

Sessevalle, Santiago de

Descripción de un protocolo para determinar profundidad de tosca en la zona sudoeste de la provincia de Buenos Aires

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central “San Benito Abad”. Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Sessevalle, S. de. 2013. Descripción de un protocolo para determinar profundidad de tosca en la zona sudoeste de la provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/descripcion-protocolo-determinar-profundidad.pdf> [Fecha de consulta:.....]

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA
ARGENTINA**

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**DESCRIPCIÓN DE UN PROTOCOLO PARA
DETERMINAR PROFUNDIDAD DE TOSCA EN LA ZONA
SUDOESTE DE LA PROVINCIA DE
BUENOS AIRES**

**Trabajo Final de Graduación para optar por el título de
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Santiago de Sessevalle

Profesor Tutor: Ricardo Latour

Fecha: 19 de junio de 2012

“En muchos aspectos, se sabe más de los espacios siderales que de lo que ocurre bajo nuestros pies”

Ing Agr Lidia Giuffre de López Carmelo

RESUMEN

En la región del sudoeste bonaerense, las características del clima y el suelo son dos factores que limitan el potencial agrícola ganadero. La alta variabilidad en las precipitaciones, tanto intra como interanual, sumado a suelos con una escasa profundidad efectiva producto de una plancha de carbonato de calcio cementado (tosca) a diferentes profundidades, conforman una realidad ambiental difícil. Los resultados, tanto físicos como económicos, dependerán de la aplicación justa y adecuada de los insumos necesarios para las distintas situaciones de suelo, ya que los mismos determinan diferentes ambientes productivos y sus producciones potenciales.

La capa de tosca es una seria limitante en la exploración radicular y la recarga de napas. Pese a que los suelos que se encuentran sobre la misma son fértiles y muy productivos, la presencia de tosca condiciona seriamente los resultados. Es por esta razón que se propone el mapeo mediante la medición de profundidad de tosca, describiéndose en el presente trabajo, una metodología o protocolo para la confección del mismo.

El presente protocolo ha sido validado en el establecimiento Bidarte, el cual ha sido íntegramente mapeado por el que suscribe. Asimismo se han analizado mediciones a dos distancias de muestreo diferentes, concluyendo que el muestreo a 20 metros de distancia entre punto y punto resulta el más adecuado.

Finalmente se logró representar en un mapa la profundidad a la que se encuentra la tosca en una determinada superficie, como también el resumen de estos datos en una planilla y en un cuadro.

ÍNDICE

Introducción y Objetivos	
Antecedentes	5
Zona	6
Campo	10
Potrero	16
Tosca	24
Carbonato de calcio	24
Formación de la tosca	25
Almacenamiento de agua	28
Horizontes	30
Rocas sedimentarias	33
Clima	37
Materiales y Métodos	41
Trabajo de Campo	41
Herramientas	42
Proceso	43
Resultado parcial	51
Trabajo de Escritorio	52
Herramientas	52
Proceso	52
Resultado final	59
Comparación de distancias de muestreo	60
Uso de la conductividad eléctrica para la determinación de la capa de tosca	62
Resultados y Discusiones	65
Conclusiones	66
Anexos	67
Anexo 1 - Mapa completo de profundidad de tosca del establecimiento Bidarte	67
Anexo 2 – Datos de profundidad de tosca de establecimiento Bidarte	68
Anexo 3 - Carta de Suelos de la Republica Argentina Hoja 3760 - 25 – Líbano	69
Anexo 4 - Carta de Suelos de la Republica Argentina Hoja 3760 - 25 – Líbano	70
Detalle del establecimiento Bidarte y del potrero 5A	70
Anexo 5 - Carta de Suelos de la Republica Argentina Hoja 3760 - 25 – Líbano	71
Detalle del establecimiento Bidarte y del potrero 5A	71
Anexo 6 - Carta de Suelos de la Republica Argentina Hoja 3760 - 25 – Líbano	72
Detalle del potrero 5A del establecimiento Bidarte	72
Anexo 7 - Comparacion de margenes brutos para una misma explotacion con y sin agricultura de presicion	73
Bibliografía	74

ANTECEDENTES

La idea de este trabajo final de graduación, surge a raíz de una tarea que me fue encomendada por la firma Bidarte S.A., en donde se me solicitó el mapeo de profundidad de tosca en dos de sus campos, Bidarte y El Porvenir, los cuales se caracterizan por esta limitante edáfica.

Habiendo pasado por de un período de escasa humedad en el perfil debido a las escasas precipitaciones que caracterizaron a la región y cuyo efecto se demuestra en forma potenciada en los suelos con tosca subsuperficial, se deseaba usar esta información para delimitar ambientes someros y profundos y trabajarlos en forma diferenciada.

Los dos establecimientos en que se realizó este trabajo suman 5556 hectáreas, en ellos se realizaron mediciones a 60 metros de distancia entre punto y punto debido a una decisión empresarial.

Allí fue donde surgió la idea de realizar un protocolo donde se explique claramente la manera en que se puede medir la profundidad de tosca en un campo de la zona.

Con respecto a la recolección de información y estudio del material, se observó la abundancia de trabajos que nos detallan la geografía y formaciones geológicas de la zona. Por el contrario poco se encontró referido a la tosca y su limitante en la agricultura para una mejor producción agropecuaria. Llama la atención la falta de información existente en un tema que afecta tanto la producción de una de las regiones más productivas del país.

LA ZONA

La Región Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, está formada por 14 partidos, los cuales son: Bahía Blanca, Cnel. de Marina Leonardo Rosales, Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Suárez, General La Madrid, Laprida, Monte Hermoso, Patagones, Puán, Saavedra, Tornquist, Tres Arroyos y Villarino.



Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires

La producción agropecuaria del sudoeste bonaerense manifiesta una fuerte especialización en las actividades agropecuarias, con oscilaciones vinculadas a los precios internacionales y, durante las dos últimas décadas, con una tendencia al predominio de la agricultura.

Tomando en cuenta el tipo de producción predominante en la superficie rural de cada uno de los partidos, se identifican varios sistemas productivos, uno más amplio, de especialización agrícola y otros dos de predominio ganadero, (cría e invernada).

En términos cuantitativos, la cuenca productiva del sudoeste representa algo más del 30 % de la producción nacional de cereales, principalmente trigo y un valor cercano al 20 % en oleaginosos, especialmente girasol.

Además, se verifica un aumento significativo de la producción de cebada cervecera, con más del 30 % del agregado provincial y concentra también cerca del 25 % del stock ganadero provincial.

El trigo, girasol, la cebada cervecera y la carne vacuna sustentan los principales complejos agroalimentarios del sudoeste bonaerense. En ellos se asientan las actividades económicas de las explotaciones agropecuarias, las relacionadas con las agroindustrias y proveedoras de insumos, las estructuras de comercialización y transporte, así como las vinculadas con los sectores financieros y de vinculación tecnológica.

Desde la década del '70 se observa una abrupta expansión de los cultivos de soja y girasol que sirvió de base para el desarrollo de una nueva industria con dinamismo exportador que aprovechó las condiciones favorables del mercado mundial. Las exportaciones de esta industria fueron las más dinámicas de las tres últimas décadas, originando en el período actual más de la quinta parte de las exportaciones totales del país. Además de los aceites, se producen harinas y tortas de oleaginosas como subproducto que se utilizan en la fabricación de alimentos balanceados.

El estancamiento de la ganadería pampeana, contrasta con los avances que se han dado en la agricultura. La producción ganadera muestra una tendencia decreciente, al igual que el stock total de vacunos, y su productividad se mantiene en valores similares a los registrados hace ya medio siglo.

En este marco, el país pasó de una clara hegemonía en el comercio internacional de carne a un rol marginal. (INDEB 2010)

La región sudoeste presenta una gran complejidad ambiental, que incluye ambientes tan distintos como las Sierras de la Ventana recién nombrados, los bajos de Laprida y la zona costera del Océano Atlántico.

Estas diferencias en topografía han dejado su huella en la distribución de suelos, como consecuencia de esto, las actividades que se realizan, así como la productividad potencial de estas actividades varía entre las diferentes zonas dentro de la región.

Dentro de esta zona encontramos el sistema serrano de Sierra de la Ventana en el cual aflora el basamento cristalino de la Era Precámbrica formado por rocas ígneas y metamórficas, más específicamente por granitos.

El Sistema de Ventania, posee de 180 kms de extensión y aproximadamente 60 kms de ancho máximo, está formado por una compleja estructura de plegamientos. Representa un ejemplo geológico destacable a nivel mundial, ya que es uno de los sistemas más antiguos del mundo, con edades que van de los 280 a los 500 millones de años. Muestran a través de sus pliegues la fuerza con la que se elevó este cordón hace aproximadamente 260 millones de años.

Las rocas más antiguas han sido datadas en 650 millones de años, las mismas corresponden al basamento cristalino (rocas ígneas), sobre la cual se apoya la cobertura de roca sedimentaria.

En su mayor parte está constituido por rocas cuarcíticas originadas por el trabajo constante del océano, que ocupaba esta región durante la era primaria o paleozoica. La orogenia de las sierras se produjo en la Era Mesozoica y en la Era Cenozoica o Era Terciaria; los fuertes movimientos tectónicos que afectaron al planeta produjeron en estas sierras una importante destrucción, que juntamente con los efectos erosivos labraron una morfología caracterizada por las fuertes pendientes, abras transversales a la elongación de las sierras y cerros cuyas rocas se ven totalmente partidas y fracturadas. Son sierras de idénticas características a las del Sur de África y Australia.

En este antiguo sistema se han encontrado fósiles y huellas de animales anteriores a los dinosaurios, y toda la zona está regada de vestigios de la fauna marina conformada por moldes de valvas de conchillas, entre otras especies, pertenecientes al paleozoico medio, de unos 400 millones de años de antigüedad. En ese paisaje el parque ofrece sectores vírgenes con fósiles del Devónico inferior entre paredes de rocas plegadas.

En el sistema plegado del Cabo (Sudáfrica) se han hallado rocas con restos fósiles similares, esto evidenciaría que África se hallaba unida al continente Sudamericano en el momento de originarse estos depósitos. El comportamiento dúctil del material, determina un intenso plegamiento, que da origen al conjunto de Sierras que hoy después de su formación, y habiendo sufrido ya una fuerte erosión, podemos observar.

Este Basamento es posible observarlo aflorando, en territorios de lo que actualmente es la vecina República Oriental del Uruguay y a más de 20 m.s.n.m. en la Isla Martín García, mientras se va hundiendo escalonadamente hacia el Sur, Sudoeste, hacia la cuenca del río Salado, en la Pampa deprimida, en donde se calcula, por métodos geofísicos, que su techo se encuentra a más de 6000

mts de profundidad. En la Ciudad de Buenos Aires se lo ha encontrado por medio de perforaciones, en el Jardín Zoológico a 283 mts de profundidad, a 401 m por debajo de la superficie en Puente de la Noria y aflorando en el Parque Lezama.

Se caracterizan éstas por ser sierras de escasa altura que apenas superan los 1100 m.s.n.m. y sus mayores alturas se encuentran en el cerro Tres Picos con 1239 m.s.n.m. siendo éste el más alto de la Provincia de Buenos Aires y el Cerro Ventana con 1136 m.s.n.m.

Su lado noreste contiene suelos similares a los de los piedemontes de Tandilia, aunque la tosca subyacente es más consolidada, limitando muy severamente la exploración radicular. Además el clima es más seco y frío, provocando más limitantes al desarrollo de los cultivos.

Por el lado sudoeste muestran un perfil de suelo más fino, con menor contenido de materia orgánica.

El flanco sur posee un relieve de meseta. Se reconocen en las partes altas suelos muy someros y en los valles los suelos son profundos debido a movimientos erosivos que acumularon sedimentos.

Los suelos de la región presentan una gran variedad de limitantes diferentes para la producción agrícola. Quizás la dominante sea la profundidad efectiva de los suelos debido a las planchas de carbonato de calcio cementado que se encuentra sobre el granito en las zonas aledañas al cordón serrano.

En las zonas donde los depósitos eólicos no la han cubierto o que han sido sometidos a procesos de erosión natural, la tosca se encuentra en superficie.

Gran parte de la variabilidad de los rendimientos en la región está determinada por la profundidad a la que aparece la tosca la cual funciona como una limitante para el crecimiento de las especies, reduciendo la cantidad de recursos disponibles. Al mismo tiempo cabe aclarar que el efecto sobre el rendimiento es diferente según el cultivo del que se trate y ésta es la clave del manejo apropiado de los suelos con tosca.

Con respecto a la hidrografía, El río Sauce Grande es uno de los más importantes de la región, nace a 500 m.s.n.m. en el sistema serrano y es el principal afluente del dique "Paso de las Piedras", que constituye el reservorio de agua para consumo humano más importante en la zona de influencia.

