el extremo norte de la hoja Colón en la transición hacia series más arcillosas. En algunos perfiles puede aparecer un horizonte calcáreo pulverulento con ligeras cementaciones.

Fases: Por erosión, pendiente y drenaje en diversos grados están descriptos en las unidades cartográficas

Series similares: El Arbolito, Rojas.

Suelos asociados: El Arbolito y La Sofía.

Distribución geográfica: Oeste del partido de Colón, provincia de Buenos Aires y nordeste del departamento General López, distritos de Hughes, Melincué y Carreras, provincia de Santa Fe. Hojas I.G.M. 3360-33-1 y 2; 3360-34-1 y 3360-27 y 28.

Drenaje y permeabilidad: Bien drenado, escurrimiento medio, moderada permeabilidad con un nivel profundo de la capa freática.

Uso y vegetación: Rastrojo de maíz (Zea maíz)

Capacidad de uso: I-1

Limitaciones de uso: Sin limitaciones.

Índice de productividad según la región climática: 100 (A)

Rasgos diagnósticos: Epipedón mólico, Régimen de humedad údico, horizonte argílico.

Datos Analíticos:

Horizontes	A	BAt	Bt1	Bt2	BC	C	Ck
Profundidad (cm)	5-15	21-33	35-50	53-65	85-95	145-165	220-240
Mat. orgánica (%)	3,46	1,50	0,86	0,53	NA	NA	NA
Carbono total (%)	2,01	0,87	0,50	0,50	0,31	0,10	NA
Nitrógeno (%)	0,174	0,097	0,072	0,069	0,047	NA	NA
Relación C/N	11	9	7	7	NA	NA	NA
Arcilla < 2 μ (%)	24,2	29,0	34,9	31,7	26,8	18,4	66,2
Limo 2-20 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-
Limo 2-50 μ (%)	63,4	56,8	52,3	52,8	55,6	62,2	51,5
AMF 50-75 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-
AMF 75-100 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-
AMF 50-100 μ (%)	11,6	13,2	12,4	14,9	16,3	17,7	25,7
AF 100-250 μ (%)	0,8	1,4	0,4	0,6	1,3	1,7	2,4
AM 250-500 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-
AG 500-1000 μ (%)	-	-	-	-	-	-	-
AMG 1-2 mm (%)	-	-	-	-	-	-	-
Calcáreo (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
Eq.humedad (%)	29,3	28,9	30,8	32,4	29,2	22,1	21,8
Re. Pasta Ohms	-	-	-	-	-	-	-
Cond. mmhos/cm	-	-	-	-	-	-	-

pH en pasta	6,2	6,1	6,4	6,2	6,3	6,6	8,0
pH H₂O 1:2,5	7,5	7,5	7,3	7,6	7,6	7,7	8,5
pH KCL 1:2,5	-	-	-	-	-	-	-
CATIONES DE CAMBIO							
Ca++ m.eq./100gr	11,6	10,6	12,6	14,6	13,6	9,8	NA
Mg++ m.eq./100gr	3,2	4,1	5,0	5,7	5,1	5,4	NA
Na+ m.eq./100gr	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
K m.eq./100gr	2,0	1,8	2,0	2,0	2,3	2,4	2,3
H m.eq./100gr	6,7	5,3	5,0	5,5	4,7	3,0	NA
Na (% de T)	1,5	1,4	1,3	1,1	0,8	2,0	1,8
V.S m.eq./100gr	17,1	16,8	19,9	22,6	21,2	18,0	NA
CIC m.eq./100gr	20,3	21,0	23,7	26,3	24,0	19,3	16,6
Sat. con bases (%)	85	80	84	86	88	94	NA
NA: No analizado							

En la cartografía la Serie Hughes ocupa los planos altos que rodean la depresión de Melincué por el norte y a los bajos de Miguel Torres por el sur. Como unidad pura aparece representada con el símbolo Hu. También se han cartografiado aéreas planas, pendientes y microdepresiones, donde este suelo presenta leves síntomas de hidromorfismo y se encuentra en posición inclinada. Se han mapeado así fases por drenaje, pendiente y erosión (símbolos Hu1, Hu1x, Hu2, Hu3, Hu13). También aparece en tres complejos, como suelo menor con otras series (símbolos SU1, SU2, SU8), en los bajos de Melincué.

La serie Hughes se clasifica como un Argiudol típico (familia franca fina, mixta, térmica). Es uno de los suelos más fértiles y productivos.

El símbolo Hu1 corresponde a la Serie HUGHES, fase moderadamente bien drenada, ocupa los planos altos muy suavemente ondulados que se encuentran entre las depresiones de Miguel Torres y Melincué.

El símbolo Hu1x corresponde a la Serie HUGHES, fase moderadamente bien drenada y engrosada, con pendientes de 0 a 0.5%, en estas fases el escurrimiento es lento a muy lento por lo cual pueden sufrir un peligro de anegamiento en el caso de lluvias, tiene la particularidad de presentar un engrosamiento de unos 10cm por la acumulación de material arrastrado desde las partes mas altas.

El símbolo Hu2 corresponde a la Serie HUGHES, fase ligeramente inclinada y moderadamente bien drenada, presenta pendiente de 0.5 a 1% y escurrimiento medio, presenta un ligero hidromorfismo y moteados en los horizontes más profundos, estos suelos pueden ser susceptibles a la pérdida de suelo superficial por erosión hídrica.

El símbolo Hu3 corresponde a la Serie HUGHES, fase ligeramente inclinada y ligeramente erosionada, presenta pendientes de 0.5 a 1% que bordean por el norte la Laguna Melincué, su escurrimiento es medio por lo cual suele sufrir una ligera erosión hídrica debido al arrastre del suelo superficial. En esta unidad los perfiles de la serie se caracterizan por presentar una pérdida de unos 5cm del horizonte más superficial.

El símbolo Hu13 corresponde a la Serie HUGHES, fase moderadamente bien drenada y ligeramente erosionada, esta unidad es una pequeña depresión alargada en el relieve normalmente cóncavo, con pendiente no mayor del 0.5%, los perfiles se hallan levemente

truncados por erosión además de presentar ligero hidromorfismo debido al ascenso periódico de la capa freática hasta 1.5 o 1.8 m de profundidad, el peligro de sufrir mayor erosión es superior a lo normal, el suelo tiene moteados a 1.3 m de profundidad y ha perdido unos 5cm de su horizonte superficial". (*)

(*) Tomado de: *Carta de Suelos de la República Argentina – Hoja 3360-25 MELINCUE – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Buenos Aires 1974 -*.
Páginas: 35, 36, 37

4.2- ESTRUCTURA DEL SUELO

Se entiende la estructura de un suelo como la distribución o diferentes proporciones que presentan los distintos tamaños de las partículas sólidas que lo conforman, y son:

- Materiales finos, (arcillas y limos), de gran abundancia en relación a su volumen, lo que los confiere una serie de propiedades específicas, como: cohesión, adherencia, absorción de agua, retención de agua.
- Materiales medios, formados por tamaños arena.
- Materiales gruesos, entre los que se encuentran fragmentos de la roca madre, aún sin degradar, de tamaño variable.

Los componentes sólidos, no quedan sueltos y dispersos, sino más o menos aglutinados por el humus y los complejos órgano-minerales, creando unas divisiones verticales denominadas horizontes del suelo.

La evolución natural del suelo produce una estructura vertical “estratificada” a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferenciación se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical.

El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos. La lixiviación, o lavado, la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por adsorción. La otra dimensión es el ascenso vertical, por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. Se distinguen suelos autóctonos, que se asientan sobre su roca madre, lo que representa la situación más común, y suelos alóctonos, formados con una matriz mineral aportada desde otro lugar por los procesos geológicos de transporte.

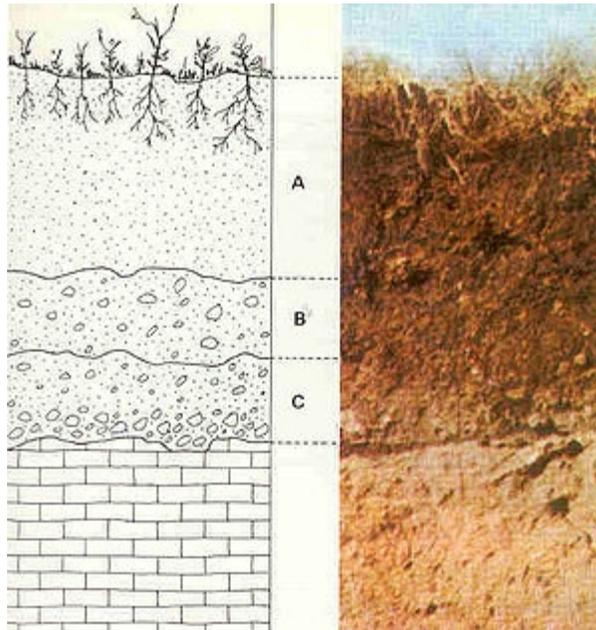
4.2.1- HORIZONTES

Se llama horizontes del suelo a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia, etc. El perfil del suelo es la ordenación vertical de todos estos horizontes.

Clásicamente, se distingue en los suelos completos o evolucionados horizontes que desde la superficie hacia abajo son: (*figura 8*)

- **Horizonte O:** Capa superficial del horizonte A.
- **Horizonte A o zona de lavado vertical:** Es el más superficial y en él enraíza la vegetación herbácea. Su color es generalmente oscuro por la abundancia de materia orgánica descompuesta o humus elaborado, determinando el paso del agua arrastrándola hacia abajo, de fragmentos de tamaño fino y de compuestos solubles.
- **Horizonte B o zona de Precipitado:** Carece prácticamente de humus, por lo que su color es más claro (pardo o rojo), en él se depositan los materiales arrastrados desde arriba, principalmente, materiales arcillosos, óxidos e hidróxidos metálicos, etc., situándose en este nivel los encostramientos calcáreos áridos y las corazas lateríticas tropicales.
- **Horizonte C o subsuelo:** Está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo, más o menos fragmentado por la alteración mecánica y la química (la alteración química es casi inexistente ya que en las primeras etapas de formación de un suelo no suele existir colonización orgánica), pero en él aún puede reconocerse las características originales del mismo.
- **Horizonte D, horizonte R o material rocoso:** es el material rocoso subyacente que no ha sufrido ninguna alteración química o física significativa. Algunos distinguen entre D, cuando el suelo es autóctono y el horizonte representa a la roca madre, y R, cuando el suelo es alóctono y la roca representa sólo una base física sin una relación especial con la composición mineral del suelo que tiene encima.

Los caracteres, textura y estructura de los horizontes pueden variar ampliamente, pudiendo llegar de un horizonte A de centímetros a metros.



(Figura 8)

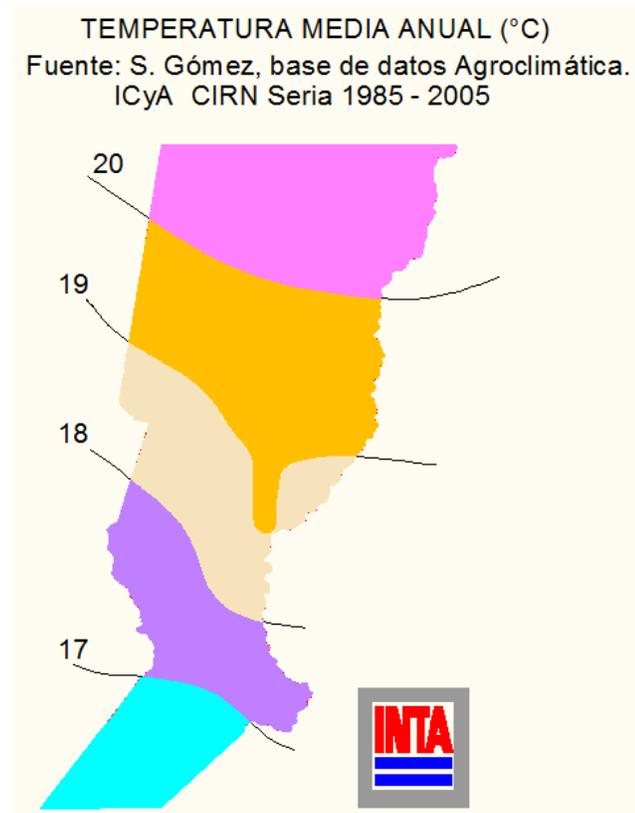
Además de estos horizontes principales, existen los horizontes de transición, los cuales se clasifican en dos clases:

- Horizontes dominados por propiedades de un horizonte principal pero con propiedades subordinadas de otro horizonte. Para este caso se emplea como símbolo dos letras mayúsculas, por ejemplo: AB, es un horizonte que tiene características del horizonte A suprayacente y del horizonte B subyacente, pero es más parecido al A que al B.
- Horizontes mezclados: se emplea como símbolo dos letras mayúsculas separadas por una barra. El primer símbolo corresponde al horizonte que ocupa mayor volumen.

4.3- ANALISIS DE LAS PRECIPITACIONES

CONDICIONES CLIMÁTICAS Y AGROCLIMÁTICAS

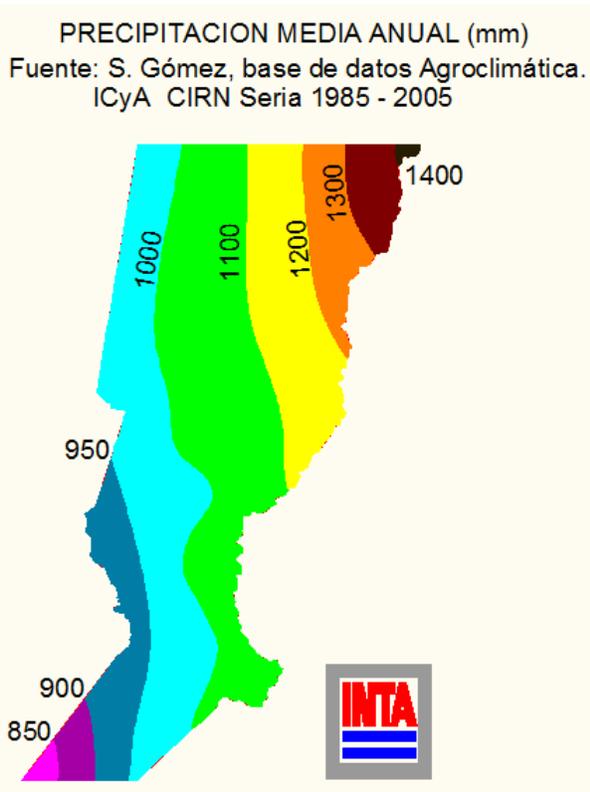
Desde el año 1972, el INTA ha instalado estaciones meteorológicas en la zona, donde se registra diariamente la temperatura máxima, la temperatura mínima, humedad relativa y la precipitación.



La temperatura media anual del suelo de la zona de Melincué a 50cm de profundidad es de 17.9°C. (Carta de Suelos Melincue – INTA)

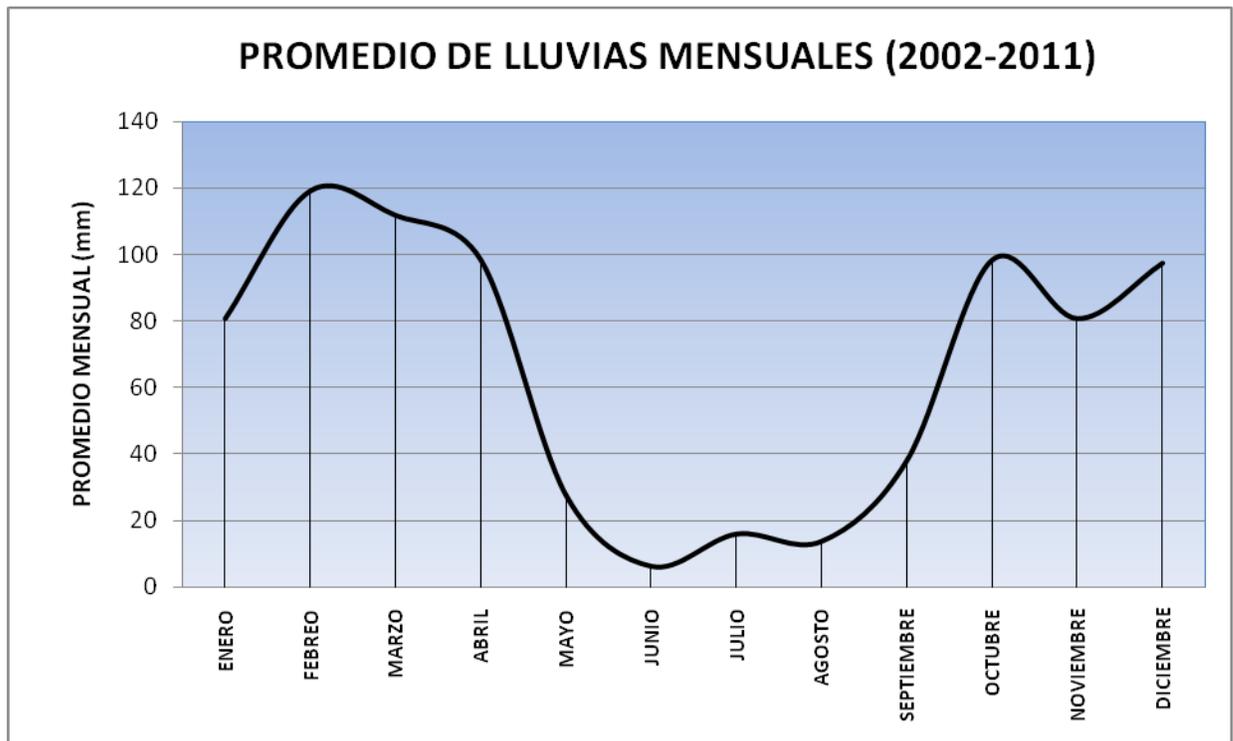
En cuanto a las precipitaciones, obtuvimos información de dos lados.

Primeramente de un trabajo llamado SUELOS y AMBIENTES EN SANTA FE hecho por el INTA (Panigatti, Cruzate y Vivas – 2007) (*figura 9*), y segundo obtuvimos datos de precipitaciones de los diez últimos años (2002-2011) de un registro de lluvias de la Provincia de Santa Fe, Registros Pluviométricos de Santa Fe (Dirección General de Comunicaciones).



(Figura 9)

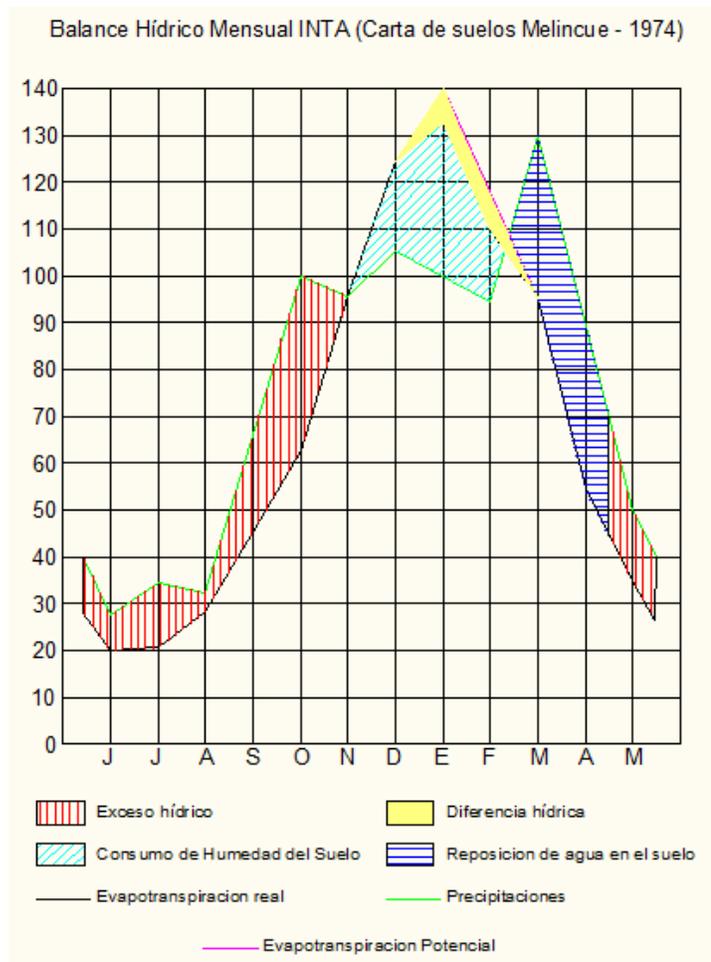
Los datos obtenidos fueron volcados en una tabla, y luego se calculó las medias mensuales y anuales, con lo que concluimos en un cuadro de precipitaciones medias mensuales.



Registro de lluvias obtenido de los Registros Pluviométricos de la Provincia de Santa Fe, Dirección General de Comunicaciones.

En cuanto a los suelos del área considerada, son franco – limosos, medianamente pesados, bien estructurados y de buena capacidad de retención de la humedad que, por lo general, supera los 200mm. Según los cálculos del INTA del balance hídrico mensual para una capacidad de retención de 250mm y 300mm revela que el área se caracteriza por un exceso de las precipitaciones respecto de la evapotranspiración entre los meses de Marzo a Octubre inclusive y por un pequeño déficit en el verano, si bien el valor del mismo como promedio es pequeño, la diferencia de agua suele manifestarse con mas intensidad en algunos años y jugar un papel fundamental en la producción. *(Figura 10)*

Se impone entonces la aplicación de prácticas de manejo de suelo que favorezcan el almacenamiento del agua de lluvia y reduzcan las perdidas por escurrimiento y evaporación. Debido a las condiciones agroclimáticas de la zona, la conservación del agua siempre será beneficiosa y elevara los rendimientos.



(Figura 10)

4.4- ANALISIS DE COBERTURA VEGETAL

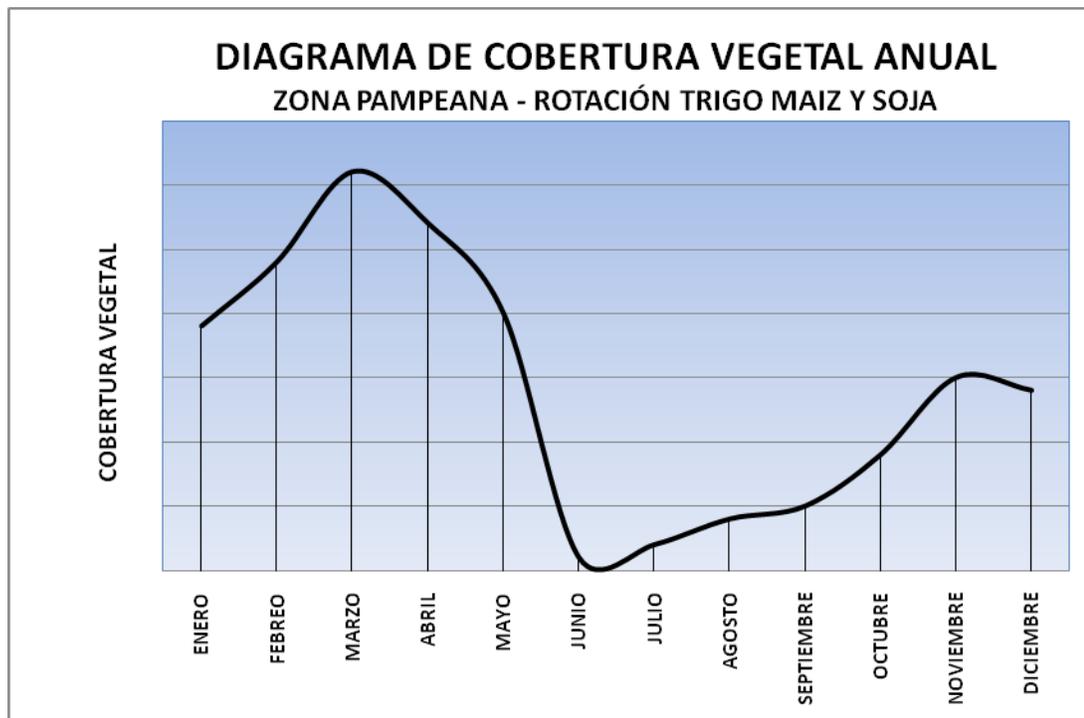
VEGETACION

El área estudiada ha sido originariamente una estepa de gramíneas desprovista de árboles (pastizales pampeanos). La vegetación prístina estaba constituida predominantemente por pastos duros. La fisonomía original ha sido modificada por la acción del hombre (cultivo de forrajeras, cereales, oleaginosas, etc.) y solo quedan restos de la flora aborigen en los terraplenes de los ferrocarriles y caminos y suelos salitrosos. El aspecto fisiológico actual de la vegetación es el de campos con cultivos, bosquecillos artificiales o grupos de árboles en las proximidades de las viviendas y arboledas a lo largo de la carretera.

Es considerable el número de lagunas y cañadas, generalmente con aguas salobres. En todos estos lugares el exceso de sales en el suelo determina una flora halófila y la vegetación constituye un verdadero espejo de las condiciones edáficas.

La agricultura es una de las actividades primarias ya que implica el uso o la extracción de los recursos naturales. Esta actividad ha tomado gran importancia en nuestro país a lo largo de la historia pero principalmente en los últimos años ha tomado gran auge debido al envión que

produce el cambio monetario y los precios internacionales de los granos, esto hace que los productores agropecuarios se centren en un manojo de cultivos que son los más redituables desde el punto de vista económico. En la zona de estudio la gran mayoría realiza la rotación de cultivos de Maíz, Trigo y Soja, debido a que es mucho más conveniente económicamente que otras prácticas agropecuarias o ganaderas; esto no quiere decir que no haya productores que se vuelquen a producir otros tipos de cultivos, o inclusive se vuelquen a la ganadería o al tambo, pero a fin de globalizar para poder estudiar la cobertura vegetal del suelo a través de los meses, generalizaremos en campos típicos que realizan la rotación citada.



FAUNA

Los animales autóctonos, naturalmente escasos en número en esta región, fueron siendo raleados por la expansión agroganadera. Entre la casi extinta fauna autóctona se destacan el venado, el zorrino, el ñandú, el peludo, la mulita, el zorro pampeano, la vizcacha, el puma y el gato de los pajonales.

5- FACTORES EROSIVOS

➤ DISTRIBUCION DE LA EROSION DEL SUELO

“Los factores que determinan la tasa de erosión son la lluvia, la escorrentía, el viento, el suelo, la pendiente, la cobertura vegetal y la presencia o ausencia de medidas de conservación. Se pueden considerar bajo tres aspectos: energía, resistencia y protección.

El aspecto energético incluye la capacidad potencial de la lluvia, la escorrentía y el viento, para provocar el transporte del material superficial. A esta capacidad se la denomina EROSIVIDAD, también están incluidos otros factores que afectan directamente a la potencia de los agentes erosivos, como son la reducción de la longitud de la escorrentía o el recorrido del viento mediante terrazas o cortavientos, respectivamente.

En el aspecto de la resistencia, resulta fundamental el factor de la erosionabilidad del suelo que depende, sobre todo, de sus propiedades mecánicas y químicas. Los factores que favorecen la infiltración del agua en el suelo y, por lo tanto, disminuyen la escorrentía, reducen la erosionabilidad, mientras que cualquier actividad que pulverice el suelo, la aumenta.

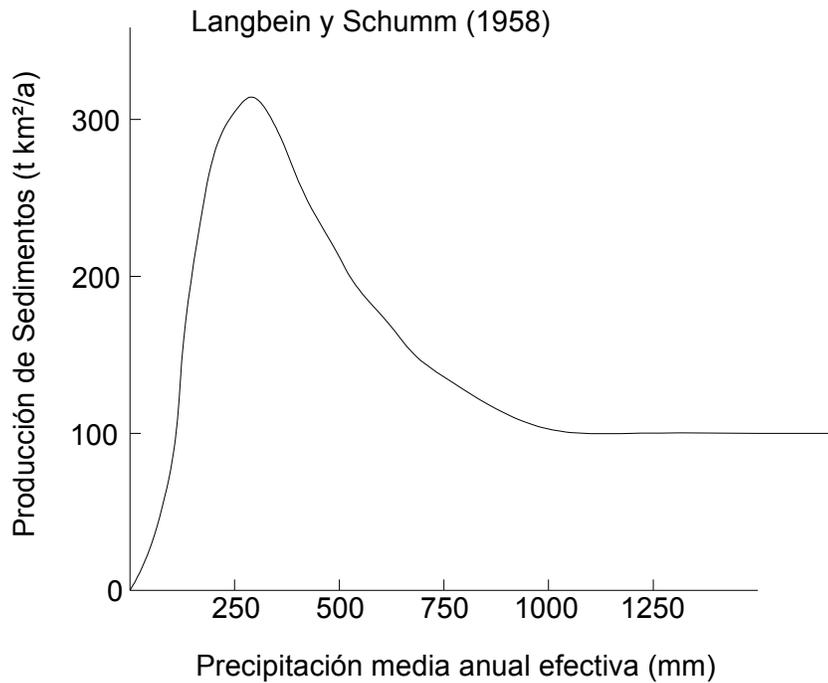
El aspecto de protección se centra en los factores relacionados con la cobertura vegetal, esta puede proteger el suelo de la erosión al interceptar la lluvia y reducir la velocidad de la escorrentía y del viento.

La pérdida de suelo se expresa, habitualmente en unidades de peso o volumen por unidad de superficie y tiempo (t/Ha/año).

Si las propiedades del suelo, como el nivel de nutrientes, la textura y la profundidad se mantienen inalteradas a través del tiempo, se considera que la tasa de erosión está equilibrada con la velocidad de formación del suelo.

Variables espaciales

A escala mundial las investigaciones que relacionan la pérdida de suelo con el clima, muestran que la erosión alcanza el valor máximo en zonas de precipitación efectiva media anual de 300mm. La precipitación efectiva es la requerida para producir una cantidad de escorrentía bajo unas condiciones determinadas de temperatura, al aumentar las precipitaciones medias anuales, también lo hace la cobertura vegetal y se obtiene mejor protección de la superficie del suelo.



Variables Temporales

La mayoría de los geomorfólogos están de acuerdo que la erosión más importante se produce con fenómenos de moderada frecuencia e intensidad, porque los fenómenos extremos o catastróficos son demasiado infrecuentes para contribuir apreciablemente a la cantidad de suelo erosionado cuando se consideran largos períodos de tiempo.

Independientemente de las variaciones asociadas a la frecuencia e intensidad de tormentas aisladas, las tasas de erosión siguen un patrón estacional. La mejor forma de ilustrarlo es cuando se relacionan con un régimen de lluvias. Las épocas más vulnerables para la erosión corresponden a la primera parte de la estación húmeda, cuando la lluvia es importante pero aún no se ha desarrollado suficiente la vegetación para proteger el suelo. En consecuencia el máximo de erosión se precede al máximo de lluvia.

Generalmente el período entre cosecha y siembra presenta el mayor riesgo de erosión si coincide con fuertes lluvias.

➤ PROCESOS Y MECANISMOS EROSIVOS

La erosión del suelo es un proceso de dos fases, las cuales consisten en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y viento. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas, se produce la tercera fase, su deposición.

La salpicadura es el agente más importante para el desprendimiento, por el resultado que provoca el golpeteo de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. El mismo también se disgrega por procesos de meteorización mecánicamente o bioquímicamente, estos procesos liberan partículas que luego son arrastradas por los agentes de transporte.

Los agentes de transporte comprenden los que actúan superficialmente y contribuyen a remover un espesor relativamente uniforme en el suelo y aquellos otros cuya acción se concentra en los cauces. El primer grupo está formado por la salpicadura, la escorrentía superficial en forma de flujo de pequeño espesor y gran anchura, algunas veces denominado flujo laminar, y el viento. En el segundo grupo se encuentran los flujos de agua en pequeños cauces conocidos como regueros que pueden desaparecer por meteorización o laboreo o permanecer como facciones de mayor duración en formas de cárcavas y barrancos.

A estos agentes que actúan externamente, recolectando material y transportándolo sobre la superficie del terreno, deben añadirse los transportes por movimientos en masa como flujos de suelo, deslizamientos y arrastres en los que el agua actúa en el interior del suelo alterando su cohesión.

La severidad de la erosión depende, sobre todo, de la cantidad de material desprendido y de la capacidad de los agentes erosivos para transportarlo.

La energía necesaria para la erosión se presenta en dos formas: potencial y cinética.

La energía potencial (PE) resulta de la diferencia de altura de un cuerpo con relación a otro, es el producto de su masa (m), por la diferencia de alturas y por la aceleración de la gravedad (g).

$$PE = mhg$$

Viene medida en julios ($\frac{kgm^2}{s^2}$). La energía potencial de la erosión se convierte en energía cinética, que es la energía de un cuerpo en movimiento, esta se relaciona con la masa y la velocidad del agente erosivo mediante la siguiente expresión:

$$KE = \frac{1}{2}mv^2$$

También medida en julios. La mayor parte de esta energía se disipa en el rozamiento con la superficie por la que el agente se mueve, de manera que solo entre el 3 y 4 por ciento de la energía de escorrentía y el 0.2 por ciento de la energía de las gotas de lluvia al caer, se consume en erosión.

BASES HIDROLÓGICAS DE LA EROSION

Los procesos de la erosión hídrica están íntimamente relacionados con las rutas que sigue el agua en su paso a través de la cobertura vegetal y su movimiento sobre la cobertura del suelo. Durante una tormenta, parte del agua cae directamente sobre el suelo, bien porque no hay vegetación o porque pasa entre los huecos de ella, a esta fracción de lluvia se la llama precipitación directa. La otra parte de la lluvia que es interceptada por la cobertura vegetal, puede ser evaporada o gotear desde las hojas al suelo, componente que se denomina drenaje foliar, o también puede fluir hasta el piso por los tallos. Las precipitaciones directas y el drenaje foliar son los causantes de la erosión por salpicadura.

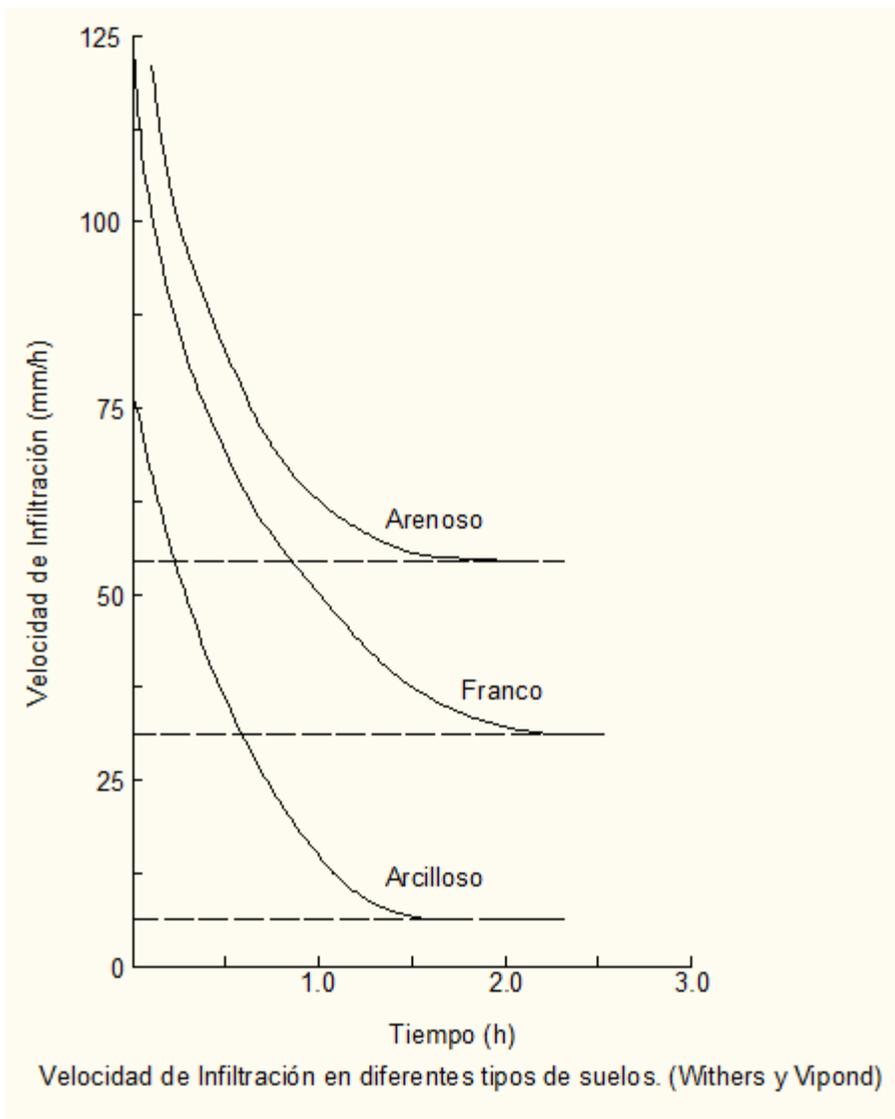
La lluvia que llega al suelo puede almacenarse en pequeñas hondonadas de la superficie o puede infiltrarse en el suelo contribuyendo al contenido de humedad en el suelo, o por percolación, a recargar los acuíferos. Cuando el suelo es incapaz de almacenar más agua, el

exceso se desplaza lateralmente por el interior del suelo y a favor de la pendiente, como flujo subsuperficial o flujo interno, o contribuye a la escorrentía superficial provocando erosión como flujo laminar, o en regueros y cárcavas.

La velocidad con que el agua se infiltra en el suelo se conoce como velocidad de infiltración, el agua se mueve en el interior del suelo por acción de la gravedad y es fijada y retenida por acción de fuerzas capilares formando una pequeña película alrededor de las partículas del suelo. Durante una tormenta, se llenan de agua los espacios entre las partículas de suelo y las fuerzas capilares disminuyen de manera que la velocidad de infiltración comienza alta al iniciarse la tormenta, y disminuye hasta el valor representado por la máxima velocidad estabilizada a la que el agua puede pasar a través del suelo, este valor capacidad de infiltración o velocidad de infiltración final, corresponde teóricamente a la conductividad hidráulica del suelo saturado.

La velocidad de infiltración depende, sobre todo, de las características del suelo. Generalmente los suelos de textura gruesa como los arenosos y franco arenosos tienen velocidades de infiltración más elevadas que los arcillosos, debido al mayor tamaño de los espacios entre las partículas del suelo. La velocidad de infiltración puede variar entre 200mm/h para los arenosos y menos de 5mm/h para los arcillosos compactados.

El comportamiento de la infiltración es bastante complejo en muchos suelos cuyo perfil está constituido por dos o más estratos con diferentes conductividades hidráulicas; la mayor parte de los suelos agrícolas, por ejemplo, tienen un estrato superior alterado por el laboreo y un subsuelo no alterado. Las variaciones en las velocidades de infiltración pueden ser variadas debido a la estructura, compactación, contenido de humedad inicial y forma del perfil del suelo, y densidad de la vegetación. Si la intensidad de la lluvia es menor que la capacidad de infiltración del suelo, no se produce escorrentía superficial y la velocidad de infiltración es igual a la intensidad de la lluvia. Si ésta es superior a la capacidad de infiltración, la velocidad de infiltración iguala la capacidad de infiltración y el excedente forma una escorrentía superficial.



En los suelos agrícolas la capacidad de infiltración varía estacionalmente, en función del cultivo que se ha desarrollado y del tiempo transcurrido, ya que la rugosidad del terreno se reduce por la meteorización y el impacto de la gota de lluvia”.

(*) Tomado de: R. P. C. Morgan Silsoe Collage, Granfield University. “EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO”.

Páginas: 21-24, 27, 28, 33-36

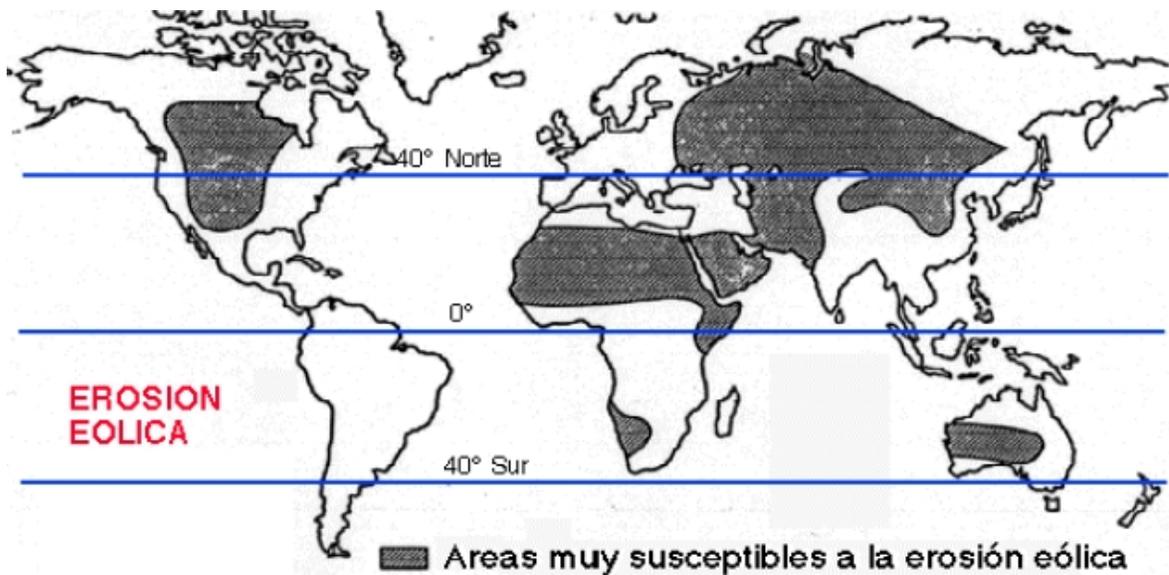
Ediciones Mundi-Prensa 1997

➤ **TIPOS DE EROSIÓN:**

- Por origen:
 - Natural.
 - Antrópica.
- Por agentes causantes:
 - Eólica (por viento).
 - Hídrica (por agua).

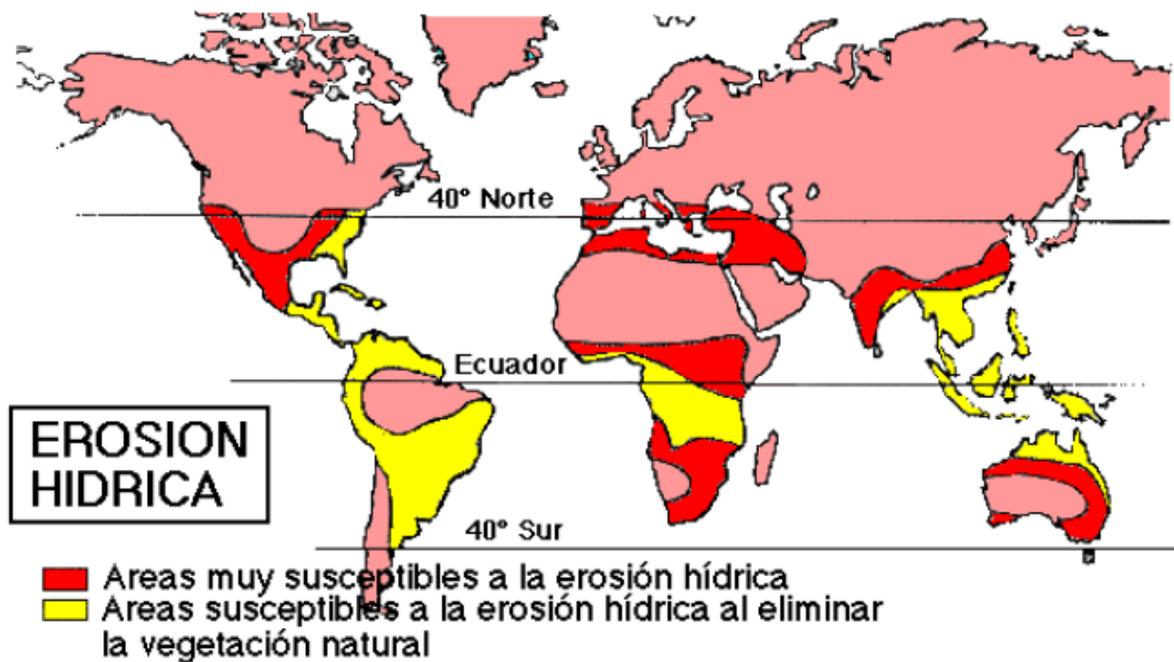
EROSION EOLICA

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento. El viento es un agente de modelado del relieve que puede acarrear grandes cantidades de polvo a través del mundo, pero los granos de arena solo pueden ser transportados a distancias relativamente cortas.



EROSION HIDRICA

La erosión hídrica es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma.



TIPOS DE EROSION HIDRICA:

EROSION LAMINAR

Es una erosión superficial. Después de una lluvia es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina.

Es la forma más peligrosa de erosión hídrica ya que ésta pérdida, al principio casi imperceptible sólo será visible cuando pasado un tiempo haya aumentado su intensidad.

Este proceso da origen a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas.