Recoge las aguas de las sierras de los arroyos Curá Malal, Ventana y De Las Tunas. Nace en la Sierra de La Ventana, con un caudal importante en época de lluvias, y pasa por Villa Arcadia y por Saldungaray antes de desembocar el dique de "Paso de Las Piedras". Entre sus afluentes más importantes se encuentran el arroyo Sauce Grande, el Atravesado, El Toro, El Negro, Rivero, del Loro, San Diego, San Bernardo, San Teófilo, Rivera y El Zorro.

EL CAMPO

Este trabajo se realizó en el establecimiento Bidarte perteneciente a la firma Bidarte S.A. El mismo queda en el partido de General Lamadrid, próximo a la estación Líbano, en la provincia de Buenos Aires.

Se encuentra sobre la ruta provincial 76 a 40 kilómetros de la rotonda que une General Lamadrid con Laprida y a 40 kilómetros de la rotonda que une Coronel Suarez con Coronel Pringles.

La superficie del campo es de 2990 has de las cuales 2553 has pertenecen a suelos roturables y 437 pertenecen a bajos.

El campo se dedica a la explotación agrícola y ganadera.



Establecimiento Bidarte y detalle del potrero en el cual se trabajó

En cuanto a la agricultura, las labores se hacen por administración exceptuando la cosecha y se cultiva con siembra directa trigo, maíz, soja, sorgo y girasol.

En el año 2008 se comenzó a medir la profundidad de tosca en dos establecimientos de la empresa y en un campo arrendado que poseen la misma limitante de tosca, sumando en total 5.900 has relevadas.

Con estos datos se empezó a demarcar los lugares someros y los profundos para sembrar con distintas densidades de una misma especie o bien con distintas especies para cada ambiente. Este trabajo se hacía en forma artesanal demarcando con banderas las zonas someras y profundas teniendo el cuidado de que las zonas determinadas fueran de más de 20 hectáreas, buscando un formato del área que facilite el trabajo de las maquinarias.



Imagen Satelital del 2 de enero de 2011

Actualmente se aplica la siembra y fertilización variable mediante la aplicación de un programa de computación sembrando todo el potrero como una sola unidad, posibilitando regular la maquinaria con hasta 5 densidades distintas y sin el uso de banderas que delimiten los sectores del potrero.

Los rendimientos promedio son:

Rendimientos promedio del Establecimiento Bidarte

La ganadería se caracteriza por realizarse el ciclo completo, cría, recría e invernada. Además se cuenta con un plantel Hereford el cual se insemina y provee de toros a los planteles de hacienda general

La invernada se lleva a cabo en verdes de invierno utilizando triticale y sobre pasturas polifíticas sembradas en forma convencional, también con el sistema de siembra variable, las que tienen una duración de 4 años.

La cría se lleva a cabo en los bajos y rastrojos y, dependiendo de la oferta forrajera del momento, se utilizan también pasturas para una mejor cría del ternero.

A su vez hace 2 años se vienen implantando pasturas de bajo para revalorizar éstos y hacerlos más productivos.

La altura sobre el nivel del mar del establecimiento es de 201 metros y los datos climáticos obtenidos en el establecimiento son:

- Temperatura media de enero: 21,4 °C
- Temperatura media de julio: 6,6 °C
- Temperatura media anual: 19,8 °C
- Precipitación media: 739 mm

Con respecto al Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires, ubicamos el campo en el **Dominio Edáfico 2**, este se caracteriza por:

- La inclinación de los terrenos.
- La capa subsuperficial de carbonato de calcio cementado que determina regiones someras y profundas.

Este dominio posee suelos que se formaron a partir del loess que cubrió los como los faldeos de Sierra de la Ventana como ocurrió en todo el resto de la llanura pampeana.

Estos sedimentos loessicos que, se encuentran cubriendo la capa de carbonato de calcio consolidado pueden tener un espesor promedio de un metro debido esto a la topografía de esta capa cementada la cual es mucho más irregular que la parte superior del suelo. En las zonas del pedemonte es donde observamos las ondulaciones más pronunciadas, y cuanto más nos acerquemos a las Sierras, mayor serán las ondulaciones.

En toda la región podemos diferenciar los siguientes suelos:

- **Hapludoles petrocalcicos:** Partes superiores de las lomas donde la tosca está más cerca de la superficie.
- **Arguidoles típicos, francos finos y sus fases someras e inclinadas:** En las pendientes y senos entre lomas.
- **Arguidoles típicos asociados con Arguidoles acuicos:** En las partes distales del pedemonte donde el relieve se atenúa.
- **Argialboles arguacuicos, Udipsamentos típicos, Ustifluventes molicos, Natracualfes típicos y Natracuales típicos:** En las vías de escurrimiento que nacen en los faldeos.
- **Haplustoles y Argiustoles típicos:** Al oeste de las Sierras de la ventana en diversas posiciones del paisaje.
- **Hapludoles enticos y sus fases someras:** En las unidades del norte y noroeste donde los elementos originarios son más gruesos.

A su vez, dentro del Dominio Edáfico 2, la Unidad Cartográfica que nos interesa porque es donde se encuentra nuestro lugar de investigación es la **2f** la cual se caracteriza por poseer un paisaje del tipo de planicies inclinadas, muy suavemente onduladas, sectores distales del pedemonte serrano con importantes afloramientos de tosca y una inclinación de la superficie que no alcanza normalmente el 2 %.

Los suelos son asociaciones de Argiudol típico, franco fino, somero, con Argiudol típico y Hapludol petrocalcico. La Tosca se encuentra en menor profundidad, siendo dominantes los suelos someros.

En algunos cauces de escasa representación areal se han descripto Argiacuoles típicos y luego suelos alcalinos los cuales se pueden identificar como suelos menores.

Las limitaciones características se deben a que la mayor parte de esta unidad está afectada por la escasa profundidad de los suelos. En algunos sectores la predregosidad superficial es tal que limita las labranzas

La representación simbólica de esta Unidad Cartográfica seria:

M₁₇tc3s – M₁₇tc – M₁₈pa
2f
Pr Pe

Donde:

M₁₇tc3s: ARGIUDOL TÍPICO, franco fino, somero

Orden: Molisol
Gran Grupo: Argiudol
Subgrupo: Típico
Familia: franco fino somero

M₁₇tc: ARGIUDOL TÍPICO

Orden: Molisol
Gran Grupo: Argiudol
Subgrupo: Típico

Ambos se ubican en las lomas, pendientes y planicies.

Profundidad: Muy profundo (140 cm.). Desarrollo fuerte (A1-B1-B2t-B3- C).

Bien drenado. Sin alcalinidad. No salino.

Características del horizonte superficial A1: Espesor 31 cm, muy provisto de materia orgánica (7.1%) y textura franca.

Características de los horizontes subsuperficiales: B1, horizonte de 8 cm de espesor, textura franco-arcillosa y estructura en bloques bien definidos y escasos barnices. Pasa gradualmente al B2t (26 cm de espesor), cuya textura es franco-arcillosa y estructura prismática y barnices comunes.

El horizonte de transición B3 (38 cm) es de textura franco y débil estructura en bloques; el horizonte C tiene estructura franca.

Observaciones: En el Sistema de Ventania es común encontrar suelos de fase somera, en donde el perfil edáfico es interrumpido (entre los 50 y 100 cm. de profundidad) por un sustrato de tosca.

M₁₈pa: HAPLUDOL PETROCÁLCICO

Orden: Molisol
Gran Grupo: Apludol
Subgrupo: Petrocalcico

Se encuentra en las áreas cuspidales de las lomas.

Profundidad muy somera (22 cm). Sin desarrollo (A1-tosca).

Moderadamente bien a bien drenado. Sin alcalinidad. No salino.

Características del horizonte superficial A1: Espesor 22 cm, muy provisto de materia orgánica (7,7%) y textura franco-arcillosa. Como rasgos destacables podemos nombrar que presenta algunos fragmentos de tosca.

Observaciones: El espesor del horizonte A1 es muy variable, debido a las ondulaciones de la tosca subyacente. El contenido de materia orgánica es generalmente más alto que en los suelos profundos que son sometidos a labores culturales.

Pr: Limitación por profundidad

Pe: Limitación por pedregosidad

EL POTRERO

El potrero en que se trabajo tiene una superficie de 110,7 has. En este como en todo el resto de los campos se midió la profundidad de tosca a 60 metros de distancia dando como resultado 42 has determinadas como suelo somero y 50 has como suelo profundo, correspondiendo suelos bajos las 18,7 has restantes.



Potrero 5A del Establecimiento Bidarte

Las coordenadas del potrero en cuestión son:

1	Latitud: 37 34' 01,94447" S Longitud: 61 23' 19,23128" O	4	Latitud: 37 33' 49,83470" S Longitud: 61 24' 07,88582" O
2	Latitud: 37 34' 01,49215" S Longitud: 61 23' 19,59851" O	5	Latitud: 37 33' 50,24991" S Longitud: 61 24' 08,40482" O
3	Latitud: 37 33' 36,03876" S Longitud: 61 23' 50,43178" O	6	Latitud: 37 33' 58,73477" S Longitud: 61 24' 19,00736" O
		7	Latitud: 37 34' 24,10820" S Longitud: 61 23' 47,80958" O

Su historial y rendimientos promedios son los siguientes:

Campaña	Potrero	Cultivo	Superficie	Rinde (Kgs/ha)
1997 - 1998	5 ^a	T	92	4070
1998 - 1999	5 ^a	M	92	2913
1999 - 2000	5 ^a	G	92	1860
2000 - 2001	5 ^a	T - VI	92	3789
2001 - 2002	5 ^a	S	92	2000
2002 - 2003	5 ^a	T - PI	92	2386
2003 - 2004	5 ^a	PP	92	-
2004 - 2005	5 ^a	PP	92	-
2005 - 2006	5 ^a	PP	92	-
2006 - 2007	5 ^a	PP	92	-
2007 - 2008	5 ^a	M	92	1400
2008 - 2009	5 ^a	G	92	1740
2009 - 2010	5A Som	SGO	42	-
2009 - 2010	5A Prof	M	50	667
2010 - 2011	5A Som	SJA	42	2455
2010 - 2011	5A Prof	G	50	2857
2011 - 2012	5A Som	C	42	3048
2011 - 2012	5A Prof	T	50	4182

Historial del potrero 5A

T: Trigo; M: Maíz, G: girasol; VI: Verdeo de Invierno; PP: Pradera; SGO: Sorgo; SJA: Soja.

Cabe aclarar que en la campaña 2009 – 2010, la zona fue afectada por una gran sequia por lo cual el sorgo de ese año se uso como alimento para la ganadería y el maíz dio un rendimiento muy bajo.

Como se puede observar, hasta le campaña 2008 – 2009, todo el potrero fue trabajado como una sola unidad, siendo a partir de la campaña 2009 – 2010 cuando se comenzó a trabajar en forma diferenciada por ambientes, luego de esto podemos ver como el buen uso de los ambientes se vio reflejado en los rendimientos y en los análisis de suelo.

Ambiente	Superficie	P (ppm)	M.O. %	N-NO³ (ppm) 0-20	N-NO³ (ppm) 20-40
Todo	92	12,40	4,91	66,17	32,96
Profundo	50	15,27	4,90	45,70	28,17
Somero	42	3,00	4,67	18	12,3

Promedio histórico de los análisis de suelo del potrero 5A

Inicialmente se demarcaron en forma artesanal tres sectores, uno somero al centro y dos profundos en los extremos, en ellos se sembraron especies distintas o la misma con distintas densidades.

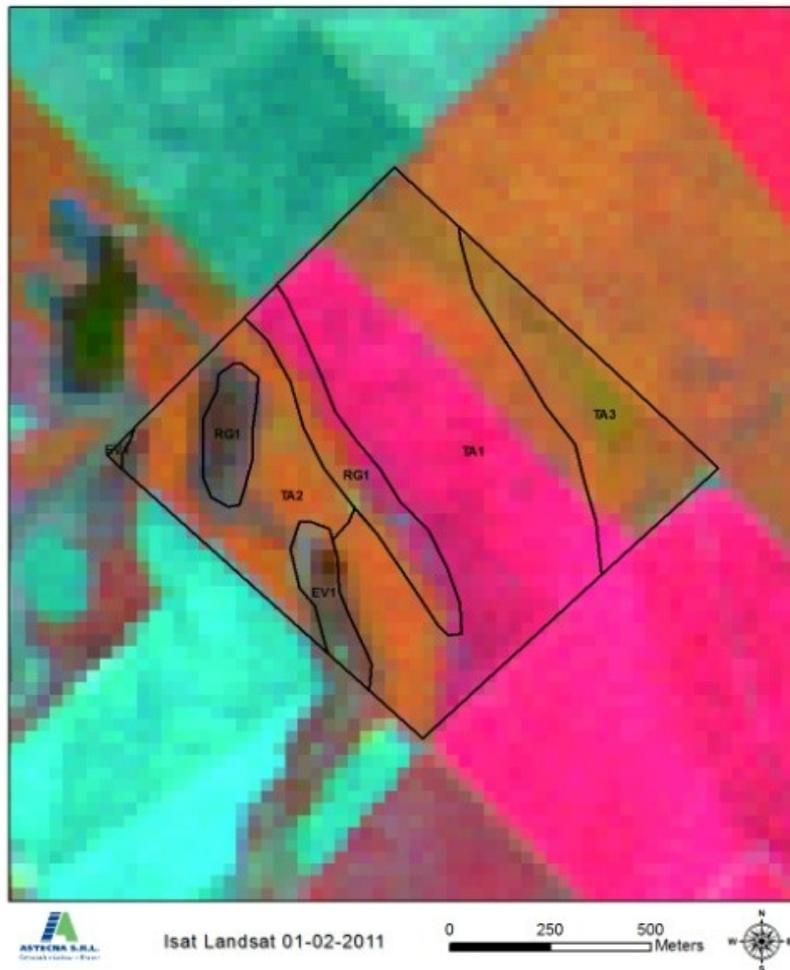


Imagen Satelital del 1 de enero de 2011 donde se observan las Unidades Cartográficas y los distintos colores de cómo fue dividido en forma artesanal el potrero cada cultivo.