Es debida al impacto de la gota de lluvia. La acción de las gotas de lluvia sobre las partículas del suelo se entiende fácilmente cuando se la considera como el momento de una gota que cae sobre una superficie en pendiente. La componente de este momento paralela a la pendiente se transfiere totalmente a la superficie del suelo, pero solo una pequeña parte de la componente normal a la pendiente es transferida, siendo el resto reflejado. La transferencia del momento de las partículas al suelo tiene dos efectos. Primero proporciona una fuerza de consolidación que compacta el suelo y segundo produce una fuerza destructora, ya que el agua se dispersa rápidamente con casi el doble de velocidad del impacto de la gota, y es suficiente para proporcionar velocidad a algunas de las partículas del suelo. De esta manera, las gotas de lluvia son agentes de consolidación y de dispersión.

El efecto de consolidación que mejor se aprecia es la formación de costra superficial, habitualmente de pocos milímetros de espesor, que resulta de la reducción de poros por

compactación del suelo. Frecuentemente se distingue entre costra y sellado, el sellado se refiere a la reordenación de la superficie del suelo durante una tormenta, mientras que la costra es el endurecimiento de la superficie sellada a medida que el suelo se seca. El resultado después de una serie de tormentas es: primero, el desarrollo de una costra estructural formada en el lugar y, segundo, la formación de una costra deposicional, creada por la sedimentación de partículas finas en las microdepresiones donde se forman charcos durante la lluvia. El efecto más importante de la costra superficial es la reducción de la capacidad de infiltración y por lo tanto, la promoción de mayor escorrentía superficial. En suelos francos el encroscamiento puede reducir la capacidad de infiltración desde 45mm/h, en suelos sin costra, a 6mm/h, en suelos con costra estructural.

La respuesta real de un suelo a una lluvia dada depende, fundamentalmente, de su contenido de humedad y, en consecuencia, del estado estructural del suelo y de la intensidad de la lluvia:

- Si el suelo está seco y la intensidad de la lluvia es fuerte, los agregados se rompen rápidamente al hidratarse. Esta ruptura se produce por compresión del aire por el frente húmedo. La capacidad de infiltración se reduce rápidamente y sobre las superficies muy lisas se puede formar escorrentía con unos pocos milímetros de lluvia. En superficies más rugosas, el almacenamiento de agua en las depresiones es mayor y tarda más tiempo en generarse la escorrentía.
- Si los agregados están, al principio, parcialmente húmedos o la intensidad de la lluvia es baja, se producen microrupturas y los agregados se disgregan y transforman en agregados más pequeños. La rugosidad superficial disminuye pero la infiltración continúa siendo alta a causa de los grandes espacios porosos entre los microagregados.
- Si los agregados están inicialmente saturados, la capacidad de infiltración depende de la conductividad hidráulica del suelo saturado y se necesitan grandes lluvias para sellar la superficie. No obstante, suelos con menos del 15 por ciento de arcilla son susceptibles de sellado si la intensidad de lluvia es alta.

El riesgo de formación de costra disminuye con el aumento de contenido de arcilla y materia orgánica, ya que estas proporcionan mayor resistencia al suelo, por eso los suelos francos y franco-arenosos son más susceptibles a la formación de costra.

EROSION EN REGUEROS O SURCOS (*figura11*)

Los regueros se inician a una distancia crítica ladera abajo, donde el flujo de escorrentía comienza a canalizarse. Además del flujo principal pendiente abajo, se desarrollan cauces de flujos secundarios con una componente lateral. Donde estos convergen, el aumento de la descarga intensifica el movimiento de las partículas y se abren pequeños canales o zanjas por abrasión.

Los regueros son considerados como un fenómeno de superficie formado por el agua que supera la capacidad de infiltración y pasa al flujo superficial. Pero también puede suceder que se

desarrollen a partir de una surgencia repentina de agua en la superficie, cerca del final de la pendiente, donde se produce un pequeño corte y rápidamente se extiende remontando pendiente arriba como un canal. Tales surgencias pueden estar bien relacionadas con la saturación del flujo superficial.

El flujo del reguero no es selectivo en el tamaño de las partículas que es capaz de transportar, por lo tanto pueden moverse granos de gran tamaño (incluso fragmentos de roca de 9 cm. de diámetro).

Este tipo de erosión tiene un considerable poder, por lo que puede contribuir significativamente al volumen de sedimentos removidos de una ladera, dependiendo de la distancia entre los regueros y de la extensión del área afectada.

La misma puede ser controlada, caso contrario el proceso avanza y llega a la etapa de cárcava.

EROSION EN CARCAVAS (*figura11*)

Las cárcavas son cursos de agua relativamente permanentes con paredes empinadas, que conducen efímeros flujos durante las tormentas. Comparadas con cauces de ríos estables, que son relativamente llanos y cóncavos a lo largo de todo su perfil, las cárcavas están caracterizadas por tener una cabecera y diferentes resaltos a lo largo de su curso. Estos rápidos cambios de pendiente alternan con secciones de gradiente muy suave, ya sean rectas o ligeramente convexas a lo largo de su perfil. Las cárcavas también tienen relativamente mayor profundidad y menor anchura que los cauces estables, transportan mayor cantidad de sedimentos y presentan un comportamiento muy errático, por lo que las relaciones entre la descarga de sedimentos y la escorrentía son frecuentemente pobres. Las cárcavas están, casi siempre, asociadas a una erosión acelerada y, por tanto, a paisajes inestables.

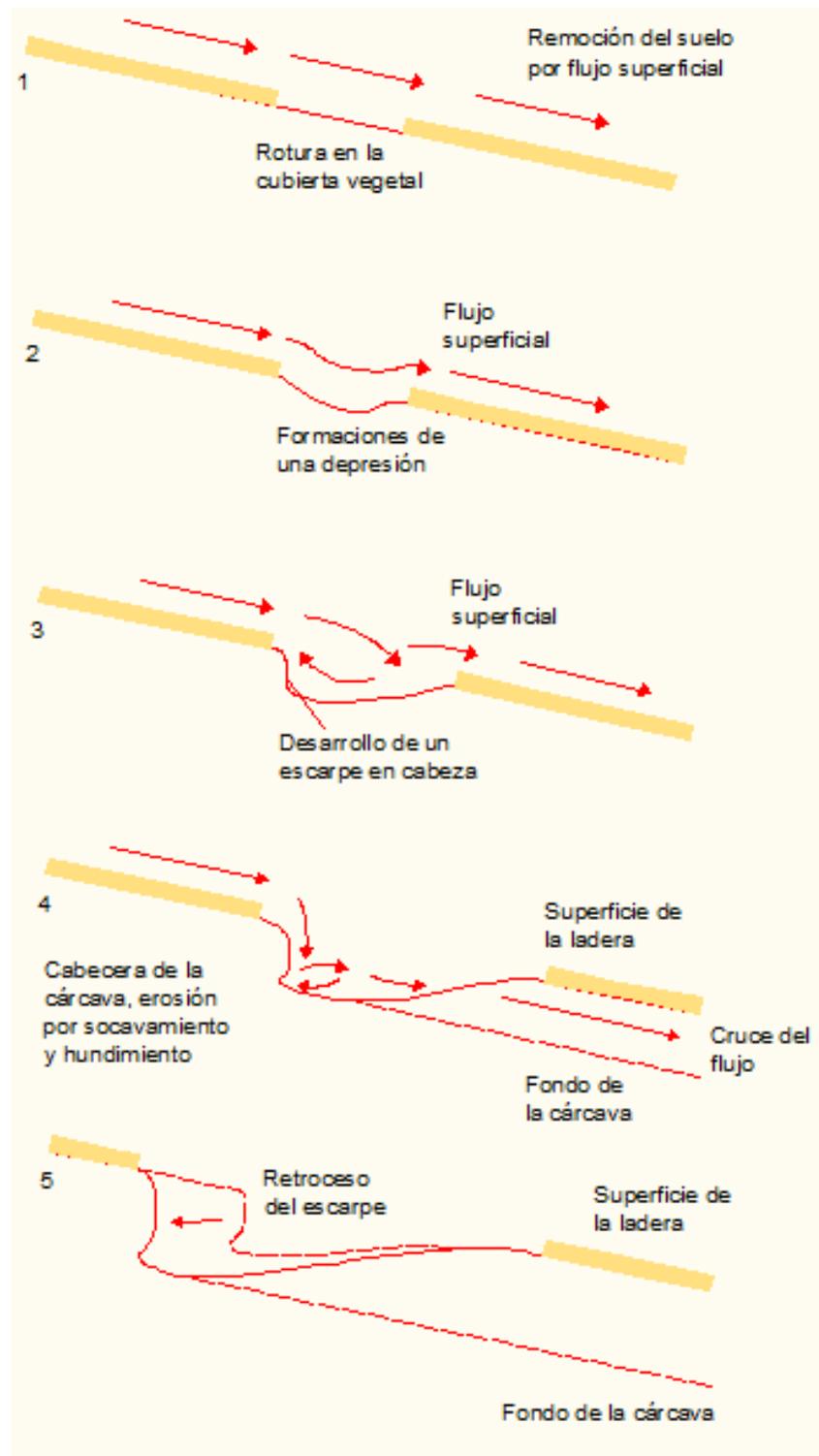
El proceso de formación de las cárcavas es el siguiente: primero se forman pequeñas depresiones en la ladera como resultado de un debilitamiento localizado de la cobertura vegetal. El agua se concentra en estas depresiones y las aumenta hasta que varias depresiones se unen y se forma un cauce insipiente. La erosión se concentra en la cabecera de la depresión, donde forma escarpes casi verticales en los que se produce flujo supercrítico. Algunas partículas del suelo son desprendidas del mismo escarpe, pero en la mayor parte de erosión esta asociada a la abrasión de la base del escarpe, que origina una profundización del cauce y un socavamiento del muro de la cabecera, llegando a derrumbarse y retrocediendo el escarpe pendiente arriba. También se producen sedimentos mas abajo en la cárcava por la erosión de las paredes. Esto se produce, parcialmente por la acción abrasiva de la escorrentía y los sedimentos que contiene y, parcialmente por el hundimiento de las paredes debido a su saturación por el flujo. Entre flujos, se producen sedimentos por erosión debida a la meteorización y derrumbe de las paredes.

Este tipo de erosión se puede dar también en túnel, cuando existen elevados gradientes hidráulicos en suelos con alta capacidad de infiltración a través de los macroporos pero de baja permeabilidad intrínseca, de manera que el agua no se mueve fácilmente en el interior de la matriz del suelo. Los suelos propicios incluyen tendencia a la formación de grietas, como

resultado de una alta adsorción de sodio, retracción al secarse o pérdida de presión por descarga del material soportado.

Otro modo en el que se puede iniciar la formación de cárcavas es donde desplazamientos lineales de suelo dejan profundas cicatrices que pueden ser ocupadas por el agua en movimiento durante las siguientes tormentas.

La causa principal de la formación de cárcavas es el exceso de agua, una condición que puede producirse por cambios climáticos o por alteraciones en el uso del suelo. En el primer caso, puede producirse aumento de la escorrentía si aumenta la precipitación o si, con menos lluvias, se produce una reducción de la cubierta vegetal. En el segundo caso, la deforestación, la quema de la vegetación y el sobrepastoreo, pueden llevar a un incremento de la escorrentía. Si la velocidad o la fuerza de arrastre de la escorrentía superan un valor umbral o crítico, se formaran cárcavas.



Etapas del desarrollo de una cárcava en la superficie de una ladera.

(*) Tomado de: R. P. C. Morgan Silsoe Collage, Granfield University. "EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO".

Página: 58

Ediciones Mundi-Prensa 1997



(figura11)

➤ FACTORES EROSIVOS

Los factores que controlan la erosión son:

- A) La agresividad de los agentes erosivos.
- B) La erosionabilidad del suelo.
- C) La pendiente del terreno.
- D) La naturaleza de la cobertura vegetal.

EROSIVIDAD

“Se refiere a la capacidad erosiva del agente climático (lluvia, hielo, viento).

LLUVIA:

Las pérdidas de suelo están estrechamente relacionadas con la lluvia, en parte por el poder de desprendimiento del impacto de las gotas al golpear el suelo y, en parte, por la contribución de la lluvia a la escorrentía. Esta contribuye particularmente a la erosión por flujo superficial y en regueros, fenómeno para los que la intensidad de precipitación se considera, generalmente, la característica más importante.

Está comprobado que la erosión se relaciona con dos tipos de lluvia, la tormenta intensa de corta duración que supera la capacidad de infiltración del terreno y la tormenta de larga duración y baja intensidad que satura el suelo. En muchos casos, es difícil separar los efectos de los dos tipos cuando se contabilizan las pérdidas de suelo.

La respuesta del suelo a la lluvia puede estar determinada, también, por las condiciones meteorológicas previas.

EROSIONABILIDAD

La erosionabilidad define la resistencia del suelo a los procesos de desprendimiento y transporte. Aunque la resistencia de un suelo a la erosión depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración, las propiedades del suelo son los determinantes más importantes. La erosionabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos.

EFEECTO DE LA PENDIENTE

La erosión aumenta al aumentar la inclinación y la longitud de la pendiente, como resultado del incremento de la velocidad y volumen de la escorrentía superficial. Mientras que sobre una superficie plana las gotas de lluvia salpican las partículas del suelo en todas direcciones, en un terreno en pendiente, son más las partículas de suelo que son salpicadas pendiente abajo que pendiente arriba, aumentando la proporción en función de la inclinación de la pendiente.

EFEECTO DE LA COBERTURA VEGETAL

La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Los componentes aéreos, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de modo que su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo, mientras que los componentes subterráneos, como los sistemas radiculares, contribuyen a la resistencia mecánica del suelo.

La vegetación tiene efectos favorables, para minimizar o evitar la erosión, sobre la lluvia, la escorrentía, las corrientes de aire y la estabilidad de la pendiente.” (*)

(*) Tomado de: R. P. C. Morgan Silsoe College, Granfield University. “EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO”.

Páginas: 69-87

Ediciones Mundi-Prensa 1997

➤ MODELIZACION DE LA EROSION DEL SUELO

Antes de planificar un trabajo de conservación, es útil que la evaluación de los riesgos de erosión del suelo pueda transformarse en un estado de la intensidad de la pérdida de suelo. Las estimaciones de pérdida de suelo pueden compararse con la que se considera aceptable, y en consecuencia, pueden determinarse los efectos de las diferentes estrategias de conservación. Por lo tanto, lo que se necesita es un método predictivo de las pérdidas de suelo para una amplia gama de condiciones. Uno de los métodos es el que se describe a continuación.

ECUACION UNIVERSAL DE LA PÉRDIDA DE SUELO

La erosión del suelo por acción del agua puede definirse como:

$$\text{Erosión hídrica} = F(\text{erosividad} * \text{erodibilidad})$$

Donde, erosividad es el potencial erosivo de la lluvia y erodibilidad es la vulnerabilidad de un suelo para ser erosionado.

La concepción de la ecuación universal de la pérdida de suelo se basó en aislar cada una de esas variables y asignarles un valor numérico, los cuales, multiplicadas entre sí, proporcionan el valor de pérdida de suelo por hectárea/año, para una secuencia de cultivo y manejo dado.

Estos valores nos proporcionan una cuantificación relativa de las pérdidas de suelo y la indicación para establecer prácticas de manejo y/o estructurales, para disminuir esas pérdidas.

La ecuación universal de pérdida de suelo es:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

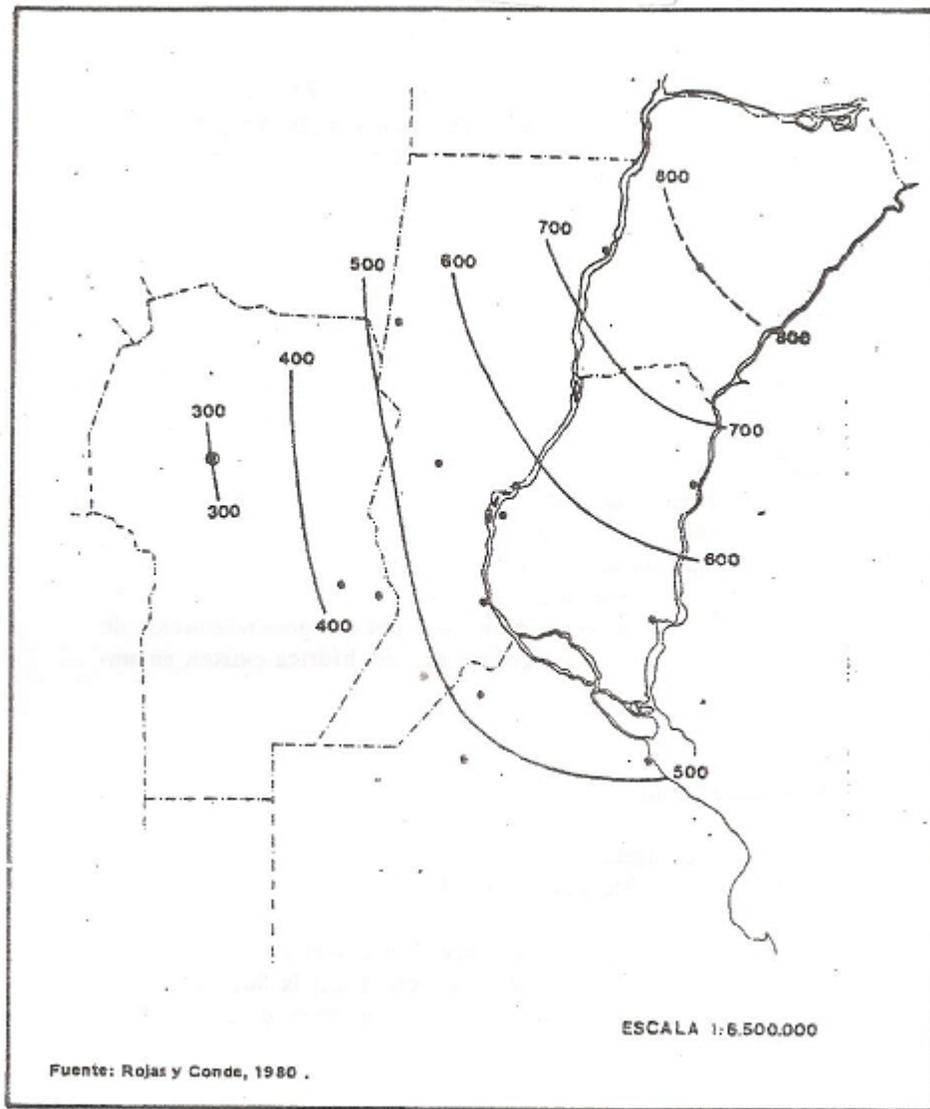
A: pérdida de suelo en tonelada/hectárea/año.

R: factor de lluvia, el índice de potencialidad erosiva de las lluvias explica un gran porcentaje de las pérdidas de suelo. El mismo se define como el producto de la energía cinética de la lluvia por su intensidad máxima en 30 minutos. La energía cinética es la siguiente:

$E_c = 210 + 89 * \log_{10} I$; donde I es la intensidad de la lluvia en cm/h; el valor de la intensidad máxima en 30 minutos se obtiene de las fajas pluviográficas, de esta manera el índice de erosividad es: $I_{\text{máx en 30 min}} * E_c$.

Dado que los índices de erosividad interrelacionan linealmente con la pérdida de suelo, estos pueden ser sumados y obtener el valor estacional o anual para una localidad dada. O sea que el factor R surge como el promedio anual de los índices de erosividad de cada tormenta. (*figura12*)

ISOLINEAS QUE UNEN PUNTOS DE IGUAL POTENCIALIDAD
EROSIVA DE LAS LLUVIAS



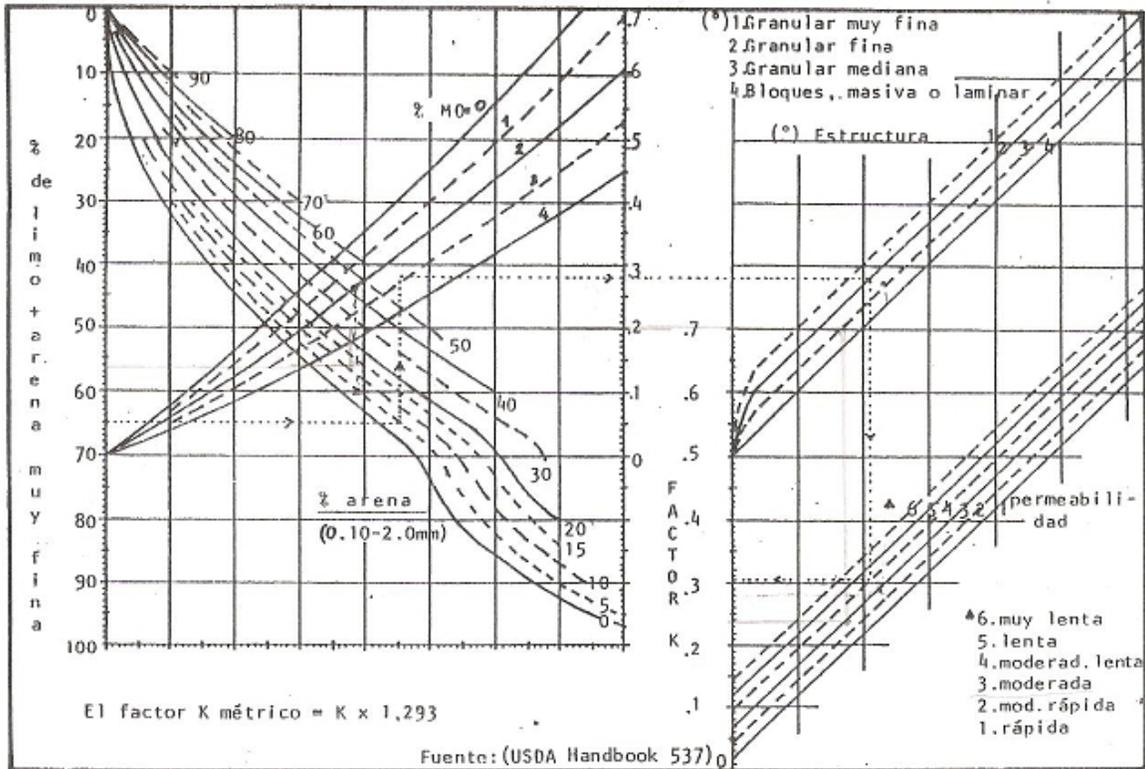
(figura12)

K: factor de erodibilidad del suelo, se puede expresar en función de las siguientes propiedades del suelo:

- % de limo.
- % de arena.
- % de materia organica.
- Estructura.
- Permeabilidad.

Con estos parámetros se desarrolló el nomograma de la siguiente figura para el cálculo de K.
(figura13)

NOMOGRAMA PARA EL CALCULO DE K



(figura13)

L: factor de la longitud de la pendiente.