Los datos de suelos correspondientes a las Unidades Cartográficas que representan al potrero 5A que es donde realizamos nuestro trabajo y es fácilmente reconocible en hoja 3760 - 25 - LÍBANO correspondiente a la Carta de Suelos de la República son:

EV1

Superficie: 3,8 Hectáreas

Paisaje: Vías de drenaje con tosca subsuperficial

Capacidad de uso: IV ws

Índice de productividad: 27,6 D

Complejo Series:

El Vigilante 60 % Bajo

Tres Arroyos 30 % Plano Alto

Laprida, moderadamente bien drenada 10 % Plano Bajo

RG1

Superficie: 13 Hectáreas

Paisaje: Cordones alargados con tosca superficial

Capacidad de uso: VI s

Índice de productividad: 14,7 D
Asociación Series:
Rancho Grande 60 % Loma
Afloramiento de tosca 40 % Loma

TA1

Superficie: 59,4 Hectáreas
Paisaje: Lomas extendidas con tosca subsuperficial a diferente profundidad
Capacidad de uso: III es
Índice de productividad: 56,4 D
Asociación Series:
Tres Arroyos 50 % Media Loma
Laprida 30 % Loma Baja
Pillahuinco 20 % Loma

TA2

Superficie: 18,4 Hectáreas
Paisaje: Loma con tosca a poca profundidad
Capacidad de uso: III es
Índice de productividad: 46,8 D
Asociación Series:
Tres Arroyos 50 % Loma
Rancho Grande 30 % Cresta de Loma
Laprida, moderadamente bien drenada 20 % Bajo

TA3

Superficie: 16,1 Hectáreas
Paisaje: Lomas extendidas con ligeras ondulaciones
Capacidad de uso: IV ws
Índice de productividad: 42,4 D
Consociación Series:
Tres Arroyos 70 % Loma
La Tigra 20 % Media Loma
San Gabriel 10 % Plano Bajo

Analizando más en profundidad, las series que nos competen son:

El Vigilante (EV)

Superficie: 2,28 has

Es un suelo oscuro, moderadamente profundo, con aptitud ganadera, que se encuentra en un paisaje llano con vías de agua, tendido y bajo dentro de la Subregión Pampa Austral Interserrana, posición bajo encausado, algo pobremente drenado, formado sobre sedimentos loésicos muy finos sobre una costra calcárea, alcalino sódico desde superficie, con pendientes de 0 a 1 %.

La Tigra (LTi)

Superficie: 3,22 has

Es un suelo oscuro, profundo con fuerte desarrollo, su aptitud es agrícola ganadera, se encuentra en un paisaje de lomas extendidas, en posición de loma baja en la Subregión Pampa Interserrana, transicional al sector Occidental de la Pampa Deprimida, algo pobremente drenado, desarrollado sobre sedimentos loésicos franco limosos, no salino, fuertemente alcalino desde los 39 cm. con pendientes de 0.5 a 1 %.

Laprida (Lpd)

Superficie: 21,88 has

Es un suelo oscuro, profundo, con fuerte desarrollo, con aptitud agrícola, se encuentra en un paisaje de planicies suave a moderadamente onduladas, con ligeras depresiones de la "Subregión Pampa Deprimida Sector Occidental", en posición de loma, bien drenada, desarrollada en sedimentos loésicos sobre una costra calcárea de extensión regional, no salina, no alcalina, en pendientes de 1 %.

Pillauhincó (Ph)

Superficie: 11,88 has

Es un suelo clasificado como Argiudol lítico (petrocálcico) fino illíticotérmico, con muy buen drenaje, escurrimiento medio y permeabilidad moderada. La textura del horizonte superficial es Franca arcillosa y la estructura del horizonte superficial consta de bloques subangulares.

Rancho Grande (RG)

Superficie: 13,32 has

Es un suelo negro a pardo oscuro, muy somero, con aptitud agrícola, se encuentra en un paisaje de lomas colinadas en la Subregión de las Sierras de Ventania, en posición de lomas, con pendientes 0,5 a 1 %, bien drenado, formado sobre sedimentos loésicos en contacto con "tosca" (horizonte petrocálcico), no salino y sin alcalinidad.

San Gabriel (SGb)

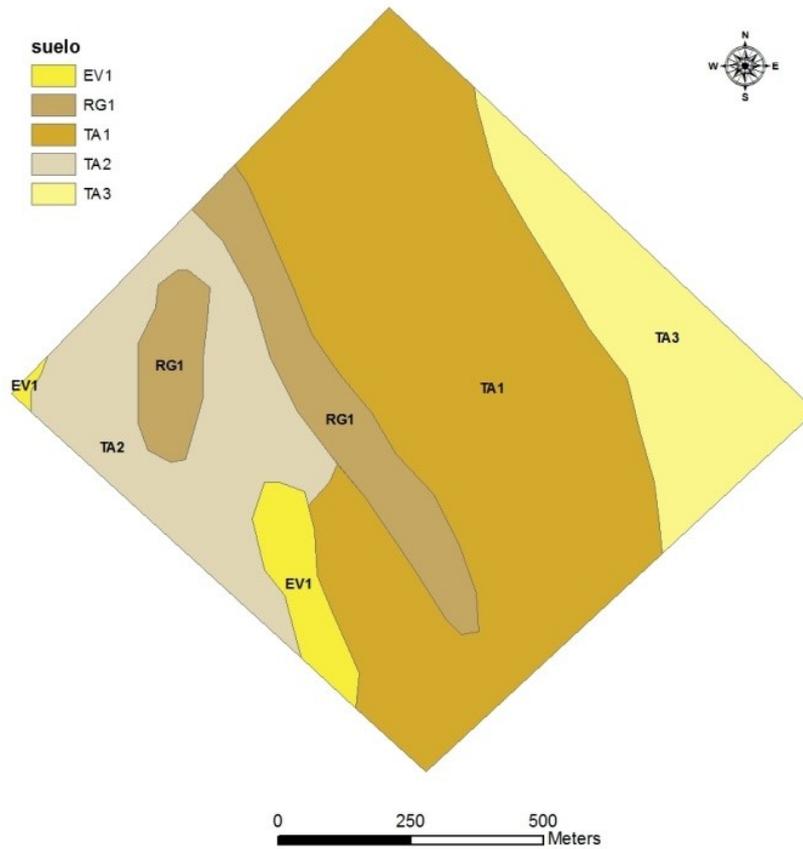
Superficie: 1,61 has

Es un suelo moderadamente profundo, interrumpido a los 88 cm. por una costra calcárea, de aptitud ganadera, se encuentra en posición de planos bajos, en la Subregión Geomorfológica de los derrames en Sierras y Pedemonte de Tandilia, pobremente drenado, formado en sedimentos limosos sobre "tosca", débilmente salino y sódico de superficie, con pendientes de 0 a 0,5%.

Tres Arroyos (TA)

Superficie: 51,31

Es un suelo oscuro y moderadamente profundo, que se apoya sobre una costra calcárea "tosca" de extensión regional, su aptitud es agrícola y se encuentra en un paisaje suavemente ondulado, a moderadamente ondulado en un sector de la Subregión Pampa Austral Interserrana, en posición de loma marcada, formado sobre sedimentos loésicos pampeanos, no alcalino, no salino, con pendiente de 1 a 3 %. A esto le debemos sumar el afloramiento de tosca con una superficie aproximada de 5,2 has, con lo cual obtenemos La superficie total del potrero que es de 110,7 hectáreas.



Unidades Cartográficas del potrero 5A

Serie	EV1	RG1	TA1	TA2	TA3	Superf
El Vigilante	2,28					2,3
Tres Arroyos	1,14		29,7	9,2	11,27	51,3
Laprida	0,38		17,82	3,68		21,9
Rancho Gde		7,8		5,52		13,3
Pillauhinco			11,88			11,9
La Tigra					3,22	3,2
San Gabriel					1,61	1,6
Tosca		5,2				5,2
TOTAL	3,8	13,0	59,4	18,4	16,1	110,7

Series de Suelos del potrero 5A

Orden	Sub Orden	Gran Grupo	Sub Grupo	Familia y fase por profundidad	Serie
Molisol	Udol	Argiudol	Típico	Limosa Fina, mixta, muy profunda, térmica	Laprida
		Paleudol	Petrocálcico	Fina,	Tres

				moderadamente profunda, térmica	Arroyos
				Fina, illítica, somera, térmica	Pillahuincó
				Limosa Fina, mixta, muy somera, térmica	Rancho Grande
		Natrudol	Típico	Limosa, Fina, mixta profunda, térmica	La Tigra
	Acuol	Natracuol	Petrocálcico	Fina, illítica, moderadamente profunda, térmica	El Vigilante
Alfisol	Acualf	Natracualf	Petrocálcico	Fina, illítica, moderadamente profunda, térmica	San Gabriel

Clasificación Taxonómica de los Suelos de la hoja 3760-25 LÍBANO pertenecientes al potrero 5A

Superficies de Unidades Cartográficas del potrero 5A

Series de Suelo del potrero 5A

Muestras de agua recolectadas en el molino del potrero ubicado exactamente la esquina enumerada con los puntos 1 y 2 dieron los siguientes resultados que según los análisis pertinentes se diagnosticaron como duras.

ALCALINIDAD TOTAL	320 ppm CaCO ₃
DUREZA TOTAL	180 ppm CaCO ₃
TOTAL SÓLIDOS DISUELTOS	420 ppm
PH	5,9

LA TOSCA

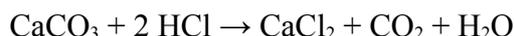
CARBONATO DE CALCIO

El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO_3 . Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de caracoles, esqueletos de muchos organismos y de las cáscaras de huevo. Es la causa principal de las aguas duras en ciertas zonas del país, muy utilizado en construcciones viales y es el componente principal de los siguientes minerales y rocas

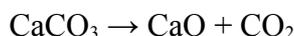
- Aragonito
- Calcita.
- Caliza.
- Mármol.
- Travertino.

Propiedades Químicas:

El carbonato cálcico comparte las propiedades típicas de otros carbonatos, notablemente reacciona con ácidos fuertes, desprendiendo dióxido de carbono:



Desprende dióxido de carbono por calor por encima de 840°C , para formar óxido de calcio, comúnmente llamado cal viva:



Pero en nuestro caso, las dos reacciones que más nos interesan son las de decarbonatación y carbonatación.

El proceso de decarbonatación representa la movilización de los carbonatos, que se disuelven bajo la forma de bicarbonatos solubles y migran con las aguas de percolación.

La carbonatación se produce cuando los bicarbonatos pasan nuevamente a carbonatos insolubles y se acumulan. La disolución de los carbonatos se realiza por la acción de CO_2 disuelto en el agua, según la siguiente ecuación:

DECARBONATACIÓN



CARBONATACIÓN

De esta ecuación se deduce que la solubilidad de los CaCO_3 depende de la cantidad de agua que infiltre y de la cantidad de CO_2 que esta lleve disuelto.

El proceso de carbonatación es típico de las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas, con una suficiente escasez de agua como para que los CO_3 puedan acumularse en el suelo. La morfología de las acumulaciones de carbonatos es una clara manifestación de su movilidad. (Tofalo)

Propiedades Físicas:

Estado de agregación: Sólido
Apariencia: Polvo blanco inodoro
Densidad: 2700 kg / m³; 2,7 g / cm³
Masa molar: 100,1 g / mol
Solubilidad: 0,0013g / 100g de agua.

FORMACIÓN DE LA TOSCA

En la Republica Argentina, se reconoce con el término “tosca” a una acumulación de carbonato de calcio compactado con marcado grado de endurecimiento que aparece en la zona meridional y suroeste de la región pampeana, presentando diferentes espesores los cuales oscilan entre pocos centímetros y más de tres metros y profundidades que varían entre los 0 y 250 centímetros. Es equivalente al calcrete o caliche en idioma inglés y a las crôutes calcaires del francés. (Giai y Visconti, 2002)

La región sudoeste, como toda la superficie de la llanura pampeana, está formada por sedimentos no consolidados del Período Cuaternario de hace 2,5 millones de años, denominado loess que fueron aportados principalmente por el viento cubriendo el Basamento Cristalino.

Luego, durante un período relativamente húmedo, siguió la formación de un horizonte cálcico (Ck) por un proceso pedogenético de descalcificación-calcificación en el cual los carbonatos fueron descendiendo por infiltración.

Durante un período posterior más seco, se habría erosionado el suelo que dio lugar al horizonte cálcico, quedando el horizonte Ck en superficie el cual debido a las condiciones de altas temperaturas fue endurecido y consolidado.

Este proceso descrito se habría repetido al menos 8 veces y formando así la tosca que hoy conocemos.

Con esto dejamos en claro que los mantos de loess se sedimentaron inicialmente sobre el basamento cristalino y como posterioridad sobre la tosca ya formada.

La génesis de la capa calcárea compactada, denominada vulgarmente tosca, no ha sido satisfactoriamente explicada hasta el momento y pese a la importancia de dicho tema para la producción agropecuaria no hay demasiados estudios que nos aclaren este origen. Existen dos teorías principales sobre dicha formación y se refieren al tipo de movimientos que el bicarbonato tuvo en el perfil: ascendente o descendente.

La teoría mejor demostrada es la que nos dice que **la tosca se formó por movimientos descendentes de carbonatos debido al agua de infiltración** y lo demuestran las siguientes características macroscópicas:

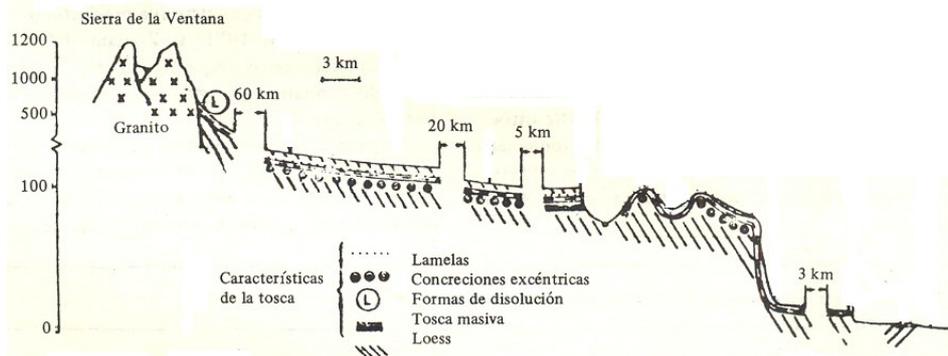
- 1 - La aparición de capas calcáreas muy fuertes con mayor grado de evolución de la estructura y contenidos de CaCO₃ en zonas elevadas del terreno.
- 2 - Barbas de calcáreo debajo de cantos rodados.
- 3 - Tosca sobre granito.
- 4 - Tendencia horizontal de la estructura interpretada como una inhibición de la infiltración de capas calcáreas ya endurecidas.

Si a esto le sumamos estudios microscópicos que confirman la teoría de que el origen de la tosca se deberá a movimientos descendentes de los carbonatos debido al agua de infiltración podemos descartar la teoría de que la tosca se formó por movimientos de capilaridad o ascendentes.

Existen diferencias en las microestructuras de sedimentos calcáreos, ya sean de origen capilar o gravitacional. El agua capilar satura los poros con carbonato de CaCO_3 formando cristales idiomórficos de calcita, mayores hacia el centro de los mismos en cambio las aguas de infiltración producen variaciones marcadas en el tamaño, grado de cristalización y forma de la calcita debido a una mayor fluctuación de la temperatura y la influencia de la gravedad.

Estudios recientes demostraron que calcanes, cristalarias y nódulos son indicadores de tosca pedogenética formada a causa de agua de infiltración.

En correspondencia con las barbas de calcáreo observadas a nivel macroscópico, se observaron microestalactitas debajo de agregados de carbonato en una matriz de poros gruesos superpuestos a otros más finos. En poros no suficientemente grandes se observaron cristales idiomórficos concéntricos de calcita, todos estos indicadores de aguas de infiltración. (Buschiazzo, 1988)



Perfil geomorfológico de la zona de Sierra de la Ventana (Buschiazzo)

En la formación de la plancha cementada de carbonato de calcio, ocurren numerosos procesos, aquí vamos a desarrollar:

- A - Cómo fue la pérdida de calcio superficial.
- B - Los distintos precipitados de carbonato de calcio que se observan.
- C - Los mecanismos de cementación más conocidos.
- D - Los grados de cementación.

A - Luego de la deposición del loess en el cuaternario, se produjo una meteorización con pérdida de calcio superficial producida por acción meteórica. En esta pérdida de calcio superficial se pueden diferenciar dos situaciones:

1 - Concentración de carbonatos en capas calcáreas originadas por un movimiento descendente de carbonatos.

2 - Concentraciones aisladas denominadas tosquillas o muñequitas de tosca que se originan por concreciones de carbonato de calcio que las aguas de infiltración, cargadas de oxígeno y anhídrido carbónico quitan a la parte superior del depósito, saturándose y abandonando parte de su carga en base a determinados centros de atracción antes de llegar a los niveles freáticos.

B - Los diversos tipos de precipitados de carbonato de calcio que se pueden observar son:

1 - Concreciones edafogénicas botroidales de carbonato impuro de 0,5 a 5 cm. de largo, con distribución vertical, originadas en los períodos húmedos del cuaternario superior.

2 - Precipitados en forma de tabiques horizontales y subhorizontales, con espesores de varios milímetros a centímetros, formados en la faja de oscilación del nivel freático.

3 - Concreciones pequeñas redondeadas, muy irregulares de hasta 2 cm de diámetro, formadas en ambientes palustres permanentes.

4 - Proporciones significativas de carbonatos dispersos en el loess, de origen atmosférico con el calcio proveniente de la alteración de los minerales ferromagnésicos y feldspatos.

C - Los mecanismos de cementación pos deposicional más conocidos que originaron la tosca son:

1 - El agua de lluvia, que se infiltra en el suelo, rica en CO_2 disuelto de la atmósfera, actúa como un agente químico activo sobre el carbonato de calcio disperso en el suelo, produciendo la solubilización del mismo. Se forman así bicarbonatos de calcio - $\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ - que no son estables y existen sólo en solución acuosa en presencia de cierta cantidad de ácido carbónico - $(\text{CO}_3)_2$ - libre. Una disminución de este último compuesto produce la precipitación en forma de carbonatos. La disminución de ácido carbónico libre puede ocurrir por calentamiento y evaporación de agua o cambio en los contenidos de CO_2 en el aire en contacto con el agua.

2 - Los horizontes edafológicos en clima semiárido de estepa, presentan debajo del horizonte A, un horizonte iluvial (B) donde se acumulan carbonatos. El agua de lluvia, que se infiltra en el suelo, rica en CO_2 disuelto de la atmósfera, disuelve los carbonatos de Ca y Mg llevándolos hasta un denominado “horizonte muerto” debido a su humedad constante durante todo el año. Al finalizar las épocas de lluvias se reemplaza la corriente descendente por una ascendente durante la cual el agua sube por capilaridad. En el límite inferior del horizonte edafológico hay una marcada disminución del tamaño de poros capilares, produciéndose evaporación de agua y precipitación de carbonatos en forma de concreciones calcáreas. En épocas de intensa evaporación y ausencia de horizontes edáficos, llegan hasta la superficie tanto los carbonatos como otras sales precipitando en forma de costras. En loess se acepta entre un 2 % a un 7 % de carbonatos formados por este proceso.

3 - Cuando las aguas enriquecidas en CO_2 encuentran en su carrera descendente capas con porcentajes elevados de minerales constituidos por sílice amorfa o débilmente cristalizada, ya sean cenizas volcánicas o bien subproductos de alteración de silicatos, los atacan fuertemente generando compuestos químicos de tipo silicatos y aluminatos hidratados. Estos cementantes irreversibles producen un gran endurecimiento de la masa de suelo.

D - Se reconocen tres grados de cementación:

1 - En forma de nódulos aislados en una matriz preconsolidada no cementada.

2 - En forma de una matriz de cementación intermedia con algunos nódulos fuertemente cementados.

3 - Lo que se conoce comúnmente como “tosca”, que tiene la misma matriz medianamente cementada pero embebiendo inclusiones grandes, muy resistentes, producidas por precipitación de carbonato de calcio. En las toscas, estas inclusiones tienen bordes muy nítidos en los que se observa un salto importante de propiedades mecánicas respecto de la matriz que las rodea. (Quintana Crespo, 2005)

ALMACENAMIENTO DE AGUA

La profundidad de suelos y el monto de las precipitaciones anuales constituyen las principales limitaciones para el rendimiento de los cultivos, esto se acentúa en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. Está demostrado, que existe una marcada diferencia en la respuesta que presentan los cultivos a la profundidad de suelo y una fuerte interacción entre profundidad de suelo y precipitaciones.

Cuando la textura y el porcentaje de materia orgánica de dos suelos son semejantes, la capacidad total de retención de agua de los mismos dependerá de la profundidad efectiva. Se denomina así a la profundidad a la cual las raíces pueden penetrar un suelo.

Ésta es generalmente limitada por capas o barreras físicas o químicas tales como horizontes compactados, presencia de napas freáticas altas, horizontes petrocálcicos, etc.

Las capas endurecidas, como es el caso de la tosca (carbonato de calcio cementado) que impide el paso de las raíces y es impermeable al agua limita la capacidad de almacenaje hídrica del suelo, convirtiéndose de esta manera en una seria limitante para cultivos, especialmente estivales cuando aparece antes del metro de profundidad.

Se pueden ver dos situaciones muy comunes del sudeste de la provincia de Buenos Aires: un suelo argiudol profundo sin limitaciones en profundidad hasta los 120 centímetros y otro denominado argiudol petrocálcico con una capa compacta impermeable de carbonato de calcio a los 80 centímetros pero que en realidad su presencia puede fluctuar de los 120 centímetros hasta la superficie.

Vemos que el perfil posee 60 milímetros menos de agua útil a pesar de que la profundidad efectiva es de sólo 40 centímetros.

Cuando este horizonte petrocálcico aparece por encima del metro de profundidad limita severamente la capacidad de almacenaje de agua del suelo.

Por poner un ejemplo y refiriéndonos solamente a la capacidad de almacenamiento de agua, un suelo tipo de la Provincia de Buenos Aires con un metro de profundidad puede almacenar hasta 170 mm de agua de lluvia, mientras que un suelo de 40 cm de profundidad sólo puede almacenar 70 mm de agua.

Esta diferencia de 100 mm de capacidad de almacenaje de agua puede significar por ejemplo 900 kgs de rendimiento de diferencia en un cultivo de maíz entre estos dos ambientes. (Darwich, 1998)

Dentro de los cuatro cultivos principales de la región pampeana, el que más tolerancia tiene a los suelos someros es el trigo, siguiéndole la soja, luego el girasol y en última posición el maíz, que ha demostrado un gran estrés ante situaciones de limitantes de profundidad.

Los recursos forrajeros por su parte tienen la ventaja de que producen mucho mientras tengan agua disponible, cuando se quedan sin agua dejan de producir y, mientras el déficit hídrico no sea extremo, vuelven a producir cuando el suelo se recarga de agua y es por esto que la profundidad de tosca no es tan grave para éstos.

Este tema es ampliamente importante desde el punto de vista de las relaciones existentes entre profundidad efectiva para el desarrollo radicular y absorción de agua y nutrientes.

La presencia de tosca hace que con menor profundidad de suelos no existan buenos rindes, máxime si la densidad de siembra del lote está ajustada para las zonas de suelos profundos.

Al no roturar los suelos y mantenerlos cubiertos con una capa de rastrojos mejora la eficiencia de captación y almacenamiento de agua, disminuyendo al mismo tiempo las pérdidas por evaporación directa.

Específicamente, la presencia de tosca limita el volumen de suelo que puede ser explorado por las raíces restringiendo la cantidad de agua y nutrientes accesibles para los cultivos.

En los meses de mayores precipitaciones, se suele acumular agua gravitacional proveniente de las precipitaciones sobre la plancha de tosca ubicada a escasa profundidad, esto es un prueba contundente de la impermeabilidad del encostramiento y de la diferencia de permeabilidad entre éste y el material superior.

De esto podemos deducir que la recarga directa del acuífero freático en las áreas en que está presente este encostramiento es notablemente inferior a aquellas que carecen de él observándose una diferencia del 8,5 % al 12,6 % entre un ambiente y otro. Pese a esto debemos diferenciar cómo con el adelgazamiento de la plancha de tosca, la recarga es mayor, por ejemplo en la cuenca del arroyo de Azul, la plancha de tosca no influye en la recarga del acuífero freático ante las precipitaciones donde el espesor de dicho encostramiento es de 6 cms a 8 cms de espesor.