S: factor del gradiente de la pendiente.

Estos dos factores se combinan en un solo índice, llamado factor topográfico.

Para determinar éste factor "LS" en forma conjunta puede utilizarse la siguiente ecuación:

$$LS = \left(\frac{L}{22.1} \right)^m (65.41 * \text{sen}^2\theta + 4.56 * \text{sen}\theta + 0.065)$$

m = 0.2 para pendientes < de 1%

m = 0.3 para pendientes entre 1 y 3%.

m = 0.4 para pendientes ente 3.5 y 4.5%.

m = 0.5 para pendientes mayores de 5%.

senθ = 0.005 para pendiente de 0.5%.

senθ = 0.010 para pendiente de 1%.

senθ = 0.015 para pendiente de 1.5%.

senθ = 0.020 para pendiente de 2%.

senθ = 0.030 para pendiente de 3%.

senθ = 0.040 para pendiente de 4%.

C: factor de cultivo y manejo. Representa la relación entre la pérdida de suelo con un cultivo dado y la que se produce en ese mismo suelo desnudo. El valor de éste depende de la rotación de los cultivos, labranza, cobertura vegetal y al mismo tiempo del estado en que se encuentra el suelo y el cultivo en el momento de ocurrencia de las lluvias. Por todo ello, se necesita conocer la distribución estacional de las lluvias (R), las fechas promedio de arada, siembra, cosecha y barbecho.

De los cálculos realizados podemos citar los valores para la rotación de maíz continuo en dos sistemas de labranza:

C (sistema convencional): 0.36.

C (sistema bajo cubierta): 0.19.

P: factor de prácticas de conservación. Este factor tiene en cuenta los beneficios que se obtienen con las prácticas específicas en conservación de suelos, de las cuales las más comunes en el área son las de cultivos en contorno y en terrazas.

El valor de P para cultivos en contorno en un terreno entre 1 y 2% de pendiente es igual a 0.60 y para cultivos en terrazas es de 0.40; para el cultivo en franjas de 40 m de ancho para maíz y trigo, P toma el valor de 0.45. Este factor toma el valor de 1 para terrenos cultivados y sembrados a favor de la pendiente.

(*) Ing. Geog. Hugo J. Marelli, Agr. Edgardo Weir, Ing. Agr. Alfredo Lattanzi y Ing. Agr. Raul Diaz - "Técnicas de Conservación de suelo", INTA.

➤ **ESTRATEGIAS PARA CONTROLAR LA EROSION**

"Con la conservación del suelo se pretende, al tiempo en que se obtiene de una determinada superficie de terreno la máxima producción sostenible, mantener las pérdidas de suelo por debajo del umbral que, teóricamente, debe permitir, a la velocidad natural de formación del suelo, compensar las pérdidas por erosión. Puede ser necesario, además, reducir la erosión para controlar las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas y evitar la contaminación de los cursos de agua; reducir las tasas de sedimentación de lagos, ríos, canales, embalses y puertos; y limitar los daños a los cultivos por enterramiento bajo los sedimentos transportados por el agua y el viento. A largo plazo, debe controlarse la erosión para prevenir el deterioro de la calidad de las tierras antes de llegar al punto en que tengan que abandonarse por resultar imposible su rehabilitación, con lo que quedaría limitada su capacidad de uso en el futuro. Ya que la erosión es un proceso natural, no puede evitarse totalmente pero puede reducirse a un valor máximo aceptable o pérdida tolerable de suelo.

PERDIDA TOLERABLE DE SUELO

En la práctica, desgraciadamente, no es posible definir el nivel de tolerancia teórica como la intensidad de erosión del suelo que iguala a su velocidad de formación. Es difícil reconocer el momento en que se produce este equilibrio ya que, aunque las pérdidas de suelo pueden medirse, las velocidades de formación son tan lentas que no pueden determinarse con facilidad.

La pérdida tolerable de suelo debe definirse, según este criterio, como la tasa máxima de erosión permisible para que la fertilidad del suelo pueda mantenerse durante 20 o 25 años. En estos casos, una pérdida media anual de suelo de 11 t/ha se considera generalmente aceptable aunque, en condiciones particularmente sensibles, como ocurre en los casos de suelos superficiales o altamente erosionables, se recomiendan valores tan bajos como 2 t/ha.

Una directriz más recomendable sería evaluar la tasa anual de erosión que, cuando se acepta que el medio ambiente es razonablemente estable bajo las condiciones naturales, se aproximaría a la velocidad de formación de un nuevo suelo y al mantenimiento de su composición mineral. Esta directriz conduciría a niveles de tolerancia entre 1 y 2 t/ha pero, en algunas áreas, debería reducirse a 0,1 y 0,2 t/ha. Generalmente, la pérdida tolerable de suelo debería ser de un orden de magnitud inferior al de las recomendaciones más habituales.

PRINCIPIOS DE LA CONSERVACION DEL SUELO

Las estrategias para la conservación del suelo deben basarse en su cobertura para protegerlo del impacto de las gotas de agua; en el aumento de su capacidad de infiltración para reducir la escorrentía; en la mejora de la estabilidad de sus segregados; y en el incremento de la rugosidad superficial para reducir la velocidad de la escorrentía y del viento. Las diferentes **técnicas de conservación** pueden describirse agrupándolas como:

- Medidas agronómicas.
- Manejo de suelo.
- Métodos mecánicos.

Las medidas agronómicas utilizan la vegetación para proteger el suelo frente a la erosión. El manejo del suelo se relaciona con las formas de prepararlo para favorecer el desarrollo vegetal y con la mejora de su estructura para que sea más resistente a la erosión. Los métodos mecánicos o físicos, incluyen desde la modificación de la topografía, por ejemplo construyendo terrazas o instalando cortavientos, hasta el encauzamiento del agua y del aire. Las medidas agronómicas, combinadas con un buen manejo del suelo, pueden influir sobre las fases de desprendimiento y transporte, mientras que los métodos mecánicos son efectivos para controlar la fase de transporte pero tienen escasa actuación en la fase de desprendimiento.”(*)

Efecto de diferentes prácticas de conservación del suelo sobre las fases erosivas de desprendimiento y transporte.

Práctica	Control sobre					
	Salpicadura		Escorrentía		Viento	
	D	T	D	T	D	T
Medidas agronómicas						
- Cobertura superficial	*	*	*	*	*	*
- Aumento de la rugosidad superficial	-	-	*	*	*	*
- Incremento del almacenamiento de agua en superficie	+	+	*	*	-	-
- Aumento de la infiltración	-	-	+	*	-	-
Manejo del suelo						
- Fertilización orgánica y mineral	+	+	+	*	+	*
- Subsulado y drenaje	-	-	+	*	-	-
Métodos mecánicos						
- Fajas de contorno	-	+	+	*	+	*
- Terrazas	-	+	+	*	-	-
- Barreras de protección	-	-	-	-	*	*
- Encauzamientos	-	-	-	*	-	-

-sin control; + control moderado; * fuerte control

D: desprendimiento; T: transporte

(*)Tomado de: R. P. C. Morgan Silsoe Collage, Granfield University. "EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO".

Páginas: 185, 188, 189

Ediciones Mundi-Prensa 1997

SECUENCIA PARA LA EVALUACION

Calificación de la capacidad agrológica del suelo:

Se deben distinguir las áreas donde la erosión ocurre como consecuencia de prácticas defectuosas, de las áreas donde la erosión se produce debido al uso inadecuado del suelo.

Definición de las necesidades de conservación

- Análisis de los sistemas agrarios existentes.
- Apreciación de la erosión.
- Tenencia de la tierra.
- Mano de obra.
- Acceso a la conservación del suelo.
- Factores externos.
- Transferencia de tecnología.
- Evaluación de impactos.
- Evaluación económica.

Aproximaciones a la conservación del suelo

Para el caso de tierras cultivadas, el riesgo de erosión se origina desde el momento en que se eliminan árboles, matorrales y pastos. La erosión se intensifica cuando se cultivan laderas demasiado escarpadas llevando el cultivo según líneas de pendiente; con el uso continuo del monocultivo; con la compactación del suelo con el paso de maquinaria pesada y con su desmenuzamiento para formar la cama de siembra.

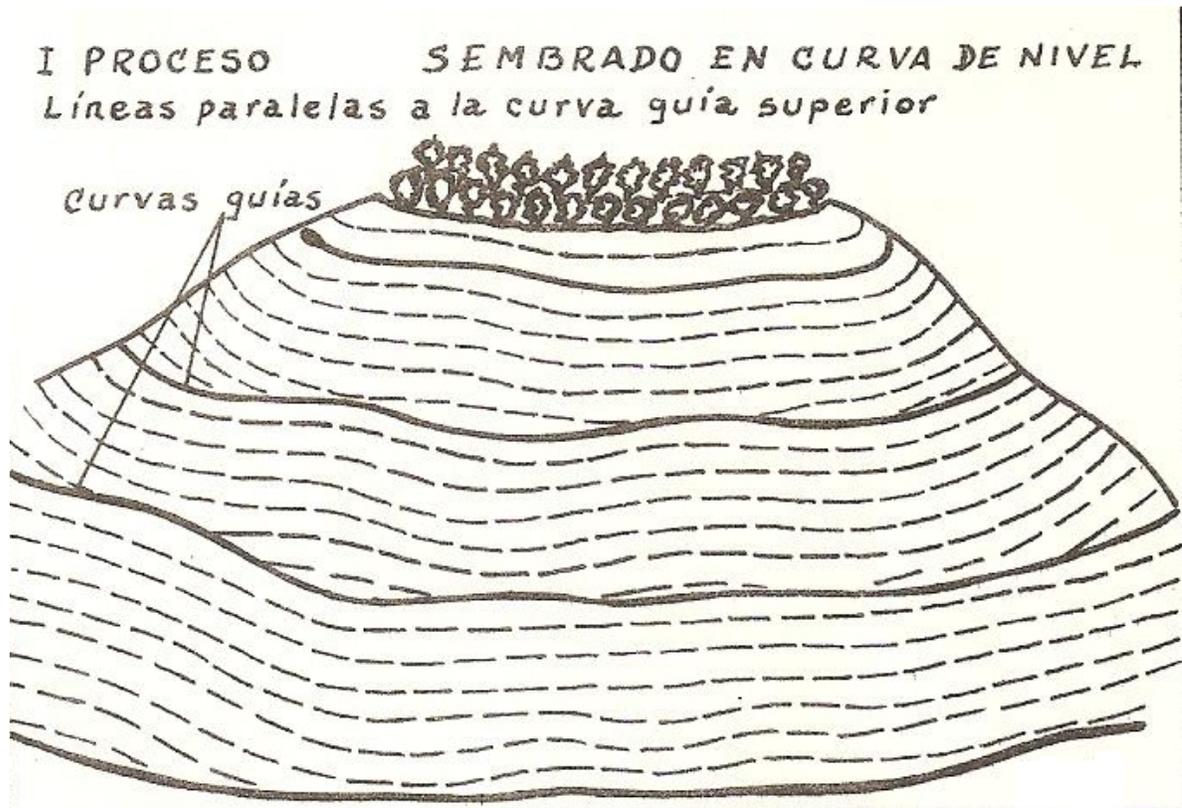
Se persiguen estrategias de conservación cuando se establecen y mantienen buenas cubiertas vegetales en el suelo. Su posibilidad está determinada por la aptitud de las especies que se cultivan y por la rapidez, bajo las condiciones locales de clima y suelo, con la que llegan a cubrir el 40 ó 50% de la superficie. La producción continua de cereales puede producir entre moderado y alto riesgo de erosión. Las especies de crecimiento rápido pueden considerarse cultivos conservadores.

METODOS MECANICOS PARA CONTROLAR LA EROSION

“Estos métodos se utilizan para controlar el movimiento del agua y del viento sobre la superficie del suelo. Se dispone de diferentes métodos y la decisión de adoptar uno u otro depende de si el objetivo es reducir la velocidad de la esorrentía, aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en la superficie del suelo o evacuar con seguridad los excesos de agua.

Las defensas de la erosión son múltiples, pero solo vamos a referirnos a algunas con el fin de que el Ingeniero tenga una visión global del problema.

* El primer tipo de protección es el realizado mediante una adecuación de la vegetación y esto es de fundamental importancia para estabilizar laderas en las fajas marginales de los caminos. Debe tenerse en cuenta que el agua tiende a escurrir según la pendiente, de allí para evitar el lavado en manto debe siempre ararse siguiendo las curvas de nivel. En la práctica se trazan curvas guías, con niveles y luego se trazan las intermedias con tractor, adecuándolas lo más paralelamente posible. (*figura14*)



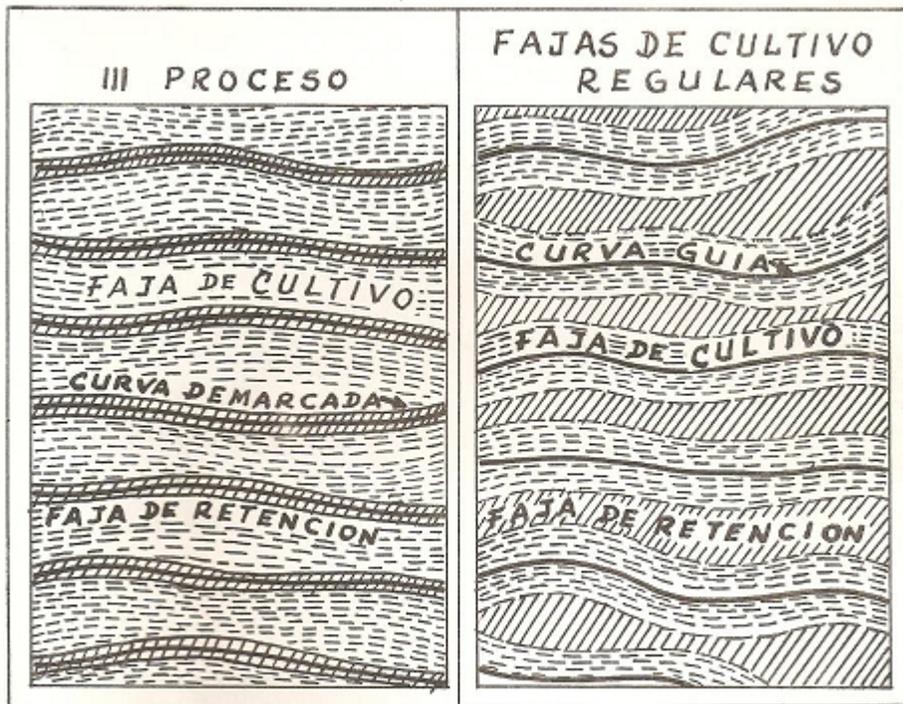
(figura 14)

El espaciamiento entre surcos es variable según la pendiente, y como orientación podemos indicar los valores de la siguiente tabla:

PENDIENTES	SEPARACION
Hasta 2%	60 m.
De 2 a 5 %	50 m.
De 5 a 10 %	40 m.
De 10 a 20 %	30 m.
Más de 20 %	20 m.

El esponjamiento debido al arado y la incisión producida por el mismo, ayudan a aumentar la infiltración y disminuir el lavado en manto.

* El segundo tipo corresponde a las plantaciones en fajas paralelas (figura 15)



ESQUEMA INDICANDO LA PROTECCIÓN DE LADERAS MEDIANTE CULTIVO EN FAJAS

(Figura 15)

Consiste básicamente en dividir la ladera en fajas en las cuales, alternadamente, se realizan cultivos y se planta vegetación de protección.

El sistema funciona de la siguiente manera: el agua de lluvia, al caer sobre las fajas dedicadas a cultivos, en parte se escurre pero recorriendo poca distancia, hasta llegar a la faja de protección donde la densidad vegetal le cierra el paso y la obliga a depositar el material arrastrado desde arriba por disminución de su velocidad.

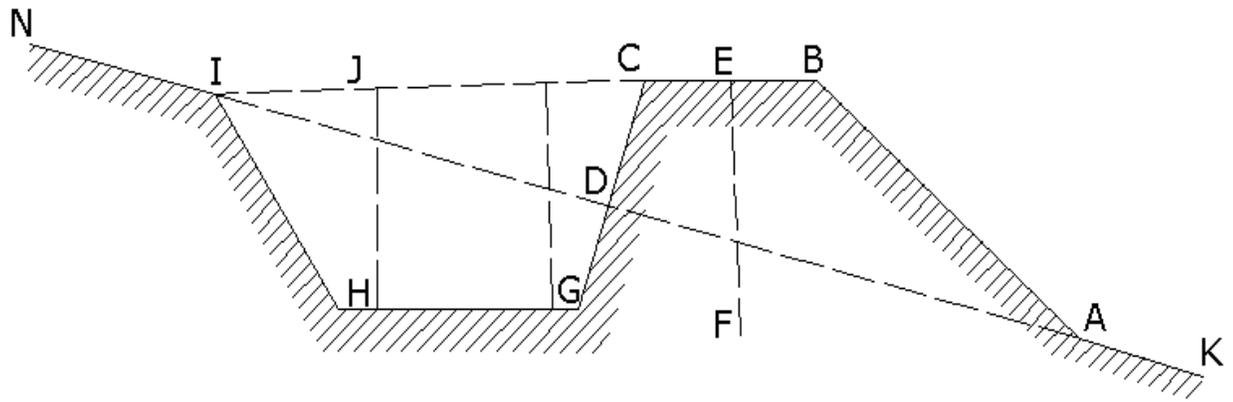
El ancho de las fajas de retención varía entre unos 5 a 12 m y la vegetación usada para este fin puede ser cualquiera siempre que cumpla con las siguientes condiciones: no ser de ciclo corto, poseer raíces abundantes, desenvolvimiento rápido, vegetación aérea densa, desenvolverse bien cuando se las planta muy próximas y de ser posible de aprovechamiento comercial. En la siguiente tabla se indica el ancho conveniente:

PENDIENTES	ANCHO DE LA FAJA
Hasta 2%	50 m.
De 2 a 5 %	40 m.
De 5 a 10 %	30 m.
De 10 a 20 %	25 m.
Más de 20 %	20 m.

* El tercer tipo consiste en la construcción de terrazas (figura 16). Básicamente es modificar la ladera mediante una serie sucesiva de escalones, cada uno de los cuales consta de una

canaleta y un pequeño dique siguiendo las curvas de nivel, cuya finalidad es la de interceptar el agua superficial provocando su infiltración y evaporación o derivarla hacia canales mayores colectores que la alejen del lugar.

PERFIL ESQUEMATICO DE UNA TERRAZA



NOMENCLATURA DE UNA TERRAZA

Sección ABCDA: dique de terraza	IC: ancho sup. del canal
EF: altura del dique	HG: ancho inf del canal
AD: ancho de base del dique	CB: cumbre de la cuesta del dique
CG: talúd anterior del dique	NK: declive natural del terreno
BA: talúd posterior del dique	Sección CGHIC : área que servirá de depósito
AI: faja de movimiento de tierra	HJ: altura del canal

(Figura 16)

La siguiente tabla indica algunos valores de la separación entre terrazas y la distancia horizontal correspondiente:

PENDIENTE %	Terreno Arcilloso		Terreno arenoso	
	Dv (cm)	Dh (m)	Dv (cm)	Dh (m)
Hasta 2	100	50	80	45
De 2 a 4	120	40	100	35
De 4 a 6	140	30	120	25
De 6 a 8	160	25	140	20
De 8 a 10	180	20	150	17,5
De 10 a 12	210	17,5	160	16
De 12 a 15	250	16	180	13,5
De 15 a 20	300	15	200	12

Los 2 primeros métodos a que hemos hecho referencia tienen gran ventaja en lo que corresponde a planeamiento agrícola, pero pueden ser perjudiciales desde el punto de vista de la estabilidad de taludes en desmontes. En efecto ellos favorecen la infiltración del agua y si bien impiden el escurrimiento superficial pueden originar saturación del subsuelo si la capacidad de evapotranspiración de los vegetales no es suficiente o si en profundidad existe una roca impermeable. En estos casos, la reptación de la ladera puede pasar a movimientos rápidos de deslizamientos. Para evitarlos deberán hacerse muros de contención con drenes por detrás y barbacanas (estructura que sirve como soporte) de salida, pues de lo contrario la ladera entrará en movimiento.

Estas obras no son muy baratas por lo cual hay tendencia a la realización de terrazas tal como hemos visto.

OBRAS DE CORRECCIÓN Y DEFENSA PARA SURCOS Y CARCAVAS

El modelado de una cárcava depende básicamente del agua subterránea que por descalzamiento hace retroceder las cabeceras y luego entra a actuar conjuntamente el agua superficial en forma esporádica.

Debido a esto, las medidas de corrección deben basarse en dos cosas: 1º evitar la acción del agua subterránea y 2º alejar el agua superficial. Además debe lograrse la fijación vegetal en la zona carcavada, natural o artificialmente y evitar el pisoteo animal. Por consiguiente en un área en

esa condiciones debe comenzarse por cercar la zona a una distancia del borde del barranco igual a dos o tres veces su profundidad; luego construir por fuera una excavación y colocar drenes que permitan interrumpir y alejar las aguas subterráneas y una canaleta marginal que aleje las superficiales. Debe tenerse muy en cuenta las pendientes de esos canales y sus desembocaduras, pues si están mal hechas pueden generar nuevos procesos erosivos.

Una vez realizado lo antedicho se está en condiciones de iniciar la corrección de la cárcava propiamente dicha.