La presencia de un encostramiento calcáreo entre la superficie del terreno y el nivel freático constituyen una característica a tener en cuenta para estimar la recarga de las napas en un área determinada ya que la presencia de este encostramiento calcáreo dificulta la infiltración y en casos extremos llega a impedirla mientras que en otros no parece tener una influencia apreciable.

Esta impermeabilidad nos da como consecuencia la presencia de una falsa capa freática ubicada sobre la plancha de tosca. De esta forma podemos distinguir un Falso Nivel Freático (FNF) y el Nivel Freático Verdadero (VNF). Puede verse que en períodos sin precipitaciones importantes el FNF y el VNF se mantienen casi iguales.

Durante los períodos con precipitaciones abundantes se produce el ascenso de ambos niveles los que llegan a coincidir cuando alcanzan su máxima altura, a partir de esta situación ambos descienden con la diferencia de que el VNF lo hace a una tasa ligeramente mayor que el FNF, esto se explica dada la mayor permeabilidad del acuífero freático verdadero con respecto a la permeabilidad vertical de la tosca.

El agua almacenada en el acuífero colgado o FNF puede percolar la tosca hasta incorporarse al VNF a través de microcavernas en su masa. (Giai y Visconti, 2002)

La elección del suelo de acuerdo a su profundidad efectiva es también una técnica de costo cero. El productor debe conocer cuales cultivos son más exigentes en agua y nutrientes y seleccionar los suelos, lotes de su establecimiento, en función de profundidad, luego debe ir asignando cada cultivo a cada lote en función de las características antes mencionadas y del requerimiento de cada cultivo para obtener la mayor rentabilidad de cada siembra, y por lo tanto de cada inversión.

HORIZONTES

A raíz de la presencia de carbonato de calcio en el suelo, se definen dos tipos de horizontes de diagnóstico con acumulaciones de carbonato cálcico:

Horizonte Cálcico

El horizonte cálcico (del latín calx, calcáreo) es un horizonte en el cual se ha acumulado carbonato de calcio. La acumulación puede estar en el material originario, o en horizontes subsuperficiales, pero también puede ocurrir en horizontes superficiales.

Si la acumulación de carbonatos blandos se vuelve tal que desaparecen todas o la mayor parte de las estructuras pedológicas y/o litológicas y prevalecen concentraciones continuas de carbonato de calcio, se utiliza el termino hipercálcico.

La acumulación de carbonato edáfico en un suelo se indica por el sufijo "k". Se puede presentar en los tres horizontes principales: Ak, Bk o Ck, siendo ésta última la situación más frecuente pero también en las partes más bajas de los horizontes B son normales las acumulaciones de carbonatos. En otras terminologías se emplea el sufijo "Ca" en lugar de "k".

Criterios de diagnóstico

Un horizonte cálcico tiene:

- 1 - Contenido de carbonato de calcio equivalente en la fracción tierra fina de 15 % o más.
- 2 - Un 2,5 % o más (en volumen) de carbonatos secundarios o un equivalente de carbonato de calcio de 5 % o más (absoluto, en masa) más alto que el de una capa subyacente.
- 3 - Espesor de 15 cm o más.

Identificación en el campo

El carbonato de calcio puede identificarse en el campo usando una solución de ácido clorhídrico (HCl 1M). El grado de efervescencia (sólo audible, visible como burbujas individuales, o como espuma) es un indicio de la cantidad de calcáreo presente. Esta prueba es importante si sólo se encuentran presentes distribuciones difusas.

Cuando se desarrolla espuma luego de agregar (HCl 1M) esto indica un carbonato de calcio equivalente próximo o mayor del 15 %.

Otras señales de la presencia de un horizonte cálcico o hipercálcico son:

- Colores blanco, rosado a rojizo, o gris (si no está superpuesto con horizontes ricos en carbono orgánico).

- Baja porosidad (la porosidad inter-agregados generalmente es menor que la del horizonte inmediatamente por encima y, posiblemente, también menor que la del horizonte inmediatamente por debajo).

- El contenido de carbonato de calcio puede disminuir con la profundidad, pero esto es difícil de establecer en algunos lugares, particularmente si el horizonte cálcico ocurre en el subsuelo profundo. Por eso la acumulación de calcáreo secundario es suficiente para diagnosticar un horizonte cálcico.

Características adicionales

La determinación de la cantidad de carbonato de calcio (en masa) y los cambios dentro del perfil de suelo del contenido de carbonato de calcio son los principales criterios analíticos para establecer la presencia de un horizonte cálcico. La determinación del pH permite diferenciar acumulaciones con un carácter básico (cálcico) (pH 8,0 – 8,7) debido al predominio de CaCO_3 , de aquellas con un carácter ultrabásico (no-cálcico) (pH >8,7) debido a la presencia de Carbonato de Magnesio (MgCO_3) o Carbonato de Sodio (Na_2CO_3).

Además, el análisis microscópico de cortes delgados puede revelar la presencia de formas de disolución en horizontes por encima o por debajo de un horizonte cálcico, evidencia de epigénesis de silicato (pseudomorfo de calcita por cuarzo), o la presencia de otras estructuras de acumulación de carbonato de calcio, mientras que el análisis de la mineralogía de arcilla de los horizontes cálcicos frecuentemente muestra arcillas características de ambientes confinados, tales como smectitas, attapulgitas y sepiolitas.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico

Cuando los horizontes hipercálcicos se vuelven endurecidos, tiene lugar la transición al horizonte petrocálcico, cuya expresión puede ser estructuras masivas o laminares.

En regiones secas y en presencia de soluciones del suelo o freáticas ricas en sulfato, los horizontes cálcicos ocurren asociados con horizontes gípsicos. Los horizontes cálcico y gípsico generalmente (pero no en todos lados) ocupan posiciones diferentes en el perfil de suelo debido a la diferencia en solubilidad del carbonato de calcio y el yeso, y normalmente pueden distinguirse uno de otro con claridad por la diferencia en morfología. Los cristales de yeso tienden a ser aciculares, con frecuencia visibles a simple vista, mientras que los cristales de carbonato de calcio pedogenético son de tamaño mucho más pequeños.

Horizonte Petrocálcico

Un horizonte petrocálcico (del griego petros, roca, y latín calx, calcáreo) es un horizonte cálcico endurecido, que está cementado por carbonato de calcio y, en algunos sitios, por carbonato de calcio y algo de carbonato de magnesio. Es de naturaleza masiva o laminar, y extremadamente duro.

En estos casos se nombra con el subfijo “m”, por ejemplo Ckm señala un horizonte petrocálcico, en un horizonte C.

En la Provincia de Buenos Aires podemos reconocer aproximadamente 400.000 hectáreas de este horizonte

Criterios de diagnóstico

Un horizonte petrocálcico tiene:

- 1 - Fuerte efervescencia por el agregado de solución de HCl 1M.
- 2 - Endurecimiento o cementación, al menos parcialmente por carbonatos secundarios, hasta el grado de que los fragmentos secos no se disgregan en agua y las raíces no pueden entrar excepto a lo largo de fracturas verticales (que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más y que ocupan menos del 20 % (en volumen) de la capa.
- 3 - Consistencia extremadamente dura en seco de modo que no puede ser penetrado por pala o barreno.
- 4 - Espesor de 10 cm o más, o 1 cm o más si es laminar y ésta directamente sobre roca continua.

Identificación de campo

Los horizontes petrocálcicos ocurren como calcretas no laminares (ya sea masiva o nodular) o como calcretas laminares, de las cuales, los siguientes tipos son los más frecuentes:

- Calcreta lamelar: Capas petrificadas separadas superpuestas que varían en espesor desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros. El color generalmente es blanco o rosado.
- Calcreta petrificada lamelar: Una o varias capas extremadamente duras que tienen color gris o rosado. Generalmente está más cementada que la calcreta lamelar y es muy masiva (no hay estructuras lamelares finas, pero puede haber estructuras lamelares gruesas).

Los poros no capilares en los horizontes petrocálcicos están rellenos, y la conductividad hidráulica es moderadamente lenta a muy lenta.

Relaciones con algunos otros horizontes de diagnóstico

En regiones áridas los horizontes petrocálcicos pueden ocurrir asociados con horizontes (petro-) dúricos en los cuales pueden gradar lateralmente. Los horizontes petrocálcico y dúrico se diferencian por el agente cementante. En horizontes petrocálcicos el carbonato de calcio y algo de magnesio constituye el principal agente cementante mientras que puede haber algo de sílice accesoria. En los horizontes dúricos la sílice es el principal agente cementante, con o sin carbonato de calcio.

Los horizontes petrocálcicos también ocurren asociados con horizontes gípsicos o petrogípsicos.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Si analizamos al carbonato de calcio compactado de nuestros suelos desde el punto de vista geológico, observamos que es una roca sedimentaria las cuales se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos, dan lugar a materiales más o menos consolidados de cierta consistencia.

Existen procesos externos los cuales actúan sobre las rocas y las meteorizan, transportan y depositan en lugares dependiendo del medio en el que se transportan. De igual manera pueden intervenir en esta formación de rocas algunos organismos ya sean animales o vegetales, a dicha intervención se le conoce como fósiles. Las rocas sedimentarias pueden existir hasta una profundidad de diez metros bajo la corteza terrestre. A estas rocas las encontramos sueltas o

consolidadas es decir que han sido unidas a otras por procesos posteriores a la sedimentación, a dicho proceso se le conoce como diagénesis que quiere decir nueva formación.

Pueden formarse a las orillas de los ríos, en el fondo de barrancos, valles, lagos, mares, y en las desembocaduras de los ríos. Se hallan dispuestas formando capas o estratos.

Cubren más del 75 % de la superficie terrestre, formando una cobertura sedimentaria sobre un zócalo formado por rocas ígneas y, en menor medida, metamórficas. Sin embargo su volumen total es pequeño cuando se comparan sobre todo con las rocas ígneas, que no sólo forman la mayor parte de la corteza, sino la totalidad del manto.

Los procesos formadores de las rocas sedimentarias tienen lugar en la superficie terrestre o muy cerca de ella.

Los procesos exógenos dan lugar a la redistribución y a la reorganización de los materiales terrestres como resultado del intercambio con la atmósfera y la hidrosfera. La redistribución tiene lugar por el desgaste o degradación de las rocas que constituyen generalmente áreas elevadas en la superficie terrestre y, la posterior depositación de los materiales removidos en las áreas deprimidas o agradación. Esta tendencia a la nivelación de la superficie terrestre se denomina gradación. Los principales procesos exógenos son los siguientes:

A - Meteorización: Química o Física
B - Erosión
C - Transporte

D - Depositación
E - Diagénesis

Meteorización: consiste en la destrucción de la roca mediante la alteración física (desintegración) y la alteración química (descomposición).

-Desintegración: consiste en la fragmentación mecánica de las rocas en unidades menores que se denominan clastos y que pueden estar constituidos por trozos de roca ó por los minerales que la componen. No se producen cambios químicos ni mineralógicos.

-Descomposición: Consiste en el conjunto de reacciones químicas que dan lugar a la formación de nuevos minerales estables a las nuevas condiciones y a la puesta en solución de numerosos compuestos. Los productos de alteración más importantes son las arcillas (caolinita, montmorillonita, illita, etc) y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. La descomposición es producida principalmente por hidrólisis, oxidación y reducción y reacciones con ácidos carbónicos, sulfúricos, orgánicos, etc.

Erosión: es el proceso dinámico por el cual se produce la remoción, o el arranque del material de su lugar y la puesta del mismo al medio de transporte. Así se deduce que, para que exista erosión se necesita un agente capaz de movilizar y transportar el material.

Los agentes erosivos son:

-Agua corriente
-Glaciares
-Viento

-Gravedad

Transporte: Los materiales producidos por la descomposición y desintegración pueden quedar en el mismo lugar, de manera que constituyen una cubierta sobre la roca sin alterar o pueden ser arrastrados a otros lugares

Depositación: Cuando las condiciones son favorables o, en otras palabras, cuando el agente transportante ya no puede llevar su carga (pierde competencia) deposita.

Generalmente ocurre en zonas deprimidas que así son rellenadas, estas zonas son las cuencas sedimentarias y según su posición son clasificadas como continentales, marinas o mixtas.

Diagénesis: Una vez depositados los sedimentos sufren una serie de cambios físicos y químicos, pero de todos tal vez los más importantes son los que llevan a la litificación es decir la conversión del agregado suelto o sedimento en una roca sedimentaria denominada sedimentita. Definido de esta manera, se entiende que la litificación es contraria a la meteorización.

La litificación se produce por:

- **Compactación:** pérdida o reducción de los espacios vacíos u ocupados por fluidos.
- **Cementación:** aquí la precipitación de sustancias químicas, existentes en las soluciones intersticiales, pasa a constituir un cemento ya que actúa como ligante de los clastos. Los cementos más comunes son: calcita, cuarzo, ópalo, calcedonia y óxidos e hidróxidos de hierro.
- **Autigénesis:** ó formación de nuevos minerales durante o después de la depositación, los que se denominan autigenos. Estos son: cuarzo, carbonatos, feldspatos, etc.
- **Recristalización:** O sea el proceso de solución y recristalización in situ de los minerales de la roca. No se forman nuevos minerales pero cambia la textura.
- **Crecimiento secundario o crecimiento postdeposicional de un grano:** por precipitación química de la misma composición alrededor del grano y en continuidad óptica con el mismo. (Barredo)

En función de la génesis las rocas sedimentarias se dividen en:

- **Clásticas:** Compuestas mayormente por clastos.
- **No Clásticas:** Químicas u oránógenas.
- **Residuales:** Formadas por los productos de meteorización que no han sido transportados, es decir que se forman en el lugar de la roca original.

Rocas Clásticas: Según la procedencia original de la fracción clástica se subdividen en:

- **Epiclásticas:** Partícula generada por erosión de rocas volcánicas antiguas.
- **Piroclásticas:** Las formadas por agregación de piroclastos, los cuales son cualquier fragmento sólido de material volcánico expulsado a través de la columna eruptiva y arrojado al aire durante una erupción volcánica.

Rocas No Clásticas

Rocas Químicas:

Son el resultado de procesos inorgánicos, como la precipitación de sustancias en solución y su posterior litificación.

Sobre la base de la composición y génesis se clasifican en:

-**Evaporitas:** Se forman por la precipitación de sales al evaporarse el agua en que están disueltas. Esto se da en cuerpos de agua cerrados o de circulación restringida y a la salida de vertientes (cuevas). La composición típica corresponde a sulfatos, cloruros, carbonatos y boratos de elementos alcalinos y alcalinos térreos.

En general constituyen depósitos muy importantes, que alcanzan una extensión regional del orden de los cientos de km y varias centenas de metros de espesor. Entre las evaporitas más destacables se pueden mencionar:

-Travertino: Está compuesto por carbonato de calcio. Presenta una estructura bandeada característica y es muy porosa. Se forma por la precipitación de esta sustancia mineral en vertientes y fuentes termales.

-Tufa: Es similar a la anterior, pero de estructura más porosa y menos bandeada.

-Tosca: Se compone principalmente por carbonato de calcio. Tiene aspecto terroso, concrecional, macizo o bandeado. Se forma tanto en la superficie del suelo o subsuelo en clima árido y semiárido.

La capa de tosca, se presenta generalmente adoptando una superficie ondulada en la que se alteran elevaciones y depresiones redondeadas.

Observada con más detalle en cortes de caminos y excavaciones de canales, muestra la yuxtaposición de unidades semejantes a lentes de superficie rugosa, de hasta 10 cm de espesor y diámetros de alrededor de 40 cm.

En estas lentes, sobre una superficie pulida, puede distinguirse que está compuesta por otras similares de tamaño menor, de alrededor de 1 cm de altura y entre 5 y 10 cm de diámetro. Ambos componentes, tanto los mayores como los pequeños, están separados por una película de aproximadamente 1 mm de espesor de color blanco sucio. Obviamente estas películas en una superficie pulida perpendicular al eje del cuerpo, aparentan ser venillas. Por otra parte dentro de las lentes menores pueden estar presentes nódulos de color más oscuro que la masa, algunos con un marcado tono grisáceo y otros de color castaño más acentuado que la masa que los contiene.

La roca vista en un corte delgado se presenta como una caliza compacta, impura, con clastos de arena fina y muy fina y algunos aislados de arena gruesa y limo grueso, insertos en una masa arcillosa, la que en algunos sectores ha sido reemplazada por calcita. Las texturas presentes son del tipo bandeada, pisolítica, oolítica y pelletal siguiendo la nomenclatura de Hay y Reeder (1978)

Las bandas generalmente se ubican recubriendo a las pisolitas o internamente, sin una orientación preferencial. Las pisolitas son redondeadas con diámetros de 0,5 a 1,5 cm, e internamente están formadas por fragmentos de líticos sedimentarios (areniscas finas y limolitas) recubiertos por carbonatos.

-Oolitas: Son cuerpos acrecionales pequeños, generalmente esféricos o subesféricos, con textura radial, concéntrica o ambas a la vez y diámetro menor a los 2 mm. Cuando son mayores a este tamaño se denominan Pisolitas.

-Ftanitas: Se componen de variedades de sílice, ópalo o calcedonia.

-Fosforitas: Están integradas por fosfato de calcio de naturaleza cristalina, criptocristalina o amorfa

Rocas Oranogenas:

Se forman por la acumulación de restos duros de organismos animales o vegetales. Se clasifican por su composición en calcáreas, silíceas, fosfáticas y carbonosas.

Rocas Residuales: Una roca sometida a la intemperie (intemperismo) está sometida a los efectos de la meteorización tanto física como química. Los productos de este proceso pueden ser removidos o no, y en ese caso cubre la roca de la cual deriva constituyendo el regolito. Generalmente no presenta grandes espesores pero pueden llegar a cubrir grandes extensiones. Debido a su naturaleza muestran transición de la base (próxima a la roca de origen) al techo.

Son frecuentes en climas tropicales y subtropicales húmedos, donde la meteorización química es intensa. (Barredo)

Resumiendo, la tosca, que es nuestro tema de estudio, es una roca sedimentaria, no clástica, química y del tipo de las evaporitas.

EL CLIMA

Por sus características climáticas, el suroeste bonaerense se encuentra en la franja planetaria de climas templados con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados.

A lo largo de esta faja climática se presentan variaciones espaciales en las temperaturas y en las precipitaciones. Ellas guardan relación con la continentalidad, exposición a los flujos de aire dominantes, orientación de la costa y corrientes oceánicas.

En esta zona la característica esencial es la variabilidad en las condiciones de tiempo, hecho que se pone de manifiesto en todas las estaciones del año.

Las lluvias, generalmente escasas en los sectores occidentales para los cultivos en secano, otorgan un carácter subhúmedo a esta variedad de clima templado, denominado también de transición.

El clima templado de transición tiene su origen en el desplazamiento de grandes masas de aire que surgen de los centros de acción del hemisferio Sur: éstos son denominados anticiclón semipermanente del Atlántico Sur y anticiclón semipermanente del Pacífico Sur. El avance o penetración de masas de aire no reviste límites precisos pero genera, la “Diagonal Árida Argentina”. Este nombre identifica la franja de escasas lluvias que atraviesa en forma sesgada el continente, desde el Norte de Perú hasta la costa patagónica sobre el Océano Atlántico. Esta es una verdadera divisoria climática pues señala el límite e influencia de los vientos húmedos del Atlántico y de las áreas sometidas al régimen de vientos del Oeste.

Hemos detectado grandes cambios en el régimen de las precipitaciones, dando lugar a períodos secos, semisecos, húmedos y muy húmedos.

La concentración de lluvias en el sudoeste de Buenos Aires y sudeste de La Pampa, se produce durante dos estaciones bien definidas, otoño y primavera; una estación seca a fines del invierno (agosto a mediados de septiembre) y otra semiseca de mediados de verano (enero a febrero) con alta evapotranspiración, sin embargo en los últimos años se observó un incremento en los montos durante los meses de verano, mientras en los meses de otoño el milimetraje tuvo una distribución irregular.

Caracteriza a esta región, la gran variabilidad climática, principalmente las precipitaciones, temperaturas, vientos y humedad relativa ambiente. Las lluvias pueden llegar a valores extremos de bajas precipitaciones, característica común a ambientes áridos o semiáridos, a valores muy por encima del promedio anual similares a regiones extremadamente húmedas. La suma de estas desviaciones positivas o negativas por encima o por debajo del promedio anual, da lugar al movimiento cíclico o marcha secular, que en definitiva significa la ocurrencia de varios años húmedos, secos o medianamente secos. Lo que comúnmente se dice se ha presentado un Niño lo cual indica un período húmedo o una Niña lo cual indica un período seco. (Campo, Ramos y Zapperi)

Estos períodos o fases han influenciado de tal manera que definieron las principales características de la región sudoeste de la provincia de Buenos Aires diferenciándose cuatro periodos muy bien diferenciados

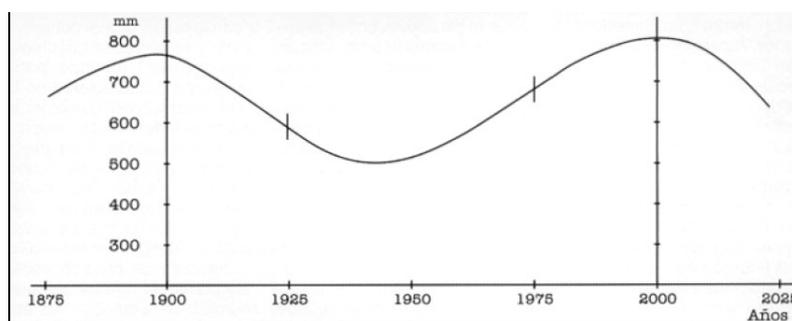
Primera Fase Húmeda: Este período está comprendido entre los años 1875 y 1925. En ese lapso se registraron precipitaciones por encima de lo normal en toda la región, todavía cubierta por una densa cobertura de vegetación xerófila y gramínea de gran altura.

Segunda Fase Seca: Está comprendida entre los años 1926 y 1975. Este período se caracterizó por la gran depresión de lluvias. Las precipitaciones disminuyeron notablemente, bajaron las

temperaturas en el invierno y los vientos aumentaron su velocidad. Los veranos fueron cálidos y secos, motivo por el cual muchos suelos de la región incrementaron la susceptibilidad a la erosión eólica.

Tercera Fase Húmeda: Comprende del año 1975 hasta año 2006. Se instaló en la región un período de abundantes precipitaciones que originaron inundaciones importantes en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires y La Pampa. La fase húmeda provocó una acelerada pérdida de suelos por erosión hídrica, en contraste con la erosión eólica que desaparece en la mayor parte de la región, salvo en los casos de planchado de suelos para cultivos de verano.

Cuarta Fase Seca: Esta comprende desde el año 2007 hasta el presente 2012, se observa una disminución paulatina de las precipitaciones, gran inestabilidad climática, acompañada por inviernos no tan rigurosos y veranos atemperados por corrientes de aire del sector polar (Glave, 2006).



Tendencia de las precipitaciones en el Sudoeste Bonaerense (Glave 2006)

Otra problemática que se da en esta fase seca a raíz de la sequía es la relacionada con el suministro de agua potable a las ciudades de la zona. Para el caso de las localidades de Bahía Blanca y Punta Alta, la cota del embalse desde donde se realiza la provisión de agua, el dique Paso de las Piedras, se encuentra cerca de la cota más baja de su historia.

Por otra parte, a partir de los datos obtenidos en la página del Ministerio de Asuntos Agrarios sobre la base de datos de la SAGPyA, se realizó la comparación entre la superficie sembrada y cosechada y los rendimientos por campaña. Los cultivos considerados son trigo, maíz y girasol debido a su importancia, tanto en toda la provincia como en nuestra zona de estudio. Cabe señalar que, a pesar de la relevancia que tiene la soja en la economía nacional, no será considerada aquí ya que es un cultivo de reciente difusión en la zona del sudoeste bonaerense. No obstante, es de observar que en las últimas cinco campañas consideradas ha triplicado la superficie sembrada en nuestra zona de estudio; y en las tres últimas, este cultivo ha duplicado la superficie sembrada de maíz.

Tanto el maíz como el trigo, presentes en la región, son cereales de gran demanda de agua. Las deficiencias de agua o sequías estacionales de corta duración constituyen uno de los principales factores de variación de los rendimientos de un año a otro (INTA; 1980, 1981). La productividad del cultivo de girasol es influida significativamente por el agua almacenada en el suelo en períodos previos y por la estrategia de manejo de aspectos nutricionales (Quiroga; 2002).

Las campañas analizadas son 2001-2002, 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005 y 2005-2006. Este período fue seleccionado por la significativa ocurrencia de sequías. De las mismas se ha calculado un promedio de producción, de rendimientos y de hectáreas cosechadas y sembradas en cada partido.

Durante la campaña 2001-2002, el promedio de superficie provincial afectada por sequía fue de 19,27 % (59.293 km²). De esa extensión, el 78,61 % perteneció al sudoeste (46.613 km²).

El trigo tuvo la segunda campaña de mayor rendimiento: 2.158 kg/ha, después de la 2004-2005. Para el maíz, en cambio, fue la segunda campaña de menor rendimiento: 3.402 kg/ha, después de la 2002-2003. En cuanto al girasol, los rendimientos estuvieron cercanos al promedio provincial siendo estos 1.603 y 1.724 kg/ha respectivamente.