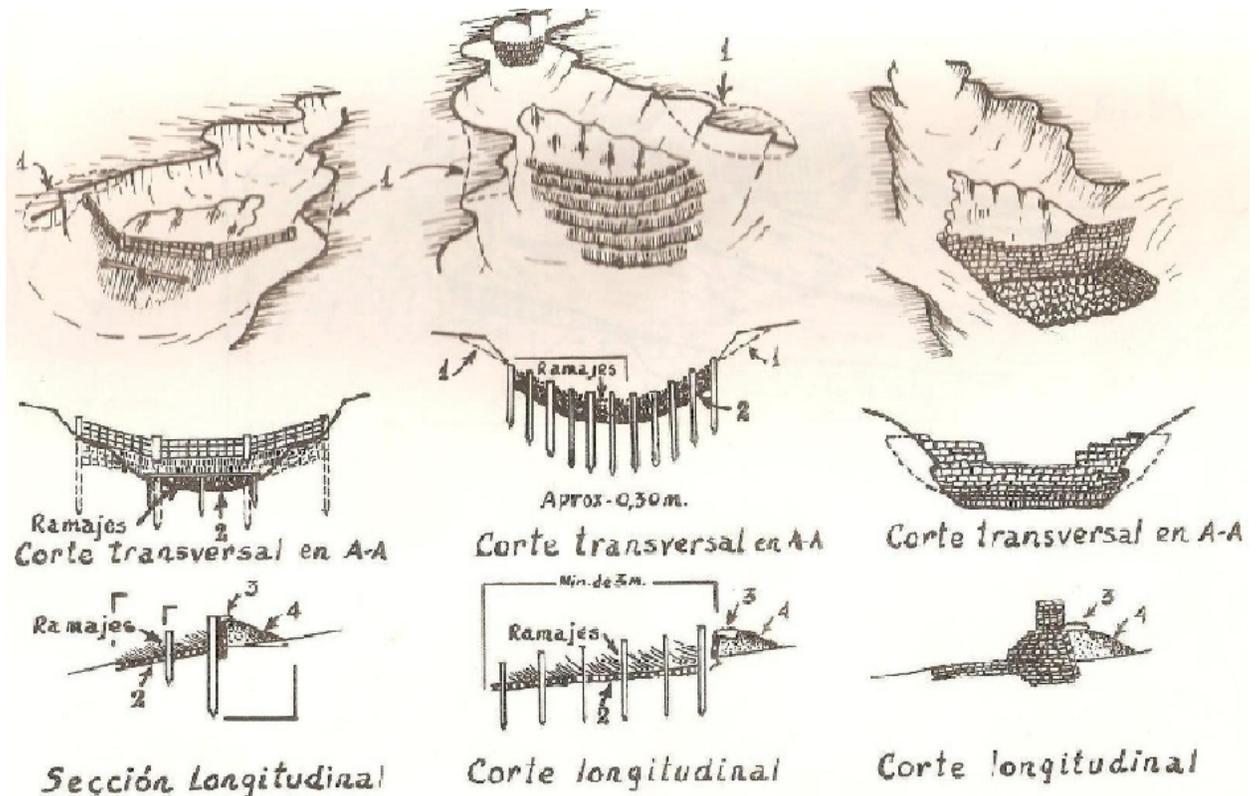
En aquellas en que la pendiente sea pequeña pueden construirse fajas transversales de césped, para retener el material arrastrado y el procedimiento puede repetirse elevando poco a poco el fondo.

En realidad si el carcavamiento no ha arrastrado totalmente el suelo, la recuperación es relativamente fácil plantándose árboles que sean de rápido crecimiento y abundantes ramas, cosa que la naturaleza suele hacer luego que se han alejado los efectos perniciosos de las aguas subterráneas y superficiales.

Cuando las cárcavas son mayores y las pendientes de sus laderas lo permiten conviene aterrizarlas en fajas perpendiculares a su eje cosa que pueda hacerse con arado o pala mecánica.

En las de mayor pendiente y profundidad deberá recurrirse a obras transversales transitorias que frenen la velocidad de las aguas y las obliguen a dejar el material arrastrado. Pueden construirse de varias formas. La siguiente figura indica 3 tipos de pequeñas presas construidas para este fin, una de alambre, otra con ramas y la tercera de albañilería”.

ESQUEMA DE DEFENSAS CONTRA EL CARCAVAMIENTO



(*)Figuras y textos tomados de: Publicación “Hidrología (Modelado fluvial)” y “El modelado del Valle Fluvial”
 Autor: Eliseo Popolizio

➤ INSTRUMENTACION:

“El objetivo final de las investigaciones sobre la erosión del suelo es resolver los problemas que ella plantea y aconsejar las medidas adecuadas de conservación.

La idoneidad de estas medidas puede juzgarse de diferentes maneras:

- a) Deben reducir la erosión a un nivel aceptable.
- b) Deben ser adecuadas para el sistema agrícola local, acordes con su grado de tecnificación, y compatibles con las prácticas agrícolas.
- c) Deben estar justificadas económicamente.
- d) Deben ser susceptibles de ejecución.” (*)

(*)Tomado de: R. P. C. Morgan Silsoe Collage, Granfield University. “EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO”.

Página: 295

Ediciones Mundi-Prensa 1997

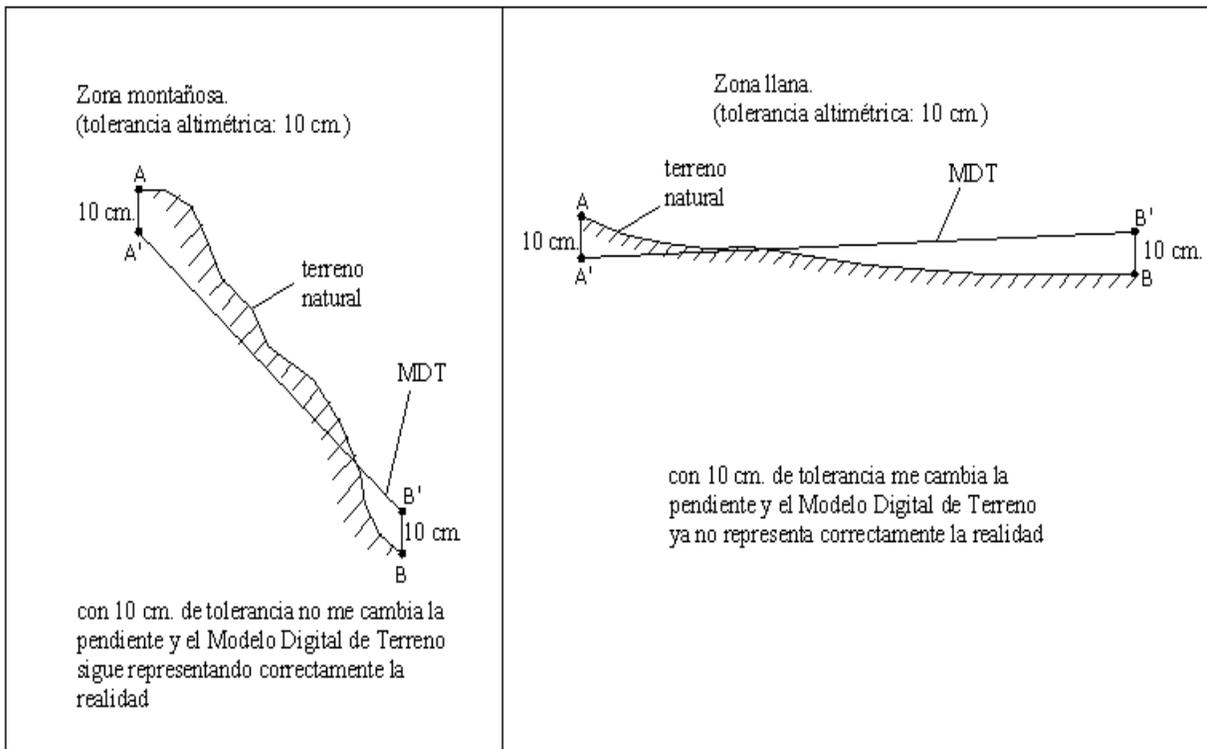
6- INSTRUMENTAL Y METODOLOGIA

Para la elección de la metodología de trabajo y el instrumental a utilizar debemos establecer la precisión que el trabajo requiere para poder alcanzar los objetivos propuestos.

Por ser un relevamiento de terreno natural de grandes extensiones que sufre pequeños cambios en su topografía (ya sea por la labranza de la tierra, por lluvias o por sequías), trabajando con tolerancias de 10 cm. en planimetría y de 4 a 5 cm. en altimetría podremos cumplir con las condiciones requeridas.

Justificación de las tolerancias

Entre los objetivos del levantamiento se encuentra, como ya se mencionó anteriormente, la realización de un Modelo Digital de Terreno y la obtención de un mapa de curvas de nivel con el fin de poder informarle al cliente cómo es la topografía de su campo, para que luego pueda este planificar eficientemente su campaña: a qué actividad destinar cada lote de su campo, en qué dirección sembrar sus cultivos, etc. Para que este Modelo de Terreno represente fielmente la realidad, es sumamente importante plantear correctamente las tolerancias con las que vamos a trabajar. En zonas de mayores pendientes, como por ejemplo zonas montañosas, las tolerancias van a ser menos exigentes que en zonas llanas, debido a que en estas últimas la topografía es mucho más sensible a cambios de elevación. A continuación mostramos un ejemplo gráfico que ayuda a entender esta idea:



Visto esto podemos afirmar que las tolerancias dependen fuertemente de la topografía del terreno; en un terreno ondulado o montañoso las tolerancias son más flexibles, en cambio en terrenos llanos hay que tener cuidado porque una tolerancia mal calculada me puede “dar vuelta la pendiente”.

Considerando las pendientes promedios y las características llanas de esta región llegamos a la conclusión de que una tolerancia de entre 4 y 5 cm. en altimetría nos permite obtener un Modelo Digital de Terreno que nos representa correctamente la realidad, garantizándole al cliente una representación confiable de su terreno.

En cuanto a las tolerancias planimétricas, podemos mencionar que estas no tienen la misma exigencia que las altimétricas debido a que no modifican las elevaciones, por lo tanto nos parece adecuado que las mismas sean de 10 cm.

Luego de establecidas las tolerancias, estudiamos los instrumentos que posee la facultad y en base a las precisiones de estos, la metodología a desarrollar.

INSTRUMENTO UTILIZADO:

En campo:

- ❖ 2 trípodes.
- ❖ 1 bastón.
- ❖ 1 GPS Trimble.
- ❖ 1 GPS Trimble R3.
- ❖ 3 radios con cargadores.
- ❖ 1 navegador GPS

Características técnicas TRIMBLE R3



ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO

Mediciones

- Código C/A de L1 con 12 canales, ciclo de fase portadora completa de L1, WAAS/EGNOS
- Tecnología GPS Trimble Maxwell para un robusto rastreo de satélites
- Tecnología de reducción de trayectoria múltiple Trimble EVEREST™

Levantamientos GPS estáticos y FastStatic

Horizontal..... $\pm (5 \text{ mm} + 0,5 \text{ ppm})^2 \text{ RMS}$

Vertical..... $\pm (5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})^2 \text{ RMS}$

Levantamientos cinemáticos

Horizontal..... $\pm (10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})^2 \text{ RMS}$

Vertical..... $\pm (20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm})^2 \text{ RMS}$

Posicionamiento en tiempo real con WAAS/EGNOS

Posicionamiento diferencial WAAS/EGNOS

.....precisión típica de $<3 \text{ m } 3\text{DRMS}$



ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO

Especificaciones de rendimiento estático

Modelo: Quick-Start, L1 FastStatic

Presición:

Horizontal: $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm } (\leq 10 \text{ km})$

Vertical: $\pm 10 \text{ mm} + 2 \text{ ppm } (\leq 10 \text{ km})$

Azimuth: $\pm 1 \text{ arc second} + 5/\text{baseline length in km}$

Especificaciones de rendimiento cinemático (Posproceso)

(Requiere controladora Trimble Recon con Trimble Digital Fieldbook)

Modelo: Continuous, Stop-and-go

Presición:

Horizontal:..... ± 1 cm (0.4 in) + 1 ppm
Vertical:..... ± 2 cm (0.4 in) + 1 ppm
Occupation:
Continuous: 1 measurement
Stop-and-go: 2 epochs (min) with 5 satellites
Fastest datalogging rate: 1 Hz

Rendimiento General

Mediciones: L1 C/A-code, L1 full-cycle carrier
Cantidad de canales: 12
Receiver data storage: 64 hours internal memory of L1 data 5 satellites
15 second interval (typical)
4.5 hours internal memory of L1 data 5 satellites
1.0 seconds (minimum)

En gabinete:

- ❖ **Auto CAD CIVIL 3D** es un programa avanzado que tiene múltiples usos entre los cuales se encuentran: cálculo, grafico de curvas de nivel, realizar cortes geológicos, elaborar columnas estratigráficas, construir perfiles longitudinales y secciones transversales entre otros.
- ❖ Software específico de los equipos topográficos.
- ❖ Software complementario de cálculo: Microsoft Excel.

GPS

El Sistema Global de Posicionamiento mejor conocido como GPS es un método de posicionamiento y navegación que tiene como objetivo la determinación de coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia global. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. El sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites como mínimo, para poder obtener la coordenada del receptor ubicado en el punto incógnita.

El GPS está conformado por tres subsistemas fundamentales: el espacial, el de control y el del usuario:

El subsistema espacial está formado por 24 satélites de la constelación NAVSTAR distribuidos en seis planos orbitales con una inclinación de 55 grados respecto del ecuador y que ofrecen un cubrimiento espacial de 24 horas en cualquier parte del planeta. Los satélites están a una altitud aproximada de 20000 Km. y tienen un periodo de rotación de casi 12 horas. Estos satélites transmiten señales en dos ondas portadoras fundamentales denominadas L1 (1575.42 MHz) y L2 (1227.60 MHz). Antepuesto a la onda portadora L1, está modulado el código C/A (de acceso claro) con una frecuencia de 1.032 MHz que ofrece un posicionamiento de una resolución de 10 m. en tiempo real. Sobre las ondas portadoras L1 y L2 se encuentra modulado el código P

llamado también de precisión (10.23 MHz), que incrementa considerablemente la precisión en el intervalo de 1m, aproximadamente.

El subsistema de control está constituido por 10 estaciones en tierra colocadas estratégicamente cercanas al Ecuador, se encarga de vigilar la constelación y transmitir el denominado mensaje de navegación a los satélites, para que los usuarios hagan un empleo total de esta información. El mensaje de navegación especifica las efemérides o coordenadas espaciales de los satélites, los datos de corrección ionosférica, los datos de corrección del reloj, el almanaque de la constelación (efemérides de baja precisión) y el estado de salud de los satélites. El mensaje de navegación es transmitido por el sector de control al menos una vez al día.

El último de los subsistemas es el del usuario, formado por todas aquellas personas civiles y militares que emplean las señales GPS para fines cartográficos, de navegación e investigación, así como también para realizar mediciones topográficas y geodésicas, entre otros. No son más que equipos portátiles conformados por una antena y un receptor, donde la coordenada calculada es la referente al centro radioeléctrico de la antena.

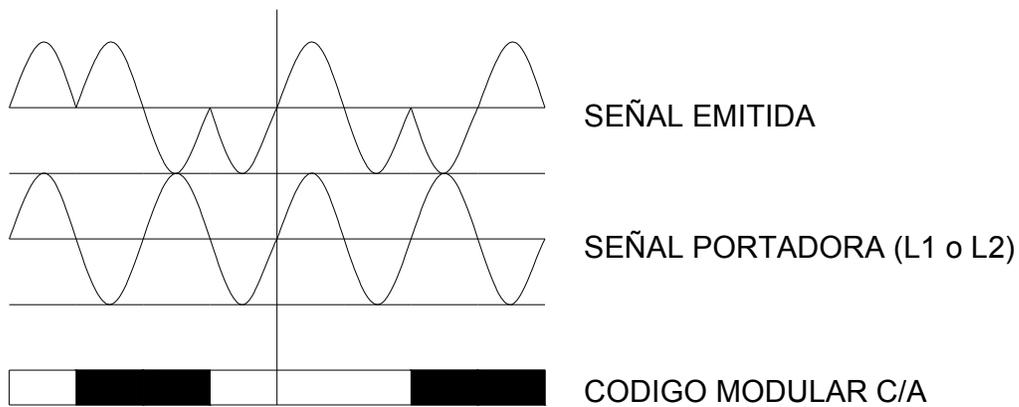
El Principio del funcionamiento del GPS:

Conociendo las coordenadas espaciales de los satélites en el momento de la observación (información proporcionada en el mensaje de navegación) y determinando la distancia de separación entre el satélite y la antena, es posible calcular las coordenadas de esta última por una simple diferencia de vectores. Se necesita observar por lo menos cuatro satélites para poder resolver las cuatro incógnitas indispensables en un posicionamiento satelitario que son las coordenadas X, Y, Z y t (tiempo).

Podemos encontrar receptores que utilicen el código C/A para determinar las mediciones de vectores, otros que lo hagan utilizando la señal L1 también llamados de simple frecuencia y por último encontramos los de doble frecuencia que como su nombre lo induce utilizan las señales L1 y L2. Es importante destacar que las precisiones ascienden a medida que pasamos del trabajo con código al de fase de la portadora como así también lo hacen sus costos.

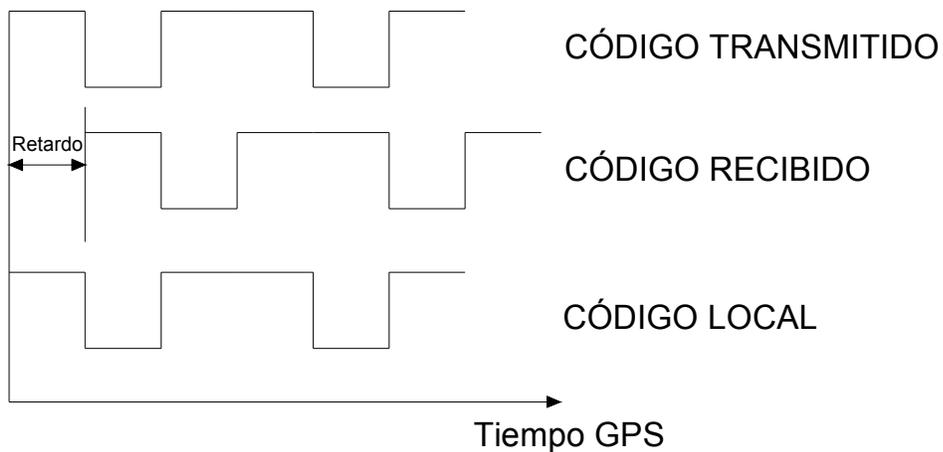
Posicionamiento mediante código C/A

El principal problema de GPS es medir la distancia entre el satélite y el receptor, para ello se utiliza el código C/A, debe medirse el tiempo necesario para que la señal recorra la distancia satélite-receptor. Puesto que se trata de medir tiempos es necesario contar con relojes adecuados, tanto en el receptor como en el satélite; cada satélite de la constelación cuenta con un código C/A diferente, lo que genera una modulación específica de la señal, exclusiva de cada satélite, de tal modo se obtiene un PRN (pseudoruido aleatorio) distintivo de cada satélite, el código C/A va asociado al tiempo, se repite cada milisegundo y le corresponde un instante determinado para comenzar cada repetición, ese instante no puede ser cualquiera, debe ser el mismo en todo el sistema.

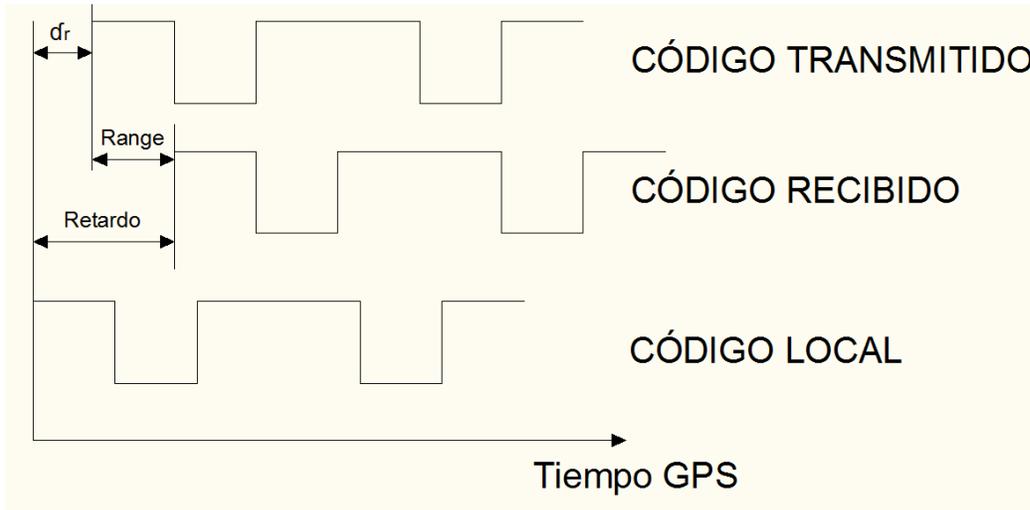


Medición de la distancia

Cada receptor tiene almacenado en su memoria réplicas de todos los PRN, así cuando recibe una emisión satelital puede efectuar el reconocimiento del satélite correspondiente, entonces el receptor genera interiormente una réplica de la señal recibida, luego lo que hace es comparar la señal recibida con la generada interiormente.



Observando desde el punto de vista de los tiempos, se miden pseudodistancias, ya que la sincronización entre los relojes del receptor y del satélite no puede ser perfecta (ya que la precisión del reloj del receptor es mucho menor a la del reloj satelital), entonces la distancia observada no es real, sino un valor cercano que difiere de una longitud $\delta_d = c(-\delta_r)$

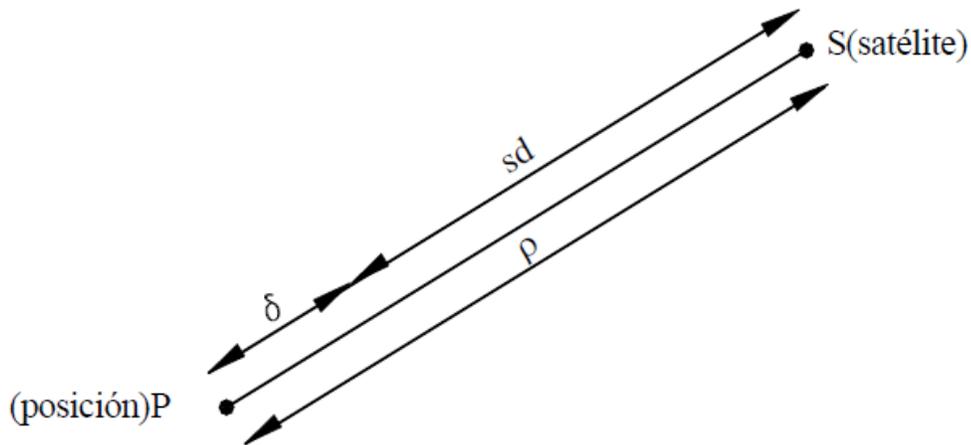


δ_r es una incógnita que representa el *error del reloj* del receptor respecto al sistema de tiempo GPS, por lo tanto:

3 de posición ($X_p; Y_p; Z_p$)

Hay 4 incógnitas: $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ de reloj } (\delta_r) \end{array} \right.$

Se resuelve observando cuatro satélites y resolviendo un sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas.



Coordenadas de S ($X_s; Y_s; Z_s$)

Coordenadas de P ($X_p; Y_p; Z_p$)

Entonces:

$$\rho^2 = (x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2 + (z_s - z_p)^2$$

Como $\rho = sd + \delta_D$ y $\delta_D = c(-\delta_r)$, entonces:

$$(sd - \delta_D)^2 = (x_s - x_p)^2 + (y_s - y_p)^2 + (z_s - z_p)^2$$

Se tiene una ecuación así por cada satélite.

En nuestro trabajo se utilizaron receptores GPS de simple frecuencia por lo que a continuación desarrollaremos brevemente sus fundamentos.

GPS diferencial utilizando fases de la portadora

Las portadoras L1 y L2, moduladas, son representadas por las siguientes ecuaciones:

$$L1(t) = a_1 P(t) D(t) \cos(f_1 t) + a_1 G(t) D(t) \sin(f_1 t)$$

$$L2(t) = a_2 P(t) D(t) \cos(f_2 t)$$

La fase cosenoidal de ambas portadoras es modulada por una secuencia de pulsos conocida como código P y representada en las ecuaciones anteriores con P (t)

La fase senoidal de la portadora L1 es modulada por una secuencia de pulsos llamada código C/A representada en segunda ecuación por G (t).

Además de los dos códigos, ambas fases de la portadora L1 y L2 son moduladas por una secuencia de baja frecuencia representada en las ecuaciones por D (t). Esta contiene un conjunto de informaciones necesario para el usuario, conocido con el nombre de mensaje.

El objetivo del procesamiento de la señal por el receptor GPS es la recuperación de los componentes de la señal, lo que incluye la reconstrucción de la onda portadora y la extracción de los códigos y del mensaje de navegación.

En el sistema GPS los satélites emiten una onda y los receptores generan una réplica de la misma; es importante resaltar que la distancia entre satélite y receptor varía continuamente, efecto que alterará la señal de llegada al receptor; conocido esto como efecto Doppler.

La medida de fase de la portadora está basada en el alineamiento de la señal del reloj del receptor con la señal del satélite lo que permite la determinación de la fracción de fase entre ambas señales. Por su parte el receptor es capaz de contar la cantidad de ciclos enteros a partir del momento de la conexión (t0) con el satélite debido a los cambios en la distancia receptor-satélite, a menos que se produzca alguna pérdida de ciclos durante el rastreo; esta cantidad de ciclos enteros es llamada "ambigüedad incógnita" N. Existe una para cada par receptor-satélite y permanece invariable.

Resumiendo se puede decir que las dos principales dificultades en la medida de la fase de la portadora están vinculadas al problema de la ambigüedad. Una referida a la dificultad en la obtención del número inicial de ciclos enteros de la portadora entre el receptor y el satélite, y otra tiene que ver con eventuales pérdidas de ciclos producidas cuando la señal del satélite es obstruida, impidiendo el rastreo mientras la obstrucción persiste. La solución en este último caso consiste en brindar al software la posibilidad de recuperar los ciclos perdidos por interpolación.

Lamentablemente la medida de la distancia satélite-receptor es influenciada por efectos accidentales y sistemáticos que dependen de la precisión en la medición de la fase, de cierta

imprecisión en la posición de los satélites, de la no sincronización de los relojes del satélite y del receptor y de los efectos de la refracción en las capas atmosféricas que las señales recorren.

Generándose la siguiente ecuación de observación:

$$\frac{\rho}{\lambda} = N + \Phi - f \cdot \Delta \delta - f \cdot \Delta A$$

Donde:

ρ : es la distancia geométrica entre el receptor y el satélite.

λ : longitud de onda la señal.

N: ambigüedad incógnita: cantidad de ciclos enteros hasta el instante de conexión.

$\Phi = n + \phi$: el observable de fase; n la cantidad ciclos más una fracción del anterior (ϕ), medidos desde un instante t_0 de conexión con un satélite.

f : la frecuencia emitida por el satélite.

$\Delta \delta = \delta S - \delta R$: diferencia entre la variación del reloj del satélite con el tiempo GPS: δS y la variación del reloj del receptor con el tiempo GPS: δR

ΔA : representa las alteraciones en el tiempo de recorrido de la onda ya que se propaga a través de la atmósfera. Incluye el efecto conjunto de la refracción ionosférica y troposférica.

Simple diferencia de fase:

Aplicando la ecuación de observación a dos receptores A y B a un satélite y en una misma época, tendremos:

Para A:

$$\Phi_{A_j}(t) - f_j \delta_j(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_{A_j}(t) - N_{A_j} - f_j \delta_A(t) + f_j \Delta A_{A_j}(t)$$

Para B:

$$\Phi_{B_j}(t) - f_j \delta_j(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_{B_j}(t) - N_{A_j} - f_j \delta_B(t) + f_j \Delta A_{B_j}(t)$$

Donde j representa al satélite j-ésimo, A y B dos receptores en Tierra y t es el instante.

En forma simplificada la diferencia entre ambas será:

$$\Phi_{AB_j}(t) = \frac{1}{\lambda} \rho_{AB_j}(t) - N_{AB_j} - f_j \delta_{AB}(t) + f_j \Delta A_{AB_j}(t)$$

Se puede observar que se han cancelado los efectos de los errores asociados al reloj del satélite ya que los dos receptores rastrean al mismo satélite en el mismo instante.

Las simples diferencias de fase también posibilitan una importante reducción de los errores orbitales y por refracción atmosférica (troposfera e ionosfera), ya que si la distancia entre los receptores es pequeña en comparación con los 20000 Km. de altura de los satélites, los efectos causados de los errores mencionados serán muy próximos y por tanto será muy pequeño. El monto de los errores mencionados será función de la separación entre receptores.

Cuando se utiliza el observable en la fase aparece el problema de la resolución de ambigüedades, que en general requerirá de tiempos de observación mucho más prolongados y de procedimientos de medición y de cálculo considerablemente más complejos.

El método de medición móvil denominado "stop and go" plantea como objetivo la determinación de coordenadas de puntos discretos con cierta rapidez. Un receptor se estaciona

en la base mientras que el otro se va trasladando de punto a punto, sin interesar la trayectoria intermedia, deteniéndose brevemente en cada punto incógnita (algunos minutos). Para que este método resulte exitoso se tienen que cumplir dos condiciones:

1. Se deben determinar las ambigüedades antes de comenzar el movimiento mediante una inicialización estática.

2. Se deben mantener las señales sin pérdidas de ciclos, lo que permitirá trasladar las ambigüedades a los puntos sucesivos.

Cabe aclarar que la existencia de obstáculos como túneles, densa arboleda, puentes, etc., se convierten en dificultades para la aplicación, ya que producen un corte de las señales recibidas y la pérdida de las ambigüedades iniciales, a menos que se disponga de la capacidad de recuperar la pérdida de ciclos mientras la antena está en movimiento.

El método Cinemático OTF o en tiempo real RTK, lograra grabar automáticamente, a medida que se desplaza por el terreno, un punto por cada intervalo de grabación y cada juego de coordenadas (X, Y, Z) quedará con precisión inferior a 5 centímetros para el 95% del total de puntos medidos.

Tomado de: E. Huerta, A. Mangiaterra, G. Noguera - Libro GPS, Posicionamiento Satelital; UNR Editora.

7- DESARROLLO DEL TRABAJO

7.1- RECOPIACION DE ANTECEDENTES

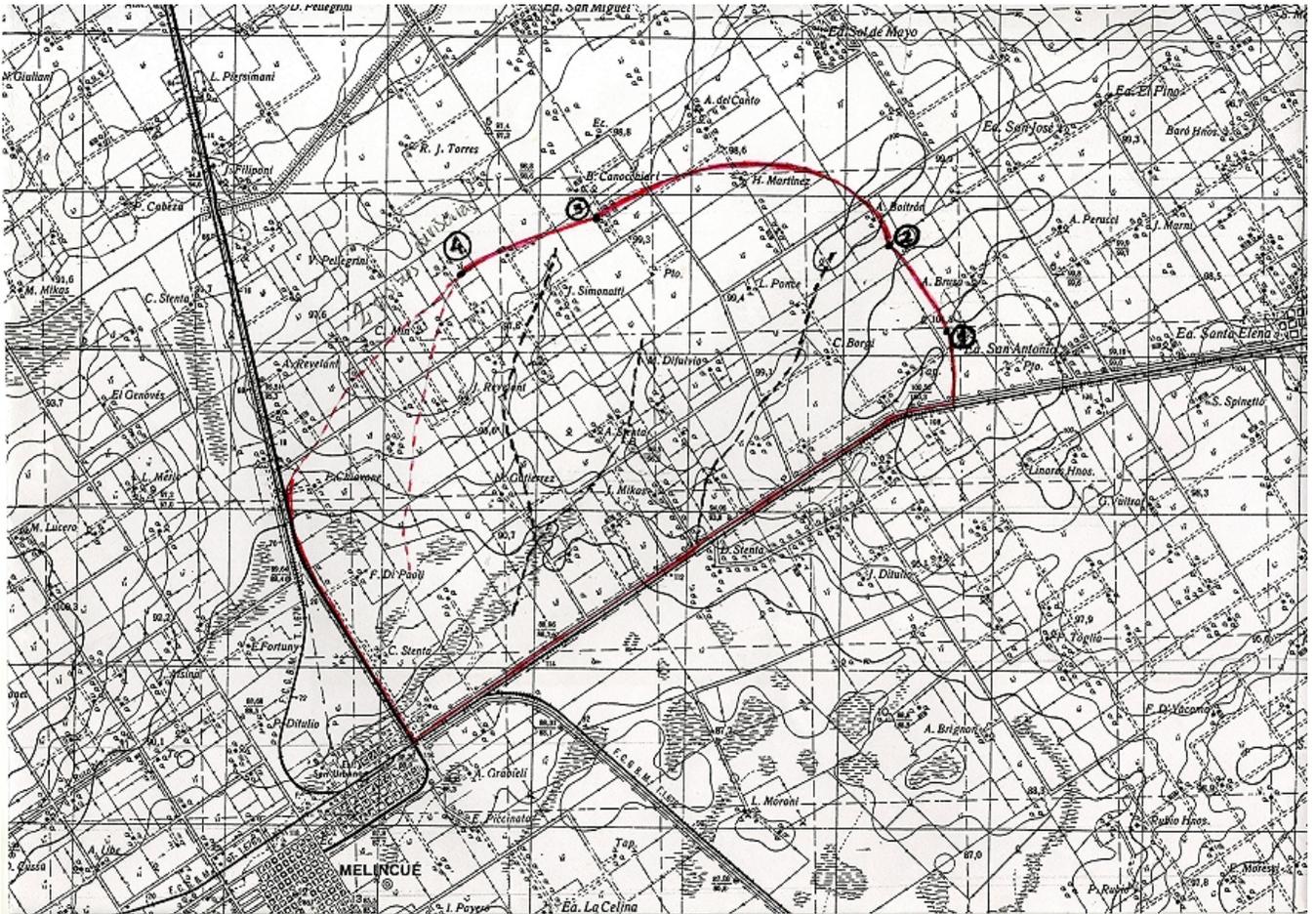
En esta etapa del trabajo se recopilamos diversos tipos de documentación que estuviese relacionada con la zona de terreno en estudio, recolectando:

- Carta topográfica del Instituto Geográfico Nacional (ex IGM) – Santa Fe - Melincué – Hoja 3360-25-3 - Escala 1:50.000 - Año 1959 - *Ver Anexo (Pág. 84)*
- Imagen satelital.
- Mosaico del INTA.
- Fotos aéreas.
- Carta de suelos.

La información que nos brindan estos antecedentes constituye la base común de este tipo de trabajo y nos permite obtener de antemano un panorama general de la topografía de sector.

Sobre la carta topográfica del IGN se determinó la cuenca hidrográfica aproximada (*figura 17*) que aportaría agua al sector en estudio, reconociendo los principales cursos de agua, divisorias de cuenca, vías de escurrimiento; y determinando un punto de concentración.

Una vez determinada la cuenca, se calcularon (sobre la carta) las coordenadas geográficas de 4 puntos elegidos arbitrariamente sobre la línea divisoria de cuencas, tanto para tener una noción de la latitud y longitud sobre la que trabajamos como para poder ubicarnos en el reconocimiento de campo y posterior relevamiento.



- Divisorias de cuenca.
- - - - Vías de escurrimiento.
- · · · Posibles divisorias de cuenca.

(Figura 17)

Coordenadas geográficas de los puntos:

	Latitud (° ' ")	Longitud (° ' ")
Punto 1	33 35 56	61 21 49
Punto 2	33 35 20	61 22 18
Punto 3	33 35 09	61 24 54
Punto 4	33 35 30	61 25 59

7.2- RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Viajamos hacia la ciudad de Melincué y luego nos trasladamos hacia la zona rural donde se encuentra el terreno en estudio. Una vez allí, realizamos una recorrida por todo el área, abarcando no sólo el terreno en cuestión sino una extensión mayor, ya que consideramos que el aporte de agua que recibe este terreno proviene de dicha extensión.

Durante esta tarea contamos con un navegador G.P.S para tener una noción de las coordenadas geográficas de los distintos elementos relevantes, los cuales se indican en la siguiente imagen:



En primer lugar identificamos una alcantarilla (1) cercana al ramal de vías, donde se encuentra el cruce de éstas. Por este conducto escurre toda el agua que aporta la zona más elevada que se encuentra sobre la parte norte del camino público rural.



FOTO 1- Latitud: 33°38'14.7"; Longitud: 61°25'41.6"

Puente sobre vías (2): Ubicado a la misma altura que la alcantarilla.



FOTO 2 - Latitud: 33°38'15.4"; Longitud: 61°25'41.1"

Tranquera de acceso al terreno (3):

En este sector es donde se da el mayor problema de erosión, la gran velocidad del agua desprende las partículas del suelo y las transporta, dejando las raíces de árboles al descubierto.



FOTO 3



FOTO 4 - Latitud: 33°37'19.7"; Longitud: 61°23'59.8"

El agua socava la tierra dando lugar a la formación de cárcavas.

En el sector del casco del campo (4) también se observa la erosión que socava las raíces de los árboles.



FOTO 5 - Latitud: 33°36'56.5"; Longitud: 61°24'18.2"

Hacia el Este del casco existe la formación de un suelo lavado (5), afectado por la erosión laminar, desnudo de vegetación.



FOTO 6

En uno de los **extremo Sur-Oeste del campo (6)**, sector donde se acumula el agua.



FOTO 7 - Latitud: 33°37'26.9"; Longitud: 61°24'13.2"

Además se tomaron las coordenadas de otros puntos relevantes tales como:

Punto más alto de la zona (7) (intersección de caminos). Latitud: 33°36'09.4"; Longitud: 61°23'31.9".

Punto en zona baja del camino al Este (8) (acumulación de agua). Latitud: 33°36'18.4"; Longitud: 61°23'28.1".

Punto extremo Nor-Oeste del campo (9). Latitud: 33°36'45.8"; Longitud: 61°24'44.7".

7.3- RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO

El relevamiento fue realizado el día 15 de Noviembre de 2011.

Comenzamos estacionando la base GPS en el Lote 1, el cual se encontraba sembrado con maíz, se inicializó el receptor GPS remoto colocando la antena fija sobre el techo de una camioneta, y se comenzó con el relevamiento de dicho lote tomando puntos cada cinco segundos en el modo continuo. En este lote se realizó la primera calicata (*figura 18*).

Se procedió de la misma manera para los ocho lotes diferentes, los cuales están separados por alambrados internos.

Lote 2: rastrojo de soja, sembrado con pastura (avena). Ganado vacuno y ovino.

Lote 3: pastura para ganado ovino.

Lote 4: rastrojo de maíz, sembrado con soja y un sector con pastura (avena).

Lote 5: tierra arada.

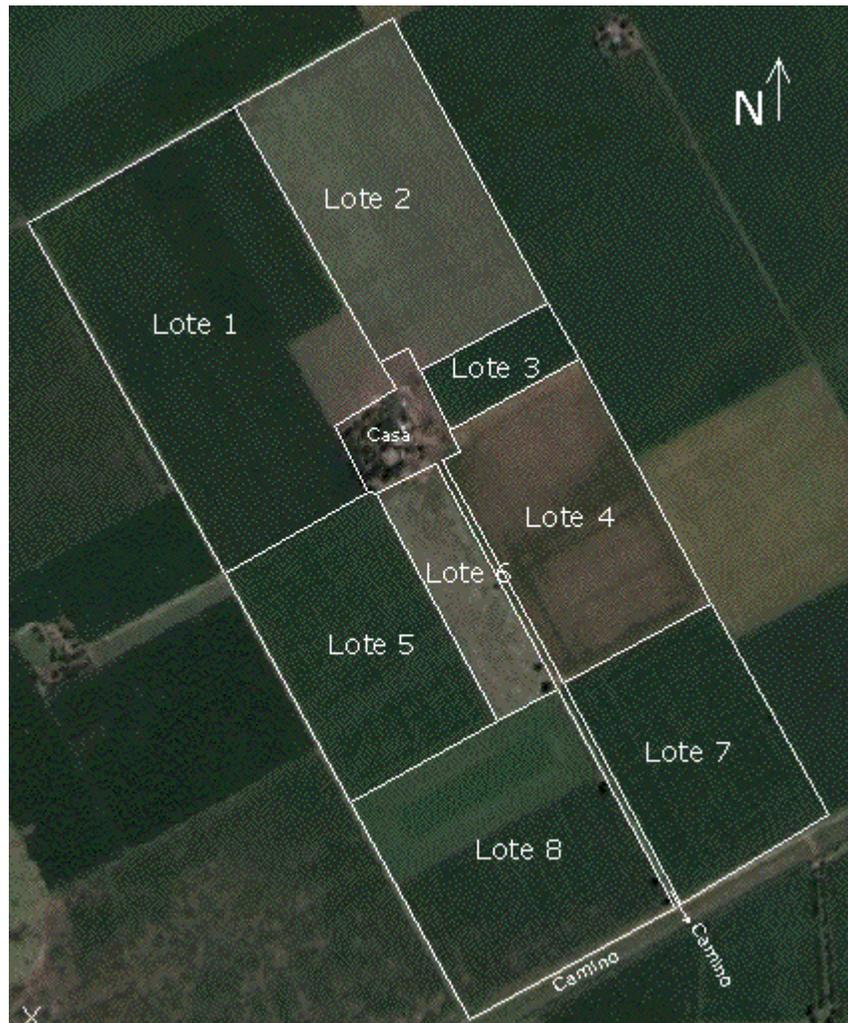
Lote 6: ganado vacuno.

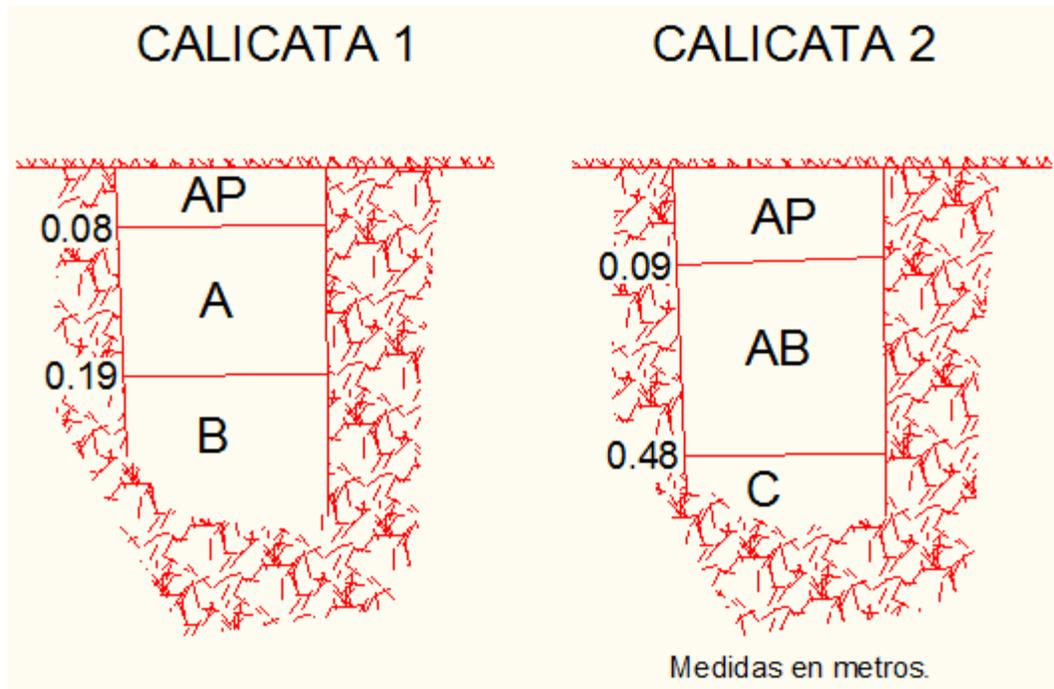
Lote 7: pastura (alfalfa y avena)

Lote 8: pastura (avena verde).

En el lote 8 realizamos una nueva calicata.

Todos los lotes mencionados se encuentran graficados en la siguiente figura:





(Figura 18).

Ap: Horizonte A perturbado

A: Horizonte A

B: Horizonte B

AB: Horizonte mezclado, predominan las propiedades del horizonte A sobre el B.

Comparando los perfiles de suelo de ambas calicatas, observamos que existe una presencia de mayor espesor en el horizonte Ap en la calicata 2 (lote 8) debido a que el suelo es transportado por el agua desde la zona más alta (calicata 1, lote 1) y depositado en la zona más baja.

7.4- PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

CARTOGRAFIA

Para la elaboración de la cartografía se procesó la información obtenida del relevamiento del terreno mediante dos software básicamente:

- Surfer, para el Modelo digital del terreno.
- Autocad Civil 2010, para el trazado de curvas de nivel, digitalización de información, elaboración de perfiles.

Como resultado del procesamiento se obtuvieron los siguientes mapas cartográficos:

Lámina 1: Cartografía básica.

Lámina 2: Relevamiento planialtimétrico.

Lámina 3: Fotocarta.

Lámina 4: Modelo digital de terreno.

Lámina 5: Ubicación de las terrazas.

Lámina 6: Perfil Longitudinal del camino público frentista.

8- ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

8.1- ESTUDIO DE PÉRDIDA DE SUELO

La ecuación universal de pérdida de suelo es:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

A: pérdida de suelo en tonelada/hectárea/año.

R = 475, valor obtenido de la figura de Pág. 46

K: Datos analíticos de la Pág. 22/23 aplicados en el monograma de la Pág. 47.

% limo, 63.4

% de arena, 11.6

%de materia orgánica, 3.46

Estructura, granular mediana.

Permeabilidad, moderada. (serie Hughes).

K = 0.24

C = 0.36 para cultivo de maíz/maíz en el sistema convencional.