Durante la campaña 2002/03, la superficie con sequía declarada aumentó a un 26,7 % del territorio provincial (80.307 km²), correspondiendo al sudoeste 70.437 km², un 87,70 % de la superficie afectada. En relación con los cultivos, el trigo no presenta variaciones significativas respecto de la campaña anterior. Cabe señalar que fue la campaña de menor rendimiento y producción para el promedio provincial. El maíz y el girasol muestran una campaña de bajo rendimiento, coincidente con una expansión de la sequía hacia el norte y el este.

En los años 2003 y 2004, el evento de sequía en la provincia presenta una situación similar a la de los años anteriores, con una expansión hacia el centro aumentando en un 32,88 % (101.137 km²). De esta superficie, se concentró en los partidos del sudoeste un 69,74 % (70.437 km²). Dichos partidos obtuvieron declaración de régimen de emergencia y desastre. En este período, se aprecia un aumento del rendimiento de maíz con respecto a las dos campañas anteriores, mientras que para el trigo y el girasol se observan variaciones negativas

En relación con la campaña 2004-2005, el 46,36 % (142.608 km²) de la provincia declaró sequía. El 49,39 % de esa extensión (70.437 km²) abarcó el sudoeste. Es la campaña de mayor rendimiento de trigo y maíz, a pesar de que la sequía se expande en la provincia y se intensifica en el área de estudio. Ello hace pensar en la gestión del agua y de los regadíos. La mitad de los partidos considerados presentan, en este período, altos rendimientos de girasol.

En el 2005 y en el 2006 tuvo lugar una ampliación hacia el este del área afectada, concentrándose nuevamente en los partidos del sudoeste. Para el 2005, la sequía afectó a un 46 % de la provincia (141.501 km²). Un 49,77 % de esa superficie (70.437 km²) correspondió al sudoeste. Se observa que hacia el sudoeste prevaleció el régimen de emergencia y desastre, y hacia el sudeste el de emergencia.

Para el 2006 la situación fue similar, con la excepción de que, en la zona sudeste, algunos partidos no declararon sequía.

La situación de los cultivos muestra que el trigo 2005-2006 tuvo la campaña de menor rendimiento: 1.382 kg/ha. En cuanto al girasol, si bien es la campaña de mayor rendimiento en promedio (2.952 kg/ha), la mitad de los partidos analizados presentan el menor rendimiento de todas las campañas analizadas. Esto podría considerarse como posible consecuencia de la profunda sequía. Para el maíz, esta campaña fue la de mayor rendimiento en Patagones y Villarino (6.900 y 6.650 kg/ha respectivamente).

Ambos partidos, como hemos podido observar, son muy perjudicados por la sequía a lo largo de la campaña 2005/2006. La producción promedio de maíz para la región representa el 3,5 de la producción provincial (163.146 / 4.654.300 Tn). El rendimiento promedio del maíz para el sudoeste (3.779 Kg/ha) es aproximadamente la mitad del promedio provincial (7.243 Kg/ha).

También los rendimientos de la soja son inferiores al promedio provincial en aproximadamente la mitad, lo cual no impide que aumente la superficie sembrada de este cultivo. De todos modos, la participación de la región en la producción provincial de soja representa sólo un 3,2 %.

Los cultivos que se destacan en cuanto a superficie sembrada y en lo referido a producción son el trigo y el girasol, que ocupan el 31 % y el 25,6 % de la producción provincial respectivamente.

Podemos observar que la característica distintiva para el sudoeste bonaerense es la variabilidad de la precipitación, tanto temporal como espacial. Tener conocimiento de este comportamiento es fundamental para la planificación de las actividades que se llevan a cabo en la región y es importante encontrar opciones para la adaptación a estos cambios de manera que se los impactos negativos sean lo menos posibles.

La introducción de nuevo cultivares en la región, la modalidad de producción, el manejo no conservacionista de los suelos y formas de vida, nos deben llevar a reflexionar si en un futuro no muy lejano, no tendremos que cambiar nuestras actitudes modernas ante un nuevo avance de una fase seca a semiseca.

El análisis realizado permite afirmar que la región posee un alto riesgo agrícola en comparación con el resto de la provincia. Los rendimientos de los principales cultivos pampeanos se posicionan por debajo del promedio provincial, lo que manifiesta una situación de desventaja productiva. Esta situación hace reflexionar sobre qué medidas tomar para contrarrestar los efectos de la sequía.

Esto toma mayor importancia si somos conscientes de la limitante de profundidad que tenemos en nuestros suelos y en base a la cual debemos tomar las medidas pertinentes.

No podemos cambiar el clima, pero si podemos contrarrestar el perjuicio de los suelos someros.

TRABAJO DE CAMPO

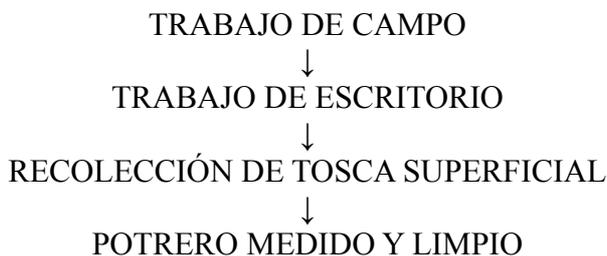
Ahora comenzaremos con la parte central de nuestro trabajo final de graduación, que tiene como fin hacer un protocolo para medir en forma fácil y económica la profundidad a la que se encuentra la tosca en un potrero y trasladar esos datos a una computadora para que nos cree un mapa sobre el cual tomaremos las correspondientes medidas productivas.

Dividiremos el proceso de medición de profundidad de tosca en dos etapas más un trabajo complementario.

La primera etapa del trabajo se denomina “De Campo” y consiste en la obtención de datos de profundidad y posición del terreno en cuestión.

La segunda etapa se denomina “De Escritorio” y es donde procesamos la información obtenida en la etapa anterior para proceder a realizar mapa, tablas y cuadros. Seguido a esto se realizó una comparación de dos distancias de medición.

Por último se puede agregar un trabajo complementario que consiste en la recolección de toscas superficiales con el objetivo de dejar el terreno libre de obstáculos para las herramientas agrícolas. Este no es simplemente un tema estético y parecería un tema menor pero posee una gran importancia económica ya que las grandes toscas superficiales son las causantes de rotura de cuchillas en sembradoras, ruedas duales en carros y sinnúmero de inconvenientes al ingresar en la cosechadora durante la cosecha de soja debido a que la plataforma debe ir rozando el piso. Ésta no tiene por qué ser la última etapa ya que se puede realizar en cualquier momento y es independiente del proceso de medición de profundidad de tosca.



El trabajo de campo, consiste en la obtención de datos de posición de los puntos a medir y su respectiva profundidad.

Es el origen de nuestro estudio, es un trabajo monótono y rutinario que exige el máximo de atención en el cual se debe poner el máximo empeño ya que, si es realizado correctamente, se hará una sola vez en la vida y en contrapartida, una mala obtención de datos dará como resultado mapas que no corresponden a la realidad, con consecuencias negativas para el resultado económico de la empresa.

HERRAMIENTAS

-GPS portátil: Cualquier modelo o marca que sea capaz de marcar puntos de posición y medir superficies servirá, en este caso se utilizó el modelo Etrex Legend de la marca Garmin.

-Medidor de Capas Duras: Instrumento tipo zonda de acero pulido con mango de goma cuyas medidas son de un metro de largo y un centímetro de diámetro, con marcas cada diez centímetros

que se utilizarán para saber hasta que profundidad está enterrado. Posee también una punta cónica de 1,2 centímetros de diámetro. Este ensanchamiento está diseñado especialmente para permitir la penetración en el suelo con un mínimo del rose del resto del medidor con el suelo, facilitando así su penetración total.

-Vehículo: Para desplazarse por el terreno. En este caso se utilizó una pick up.

-Tres Operarios: Uno será el conductor del vehículo, quien conducirá hacia los lugares a medir, marcará en el GPS las ubicaciones y anotará las profundidades que le dicten las dos personas encargadas de medir, las cuales se ubican sentadas en la caja del vehículo. Cabe aclarar que este trabajo se puede hacer tranquilamente con un conductor y un medidor, pero en grandes superficies y con distancias entre puntos cortas, se puede volver extremadamente tedioso por lo cual se usan dos personas, quienes van midiendo en forma alternada.

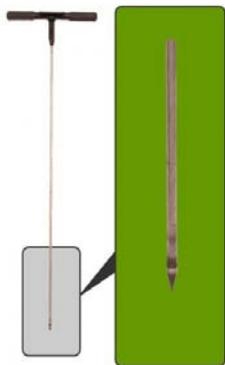
No hace falta que los operarios tengan ningún conocimiento técnico en particular.

La responsabilidad del encargado de medir es la correcta y responsable medición en cada punto que el vehículo se detiene, no necesita ningún conocimiento previo del potrero como tampoco ningún conocimiento técnico, este mismo puede realizar el trabajo sin saber donde esta trabajando.

El conductor del vehículo debe ser responsable como dijimos en el correcto recorrido y el la prolija recolección de datos.

El único conocimiento previo que debe tener el conductor del vehículo es saber la forma del potrero y que sectores se deben medir (suponiendo que medimos solamente las zonas rotables) para en base a esto determinar si el potrero es de forma poligonal o irregular. Para esto basta con un mapa del establecimiento y una simple recorrida previa antes de empezar la medición.

-Cuaderno y birome: Para anotar el número de punto y su respectiva profundidad.



Medidor de capas duras



GPS

PROCESO

El procedimiento se basa en un método invasivo que consiste en la penetración del medidor de capas duras el cual se introduce en el suelo y se hace llegar a la plancha de tosca utilizando la fuerza de una persona normal. Luego, por medio de una lectura directa en el instrumento se lee la profundidad de la tosca (o la capa de suelo que tenemos) e inmediatamente a la vez se toman las coordenadas del lugar medido con el GPS. En el cuaderno se van colocando en forma sucesiva el número de cada punto medido y su respectiva profundidad. De esta forma se procede a medir toda la superficie que nos interese.

Al medir un terreno, el conductor debe saber llevar a los operarios de forma tal que, sea cual fuere la distancia entre puntos que usemos y la forma del terreno que nos toque medir, **todos los puntos queden lo más equidistantes posible**. Los operarios encargados de medir deben de prestar atención en lograr llegar a introducir el medidor tratando de aplicar el máximo de fuerza sintiendo un característico golpe seco que nos indicará que hemos llegado a la capa de tosca. Para lo señalado es recomendable entrenar previamente al personal interviniente.

La rutina mas aconsejada es, con las tres personas sobre la camioneta, el conductor avanza, se detiene en el lugar a medir (los medidores saben que cuando la camioneta se detiene deben medir en ese lugar); mientras el conductor marca la ubicación con el GPS, uno de los operarios mide la profundidad y luego se la transmite al conductor quien la anotara en el cuaderno al lado del número de punto y a continuación se dirigirá al próximo punto de medición.

En el caso de que nos queden mediciones muy cercanas no habrá inconveniente, si no todo lo contrario tendremos más detalles del terreno pero les estaremos dando más trabajo a los medidores y tardando más en el trabajo. De lo que si debemos tener cuidado es que no nos queden sectores sin medir o mediciones muy alejadas entre sí.

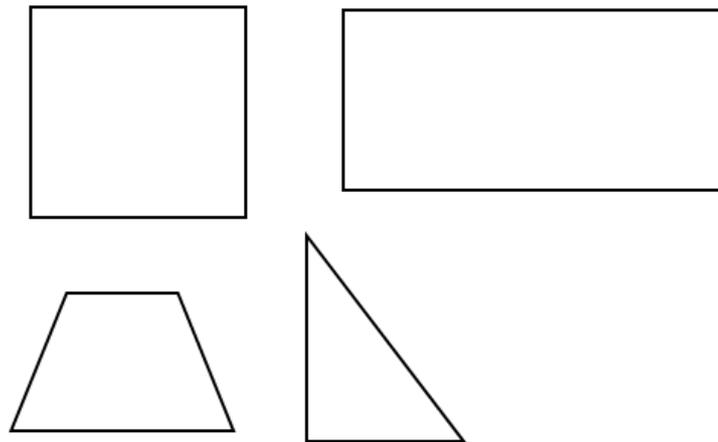
Primeramente y antes de cualquier medición, se le deben configurar el GPS a utilizar. En el menú “Configuración” de la pantalla mapa, nos dirigimos a “Ajuste de mapa” y en la orientación seleccionamos la opción “Track arriba” a diferencia de “Norte arriba”. De esta manera siempre que avancemos la pantalla mantendrá nuestro recorrido en forma vertical y no con respecto al norte.

La escala a utilizar, la cual la regulamos con los dos botones superiores del lado derecho, será la mitad de la distancia a la cual queremos que nos quede entre cada medición. Esto no es un tema menor ya que de esto depende en gran parte que todos los puntos nos queden a la misma distancia.