P = 0.90, debido a que si bien el cultivo no esta sembrado a favor de la pendiente, no existen practicas de conservación.

$$LS = \left(\frac{L}{22.1} \right)^m * (65.41 * \text{sen}^2\theta + 4.56 * \text{sen}\theta + 0.065)$$

Para el cálculo de la pendiente tomamos como referencia el punto más alto del sector de la cuenca y un punto sobre la cárcava en el terreno. La longitud de la misma es de 1976.5 metros, con un desnivel de 8.18 metros. $\theta = 0^\circ 14' 13.66''$

LS = 0.51

$$A = 475 * 0.24 * 0.51 * 0.36 * 0.90 = 19.88 \text{ t/ha/año.}$$

8.2- CALCULO DEL CAUDAL

Método Racional:

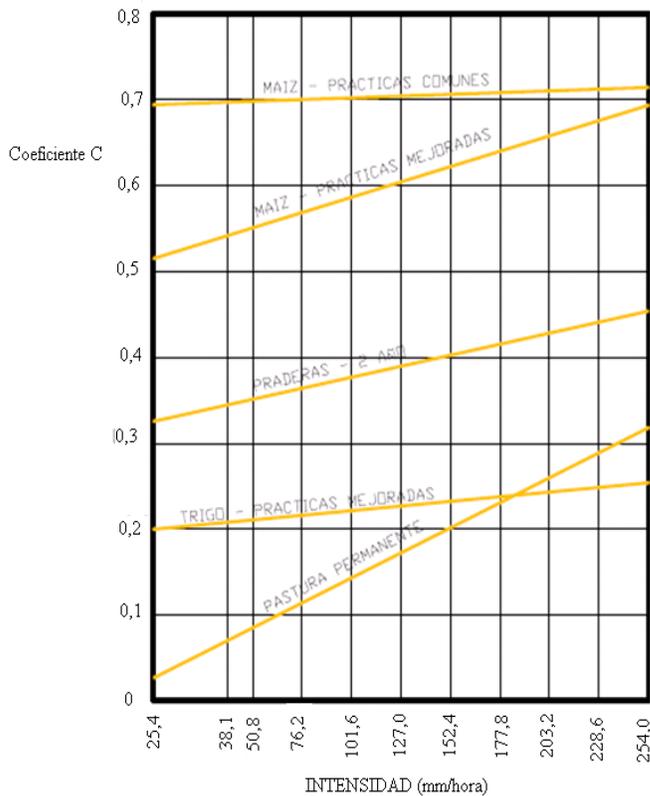
Este método se utiliza para predecir el escurrimiento de una cuenca pequeña teniendo en cuenta algunos factores, y queda expresado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{C \cdot I_c \cdot A}{360}$$

Q: Caudal máximo o pico de escurrimiento en m³/s.

C: Coeficiente de escurrimiento. Es la relación entre el pico de escurrimiento y la intensidad de la lluvia. Los parámetros que lo afectan son la infiltración, la cobertura, los canales y superficies de almacenamiento, y la intensidad de la lluvia, se define como:

El valor del parámetro C varía mucho en función del tipo de uso del suelo.



I_c: Intensidad de la lluvia en mm/h para una duración igual al tiempo de concentración y para el período de ocurrencia elegido.

Para el cálculo de la intensidad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$I_c = \frac{I \cdot T^C}{T}$$

I: Es la intensidad de la precipitación en mm/s

TC: Es el tiempo de concentración en segundos.

T: Es el tiempo durante el que se midió la intensidad de la lluvia.

El tiempo de concentración TC es el tiempo requerido por el agua para escurrir desde el punto más lejano de la cuenca hasta la salida (punto donde quiero calcular el caudal), una vez que el suelo esté saturado y las depresiones menores cubiertas. El cálculo del mismo es dificultoso en forma precisa.

La fórmula que se utiliza para el cálculo del tiempo de concentración es:

$$TC = 0,02 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

TC: Tiempo de concentración en minutos.

L: Recorrido máximo del escurrimiento (en metros).

S: Pendiente media de la superficie.

A: Área de la cuenca en hectáreas.

PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO

- Área de la cuenca A:

El área de la cuenca de influencia sobre el Punto de Control (Ver Lámina 5) es de:

$$A = 145.210592 \text{ Has}$$

- Cálculo de la pendiente S:

Se consideró la pendiente máxima existente en el terreno.

Altura máxima: 127.75 m

Altura mínima: 119.50 m

La longitud del recorrido máximo de la gota es de 2500 m

$$S = \frac{\text{dif de altura}}{\text{recorrido de la gota}} = \frac{127.75 - 119.50}{2500} = 0.0033$$

- Cálculo del Tiempo de Concentración:

$$TC = 0,02 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

$$L = 2500 \text{ m}$$

$$S = 0.003$$

$$TC = 0,02 \cdot (2500)^{0,77} \cdot (0,0033)^{-0,385} = 74,61 \text{ min}$$

El valor del TC final obtenido anteriormente, será utilizado para el cálculo de intensidad de lluvia (I), y éste se obtiene interpolando sobre datos estadísticos de intensidad de lluvias correspondientes a una determinada zona.

La tabla utilizada para dicha interpolación es la siguiente:

Localidad	Lluvia máx. en mm con un período medio de retorno de 10 años para una duración de:			
MELINCUE	TIEMPO	30 min	1 h	2 h
	INTENSIDAD	45 mm	55 mm	65 mm

Fuente: INTA Venado Tuerto.

- Cálculo de la Intensidad de la lluvia:

$$I_c = \frac{I \cdot TC}{T} = \frac{45 \text{ mm} \cdot 74,51 \text{ min}}{30 \text{ min}} = 111,91 \text{ mm}$$

- Cálculo del coeficiente de escurrimiento:

El uso va a depender del tipo de vegetación o cultivo que existe sobre el terreno. En nuestro caso tomamos como uso de suelo maíz-prácticas comunes, ya que es un suelo de uso agrícola y la mayor parte del tiempo esta siendo trabajado, además no se realizan ningún tipo de prácticas de conservación de suelo, con la intensidad y la práctica de uso, obtenemos el valor de $C = 0,7$.

Entonces:

$$Q = \frac{C \cdot I_c \cdot A}{360} = \frac{(0,7) \cdot (111,91) \cdot (145.210592)}{360} = 31,60 \text{ m}^3/\text{seg}$$

8.3- METODO PARA CONTROLAR LA EROSION

Analizando las relaciones de costo-beneficio, proponemos aplicar el método mecánico de terrazas, construyendo las mismas con una separación de 500 m. De esta manera estaríamos cortando la pendiente, y por lo tanto, disminuyendo la velocidad del agua, causante de la erosión; y además se mejoraría la infiltración y evaporación del agua superficial, derivando el excedente hacia un canal colector mayor.

Aplicando este método estaríamos reduciendo la pérdida de suelo (según la ecuación universal de la pérdida de suelo), ya que los factores LS y P reducen sus valores y pasan de tener LS= 0.51 y P= 0.90 a:

$$LS= 0.29$$

$$P= 0.60$$

Por lo tanto el valor de la pérdida de suelo se reduce notablemente de 19.88 a 7.14 t/ha/año, cuyo valor se encuentra dentro de las tolerancias admisibles.

Además de este método, se podría realizar una defensa contra el cárcavamiento sobre los sectores erosionados que se encuentran en el camino de acceso (foto 3 y 4), para lo cual proponemos realizar una presa de ramas de uso corriente o una más resistente de albañilería (figura de la pag. 57) para poder disminuir la velocidad del agua.

Más allá de las propuestas mencionadas, sostenemos que este tipo de trabajos es interdisciplinario, con lo cual sería conveniente el aporte de información y propuestas de parte de otros profesionales, como lo son los Ingenieros Agrónomos, Civiles, Hidráulicos, etc.

9- CONCLUSION

Resaltamos la importancia que este estudio le brinda al propietario en materia de conocimiento de las características físicas y geométricas de su inmueble, presentándose en forma ordenada y bien definida, sin olvidar que se incluyeron además, las características edafológicas del terreno, permitiendo informar completamente al propietario acerca de las cualidades, calidades y deficiencias que puedan tener sus tierras para un determinado uso, pudiendo ser estos de carácter agropecuario, civil, etc.

Observamos que tanto en el sector particular de nuestro estudio, como en un amplio radio de la zona, los problemas de erosión hídrica son típicos debido a la presencia de pronunciadas pendientes, por lo que consideramos que este tipo de estudio es fundamental para decidir que técnica de conservación aplicar y que la misma permita alcanzar resultados óptimos.

Además, el éxito final de los programas de conservación depende de la medida en que los problemas erosivos hayan sido identificados, de la idoneidad de las medidas de conservación seleccionadas para controlar el problema, y de la disposición de los agricultores y restantes agentes relacionados para llevarlas a cabo. Estos rasgos de una estrategia para controlar la erosión son muy importantes. Es también esencial, la correcta definición de las áreas con mayores riesgos de erosión y, como consecuencia, de los principales orígenes de sedimentos. El sistema de conservación debe estar estrechamente relacionado con el problema erosivo.

La conservación del suelo es un tema interdisciplinar. Requiere información sobre el riesgo de erosión, conocimiento de los procesos geomorfológicos que intervienen y de los factores que los controlan; conocimiento de los sistemas agrícolas; aptitud para diseñar sistemas agrícolas económicamente aceptables, satisfacer las aspiraciones de los agricultores; y capacidad para ejecutar cualquier propuesta y aconsejar, dentro de un marco legal, sobre su mantenimiento.

10- BIBLIOGRAFIA

- ❖ Libro: Instituto Geográfico Nacional – IGM 130 años IGN – 1º ed. – Buenos Aires, Noviembre de 2009.
- ❖ Ing. Geog. Hugo J. Marelli, Agr. Edgardo Weir, Ing. Agr. Alfredo Lattanzi y Ing. Agr. Raul Diaz - “Técnicas de Conservación de suelo”, INTA.
- ❖ R. P. C. Morgan Silsoe Collage, Granfield University. “EROSION Y CONSERVACION DEL SUELO”. Ediciones Mundi-Prensa 1997
- ❖ F. Azpilicueta, C. A. Brunini, E. Huerta, B. Jiménez, A. Mangiaterra, M. P. Natali, G. Noguera, R. Perdomo, R.C. Rodríguez. “GEORREFERENCIACION”. UNR Editora.
- ❖ Apunte: Sistemas y marcos de referencia – Cátedra: Geodesia II.
- ❖ Apuntes de la Cátedra de Geromorfología.
- ❖ Ing. Gfa. B. Jiménez - Apunte de Modelos Digitales de Terreno, Topografía III.
- ❖ Ing. Gfa. Beatriz Jiménez - Cursos de estaciones totales (año 2002).
- ❖ E. Huerta, A. Mangiaterra, G. Noguera - Libro GPS, Posicionamiento Satelital; UNR Editora.
- ❖ Publicación “Hidrología (Modelado fluvial)” y “El modelado del Valle Fluvial” – Autor: Popolizio, Eliseo.
- ❖ Alfredo Castellanos. “Estratigrafía y génesis de los valles fluviales en los bloques tectónicos pampeanos” – UNR Editora.
- ❖ Carta de Suelos de la República Argentina – Hoja 3360-25 MELINCÚÉ – Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – Buenos Aires 1974 .
- ❖ Dra. Pierina Pasotti – Ing. Oscar Albert – Ing. Carlos A. Canoba. – “Contribución al conocimiento de la Laguna Melincué”

Página web:

- ❖ <http://es.wikipedia.org>

11- ANEXO

RESUMEN

Síntesis del Proyecto:

Este proyecto consiste en el estudio de la situación actual de una zona de terreno dentro de la cuenca de la Laguna de Melincué, ubicada en el Distrito Carreras, en las cercanías de la ciudad de Melincué.

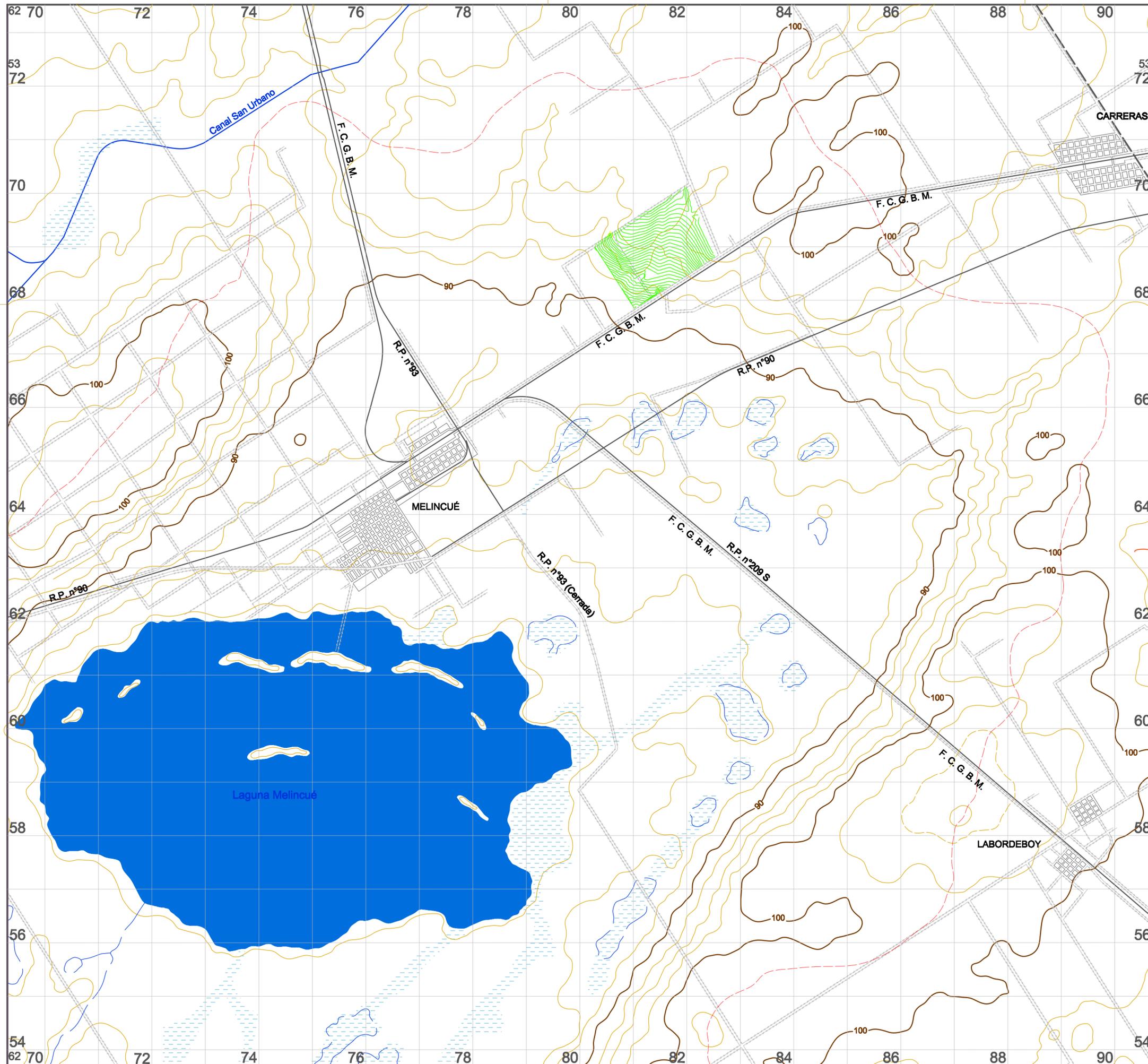
El estudio pretende analizar los procesos erosivos que afectan la zona, permitiendo brindar al propietario la posibilidad de conocer en detalle, las características físicas y geométricas de su inmueble de una forma ordenada y bien definida. Además se incluyen las características edafológicas del terreno, permitiendo informar completamente al propietario acerca de las cualidades, calidades y deficiencias que puedan tener sus tierras para determinados usos.

Para ello se realizó un relevamiento planialtimétrico, lo que nos permitió tomar conocimiento acerca de la topografía del mismo, mediante la confección de un mapa de curvas de nivel y un modelo digital del terreno.

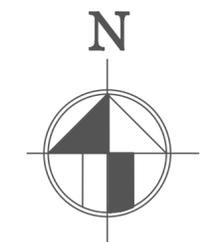
Se reconocieron las características edafológicas a partir del estudio del perfil del suelo en 2 (dos) zonas distintas del terreno.

Se realizó un perfil longitudinal a lo largo del camino público frentista, para conocer en detalle el escurrimiento del agua a través el mismo.

Una vez detectados y analizados los procesos erosivos que afectan la zona, se expone una propuesta para controlar los mismos, acompañada por un fundamento técnico (cálculo de la pérdida de suelo).



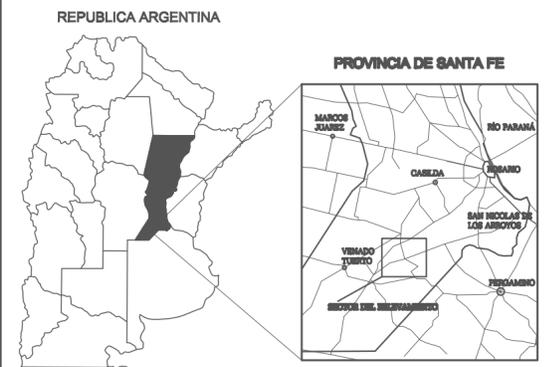
CARTOGRAFÍA BASICA



REFERENCIAS:

1. ALAMBRADO
2. CAMINO DE TIERRA
3. RUTA PAVIMENTADA
4. ZONA DE URBANA
5. FERROCARRIL GBM
6. CURVA DE NIVEL PRINC.
7. CURVA DE NIVEL SECUND.
8. PUNTO FIJO I.G.N.
9. CUENCA (Laguna Melincué)

UBICACIÓN:



3363-30-4	3360-25-3
CHOVET	MELINCUÉ
3363-36-2	3360-31-3
ELOORTONDO	HUGHES

Vectorización de cuatro Cartas Topográficas coincidentes del IGN.

EQUIDISTANCIA:

Curvas Principales: 10.00 m

Curvas Secundarias: 2.50 m

ESCALA: 1:50000

Punto Trigonométrico IGN

Malla	Orden	Numero	Tipo	Nombre
5F	IV	2051	P.T.	CHACRA STENTA

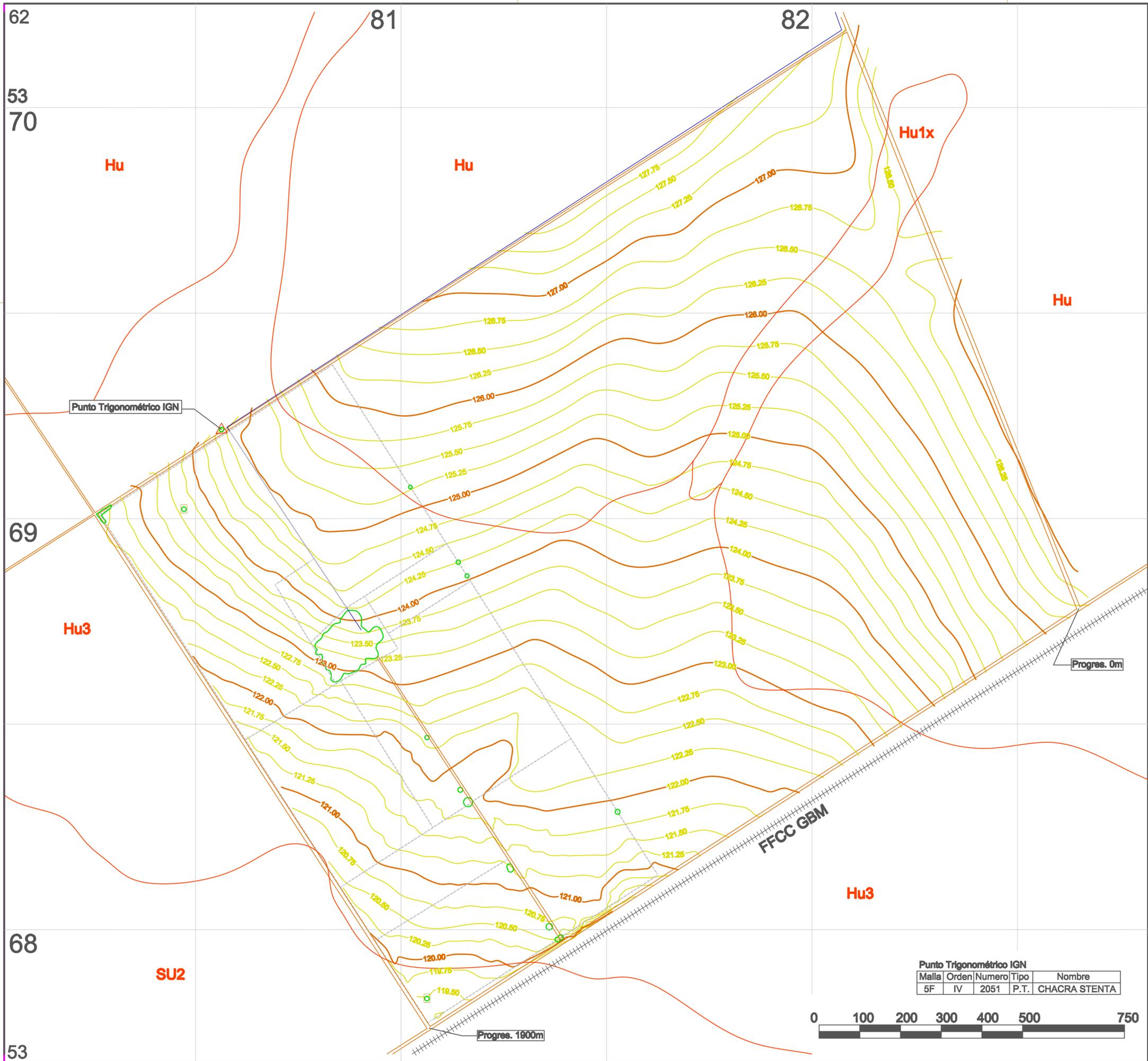
Receptas:
 Base Trámbo 4800
 Bover Trámbo E3
 Tipo de suelo extraído de la Carta de Suelos del INTA.
 Las coordenadas expresadas son Proyección Plana Gauss Krugger, con Faja N° 5.

LAMINA N°1

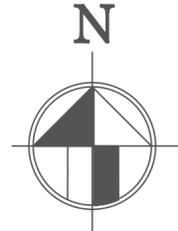
Alumnos:
 Bondaz, Camila
 Garbarino, Iván
 Lázzari, Jaqueline

Fecha:
 20-Diciembre-2011





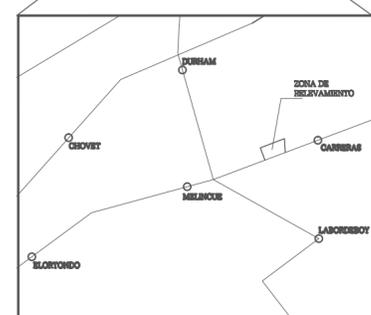
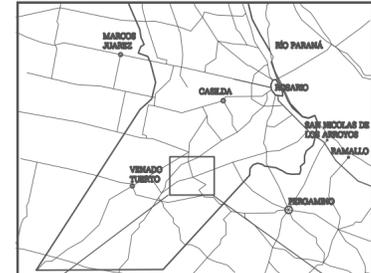
RELEVAMIENTO PLANIALTIMETRICO



REFERENCIAS:

1. ALAMBRADO
2. CAMINO DE TIERRA
3. RUTA PAVIMENTADA
4. ZONA DE MONTE
5. ZONA EDIFICADA
6. LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
7. TIPO DE SUELO
8. FERROCARRIL GBM
9. CURVA DE NIVEL PRINC.
10. CURVA DE NIVEL SECUND.
11. PUNTO FLOJO I.G.N.
12. CALICATA

UBICACIÓN:



Receptores:
 Base Trimble 4600
 Rover Trimble R3
 Tipo de suelo extraído de la Carta de Suelos del INTA.
 Las coordenadas expresadas son Proyección Plana Gauss Krugger, con Faja N° 5, Meridiano central 60°.

EQUIDISTANCIA:
 Curvas Principales: 1.00 m
 Curvas Secundarias: 0.25 m
ESCALA: 1:6500

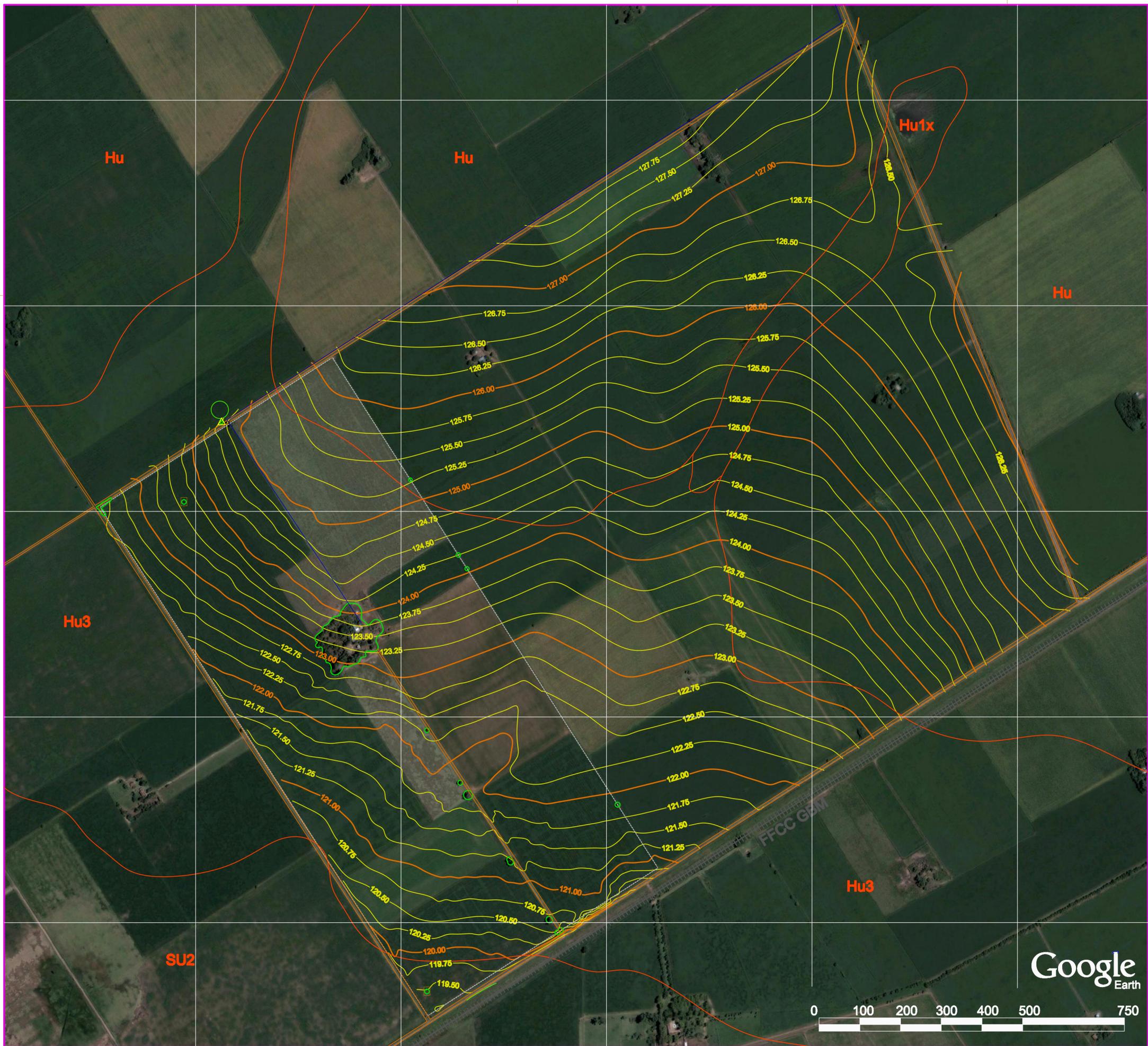
LAMINA N°2

Alumnos:
 Bondaz, Camila
 Garbarino, Iván
 Lázzari, Jaqueline

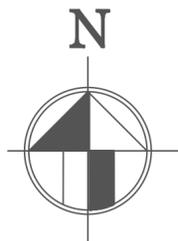


Fecha:
 20-Diciembre-2011

Punto Trigonómico IGN				
Malla	Orden	Numero	Tipo	Nombre
5F	IV	2051	P.T.	CHACRA STENTA



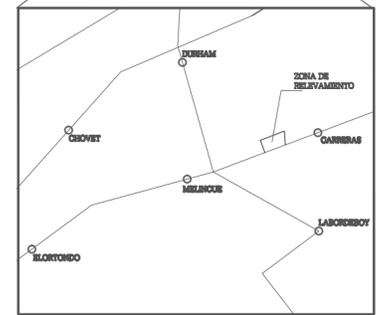
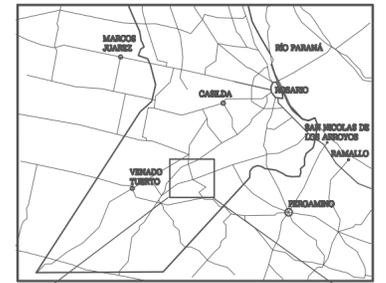
FOTOCARTA



REFERENCIAS:

- | | | |
|-----|------------------------|--|
| 1. | ALAMBRADO | |
| 2. | CAMINO DE TIERRA | |
| 3. | RUTA PAVIMENTADA | |
| 4. | ZONA DE MONTE | |
| 5. | ZONA EDIFICADA | |
| 6. | LÍNEA DE ALTA TENSIÓN | |
| 7. | TIPO DE SUELO | |
| 8. | FERROCARRIL GBM | |
| 9. | CURVA DE NIVEL PRINC. | |
| 10. | CURVA DE NIVEL SECUND. | |
| 11. | PUNTO FIJO I.G.N. | |
| 12. | CALICATA | |

UBICACIÓN:



Georreferenciación de imagen extraída de Google Earth. (16/02/04)
 Receptores:
 Base Trimble 4600
 Rover Trimble R3
 Tipo de suelo extraído de la Carta de Suelos del INTA.
 Las coordenadas expresadas son Proyección Plana Gauss Krugger, con Faja N° 5, Meridiano central 60°.

EQUIDISTANCIA:

Curvas Principales: 1.00 m

Curvas Secundarias: 0.25 m

ESCALA: 1:6500

LAMINA N°3

Alumnos:
 Bondaz, Camila
 Garbarino, Iván
 Lazzari, Jaquelin



Fecha:
 20-Diciembre-2011

MODELO DIGITAL DE TERRENO

Vista Este



Vista Oeste



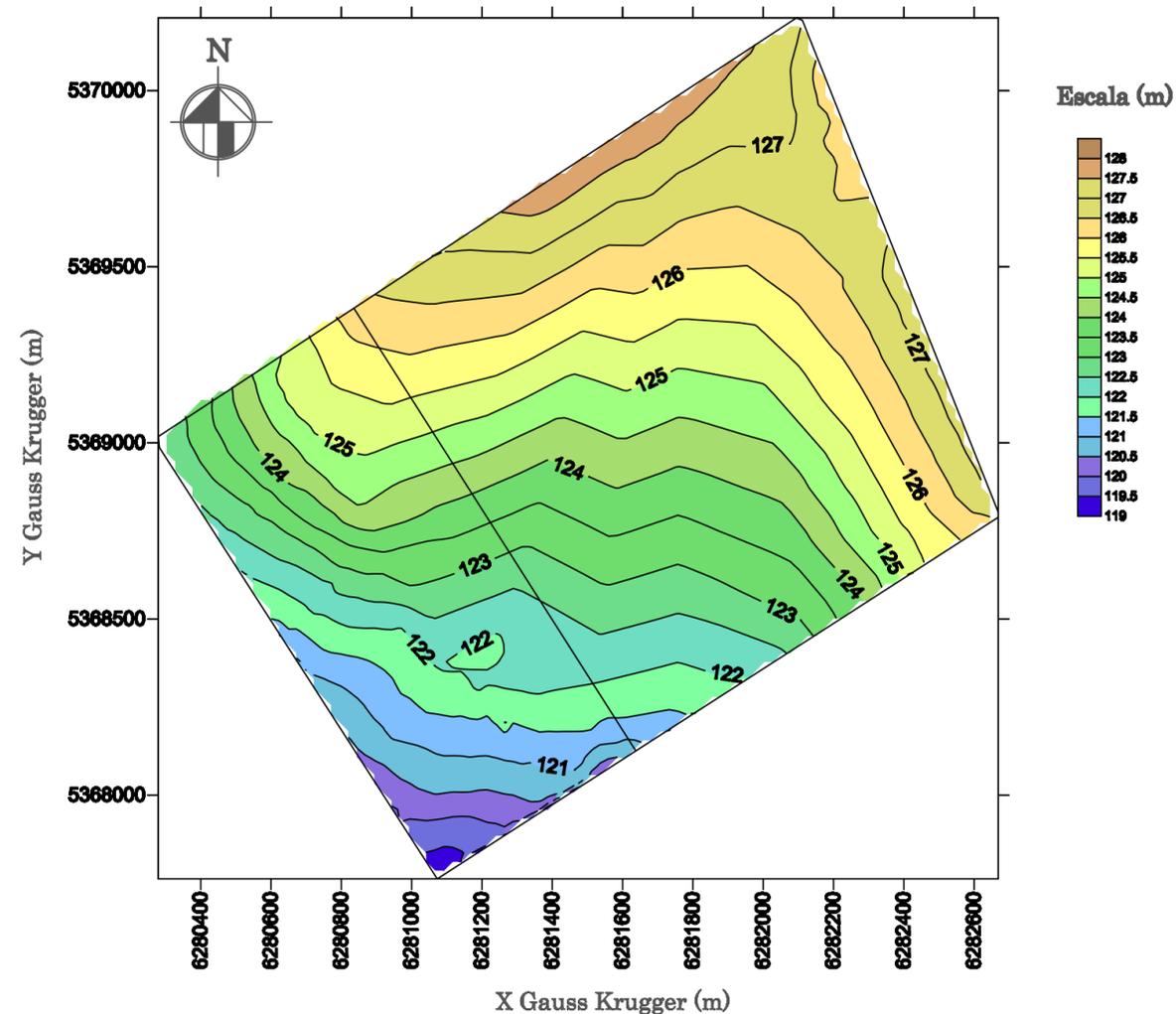
Vista Norte



Vista Sur



Vista Planta



Receptores:
Base Trimble 4600
Rover Trimble R3
Método de interpolación: Triangulación con interpolación lineal.
Las coordenadas expresadas son Proyección Plana Gauss Krüger,
con Faja N° 5.

LAMINA N°4

Alumnos:
Bondaz, Camila
Garbarino, Iván
Lázzari, Jaqueline

Fecha:
20-Diciembre-2011



UBICACION DE LAS TERRAZAS

UBICACIÓN DE QUIEBRES PRINCIPALES

Punto	Coordenadas	
	X (m)	Y (m)
A	6280584.3976	5369214.1338
B	6280693.3211	5369028.6204
C	6280849.5626	5368928.4083
D	6281078.831	5369001.2574
E	6280433.6116	5368753.4856
F	6280882.3076	5368532.5078
G	6281098.0175	5368492.9121
H	6281303.8572	5368553.0388
I	6281377.1185	5368533.8347
J	6280759.3762	5368248.4548
K	6280989.9286	5368075.6479
L	6281117.5937	5368047.7843
M	6281350.9126	5368014.0547
N	6281467.7107	5368015.6321

Las coordenadas expresadas son Proyección Plana Gauss Krugger, con Faja N° 5. Meridiano central 60°.

REFERENCIAS:

- ALAMBRADO
- CAMINO DE TIERRA
- CANAL COLECTOR
- ZONA DE MONTE
- ZONA EDIFICADA
- UBICACION DE TERRAZA
- CURVA DE NIVEL PRINC.
- PUNTO FIJO I.G.N.
- DIRECCION DEL ESCURRIMIENTO
- DIVISORIA DE AGUAS

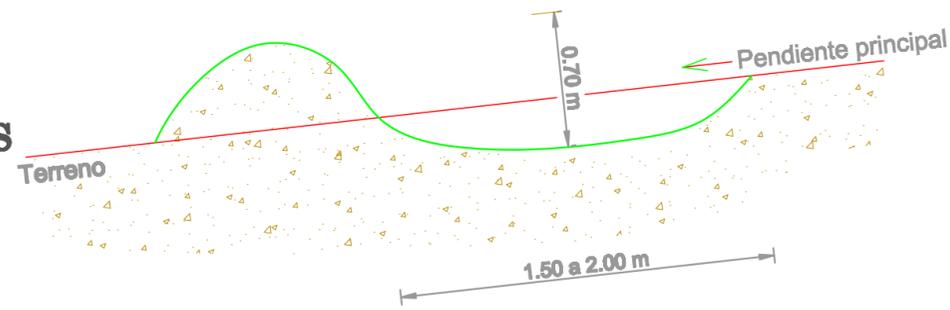
LAMINA N°5

Alumnos:
Bondaz, Camila
Garbarino, Iván
Lázzari, Jaqueline

Fecha:
20-Diciembre-2011

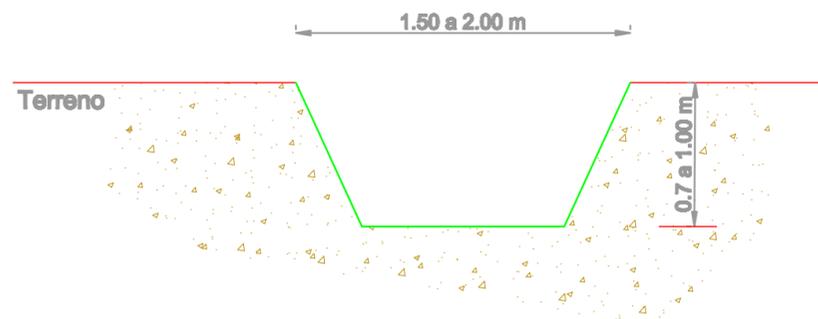


PERFIL TIPICO DE LA TERRAZA NO CULTIVABLE



La pendiente longitudinal de la terraza no debe superar el 0.1-0.2%.

PERFIL DEL CANAL COLECTOR



La pendiente longitudinal del canal no debe superar el 0.1-0.2%.

SUPERFICIES DE LA CUENCA DE INFLUENCIA

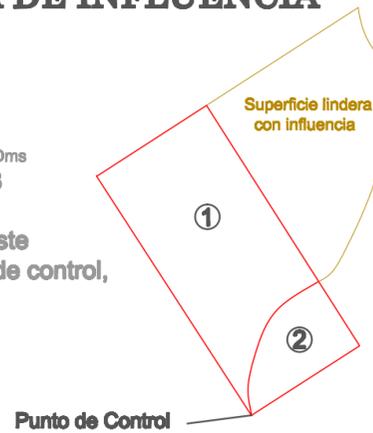
Superficie del sector 1: 79 33 40 34

Superficie del sector 2: 20 95 79 33

Superficie linderas con influencia: 65 87 65 58

El sector 1, junto con la superficie linderas nor-este conforman la cuenca de influencia en el punto de control, haciendo una superficie de: 145 21 05 92

El sector 2 desagua directamente en el canal principal.



ESCALA: 1:6500

Punto Trigonómico IGN				
Malla	Orden	Numero	Tipo	Nombre
5F	IV	2051	P.T.	CHACRA STENTA

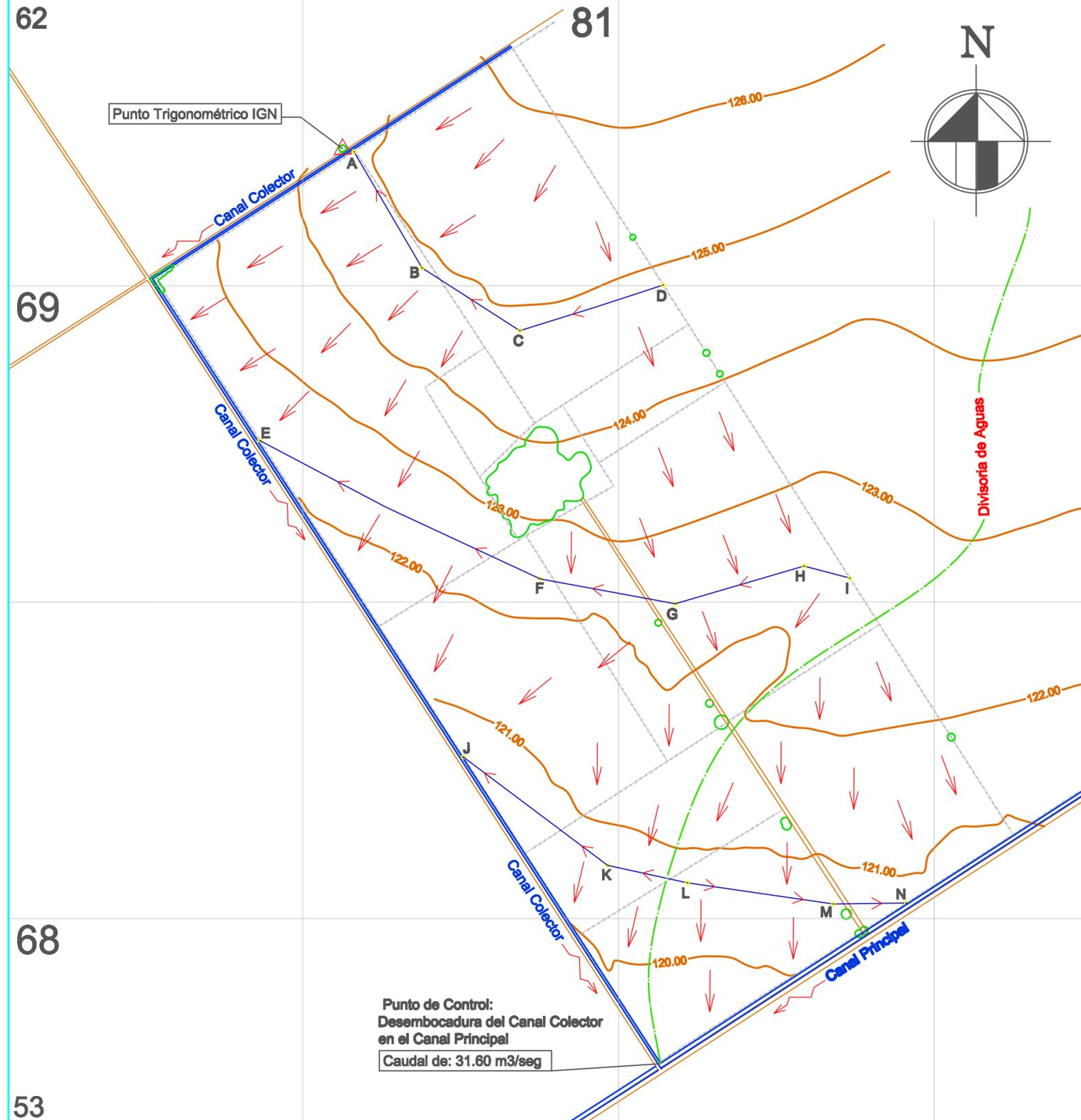
62

69

68

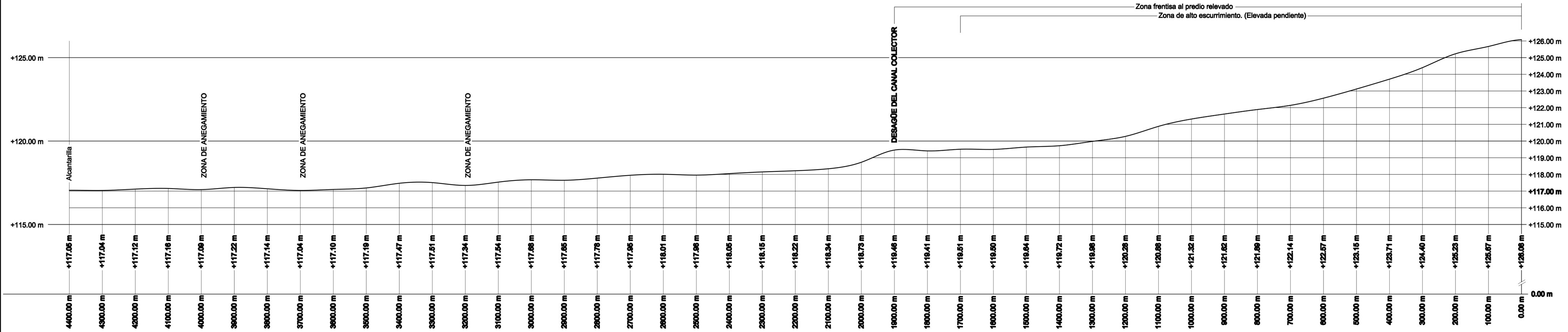
53

Punto Trigonómico IGN



Punto de Control:
Desembocadura del Canal Colector
en el Canal Principal
Caudal de: 31.60 m³/seg

PERFIL LONGITUDINAL DE CAMINO PÚBLICO FRENTISTA



PROGRESIVAS

LAMINA N°6	
NIVELACION REALIZADA CON SISTEMAS GPS Receptores: Base Trimble 4600 Rover Trimble R3	ESCALAS: VERTICAL: 1:500 HORIZAONTAL: 1:100
Alumnos: Bondaz, Camila Garbarino, Iván Lazzari, Jaqueline	Fecha: 20-Diciembre-2011