Si observamos la pantalla Mapas de GPS, veremos que la flecha que nos indica nuestra posición esta siempre en el mismo lugar y a la misma distancia de los bordes de la pantalla pese a que nos movamos, ya que lo que se moverá es el terreno. Gracias a esto podemos deducir que luego de haber marcado y medido el primer punto que llamaremos 001 avanzamos hasta que este punto toque el borde inferior de la pantalla y en ese lugar nos detenemos para marcar y medir el punto que denominaremos 002 y así sucesivamente.

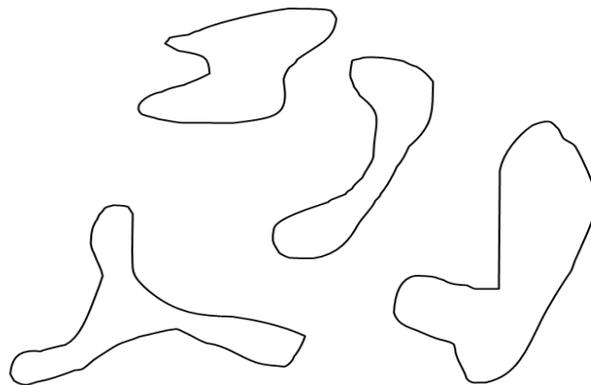
Consideraremos ahora los distintos tipos de terreno que pueden presentarse, los que podrán tener las siguientes formas:

- Poligonal: Es el caso más típico y común en los potreros 100 % agrícolas.



Superficies poligonales

- Irregular: Es el caso de potrero bajos en los cuales tenemos lomas agrícolas o terrenos altos que poseen bajos no rotables.



Superficies irregulares

Superficies Poligonales:

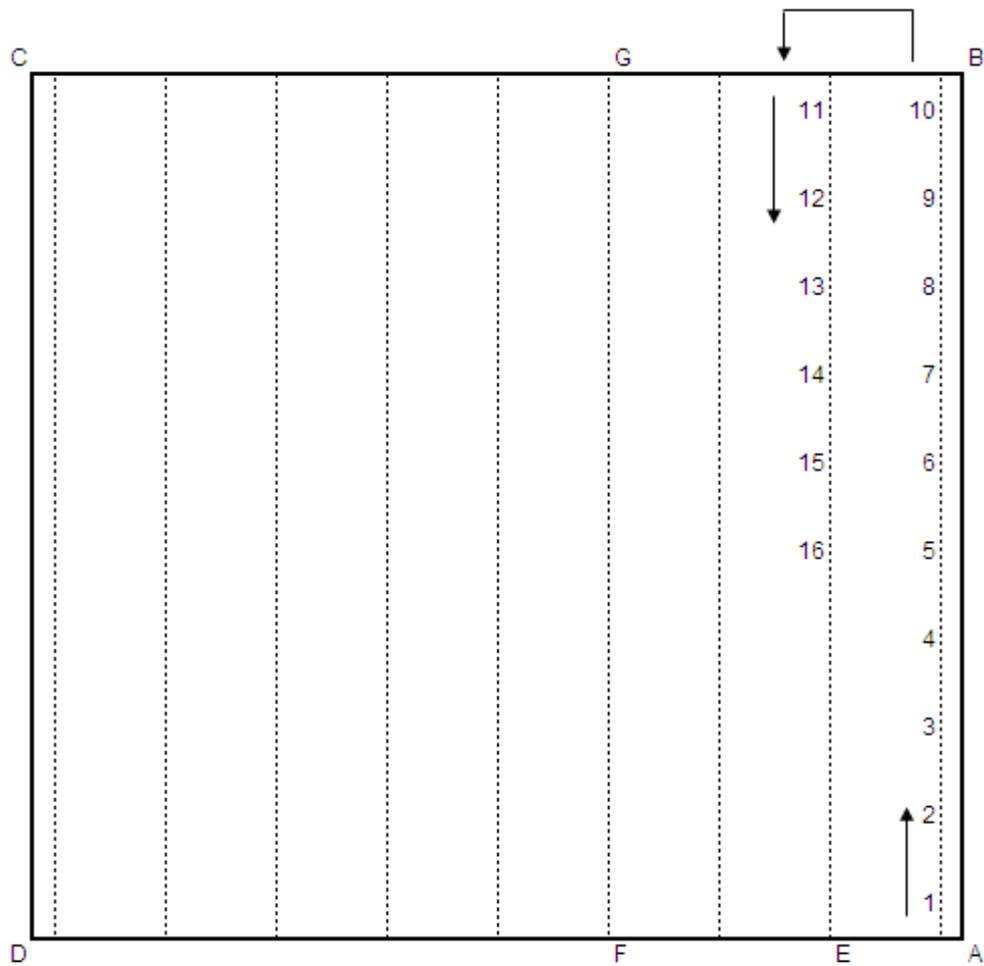
En el caso que nos toque medir un potrero de forma poligonal el trabajo es más fácil, lo cual no implica que en superficies irregulares sea difícil pero si se debe prestar más atención.

Comenzaremos a desarrollar el proceso de medición en un potrero de forma poligonal perfectamente cuadrado cuyos ángulos internos son de 90 grados, esto es poco probable en la realidad pero sirve para entender el concepto de la medición, el resto de los casos se basan en éste con algunas variantes.

Comenzaremos a medir ubicándonos en un ángulo cualquiera del potrero que denominaremos punto A, marcamos y medimos el primer punto que llamaremos 001 y usando el alambrado que nos servirá como guía avanzamos en forma paralela a éste y lo más cerca posible siempre viendo la pantalla del GPS, iremos avanzando y deteniéndonos cada vez que el último punto medido toque el borde inferior de la pantalla para tener finalmente una fila de puntos marcados y medidos en forma recta y equidistantes entre sí.

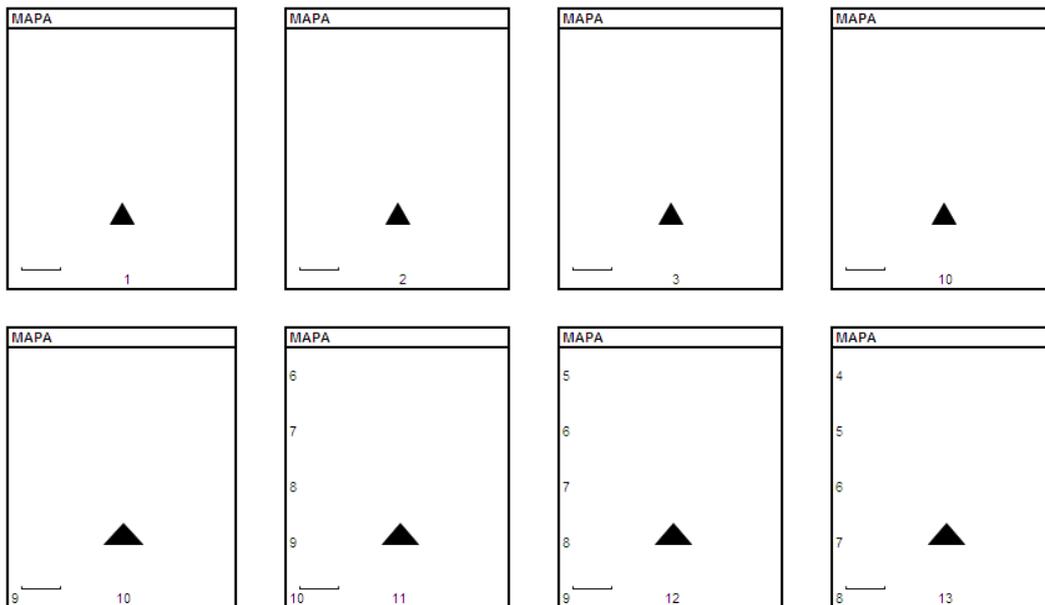
Al llegar al otro extremo del mismo alambrado que denominamos punto B, marcamos y mediremos el punto 010, luego debemos girar a la izquierda 90 grados y avanzando sobre el alambrado en dirección al punto C buscamos el siguiente lugar para determinar el punto 011, la

imagen de la pantalla girara y el último punto de la línea AB se ubicará en el borde inferior de la pantalla.



Comienzo de la medición

A continuación de marcar este primer punto de la segunda fila debemos volver a girar 90 grados a la izquierda de manera tal de apuntar a un imaginario punto E el cual no sabremos dónde está exactamente pero llegaremos perfectamente a él si seguimos con el mismo procedimiento de avanzar y detenerse, pero en este caso no tendremos el alambrado que nos orientara en forma recta sino que nuestra guía serán los puntos de la pasada anterior (001 al 010) que deben estar exactamente en el borde derecho de nuestra pantalla. Al llegar al punto E ubicado en el alambrado repetiremos la operación anterior pero girando a la derecha dirigiéndonos al imaginario punto F para, desde allí, ir midiendo rumbo al punto G.

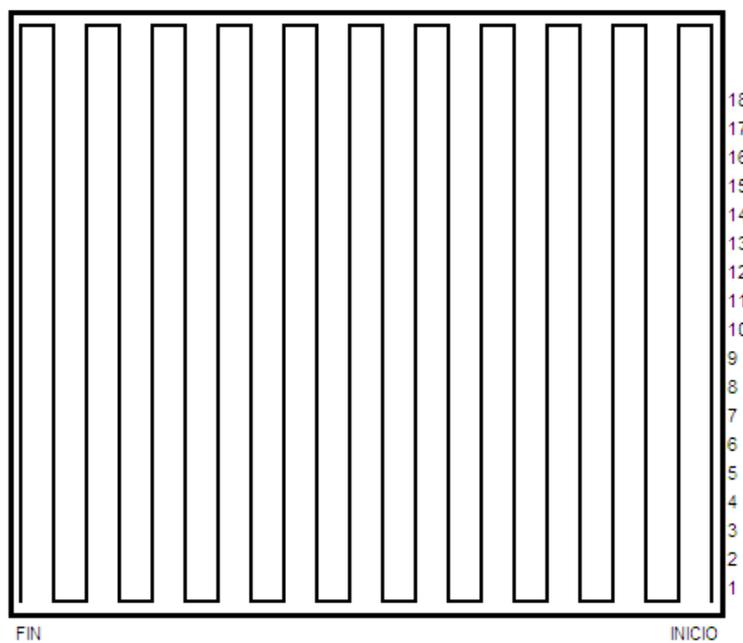


Secuencia de la pantalla del GPS a medida que vamos avanzando

De esta manera repetimos el mismo procedimiento y tendremos todas las pasadas paralelas y todos los puntos equidistantes entre sí al terminar el potrero.

Por lo explicado, deducimos que siempre debemos guiarnos al principio por el alambrado y después debemos mirar siempre el GPS y no guiarnos por otra cosa. Si el primer trazado está bien hecho y respetamos siempre la pasada anterior como referencia, no tiene por qué irnos mal.

Finalmente cuando estemos terminando y suponiendo como dijimos antes que el potrero es un cuadrado perfecto la última pasada deberá ser paralela al alambrado CD.



Recorrido completo para la medición

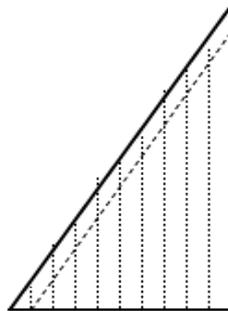
Con esto terminamos de explicar una medición tipo, esto no significa que solamente se puede trabajar sobre un potrero perfectamente cuadrado.

Si por ejemplo deseamos medir un triángulo rectángulo, lo más cómodo sería comenzar por un ángulo recto y guiarnos por el alambrado como dijimos antes.

Al llegar al final del potrero, el único cuidado que debemos tener es que los giros no serán de 90 grados sino que serán de más de más de 90 grados el primero y de menos de 90 grados el segundo.

De igual manera que en el caso anterior una vez que volvamos a estar paralelos al alambrado que usamos de referencia, debemos seguir los puntos de la anterior pasada como guía.

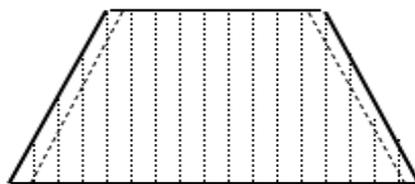
Finalmente es aconsejable una vez terminado el trabajo, hacer una pasada marcando y midiendo sobre la “hipotenusa” del potrero ya que debido a su forma y los giros, los puntos aquí nos habrán quedado más alejados.



Medición de triángulo rectángulo

Sabiendo medir superficies cuadradas, rectangulares o triangulares, el resto de las posibilidades es fácil ya que en todos los casos deberemos descomponer estas figuras.

Por ejemplo una superficie con forma de trapecio podemos hacerla como un cuadrado y dos triángulos. Esto no implica que haya que hacerlo en tres etapas, se puede comenzar desde un extremo y terminar en el otro teniendo en cuenta los cuidados pertinentes.

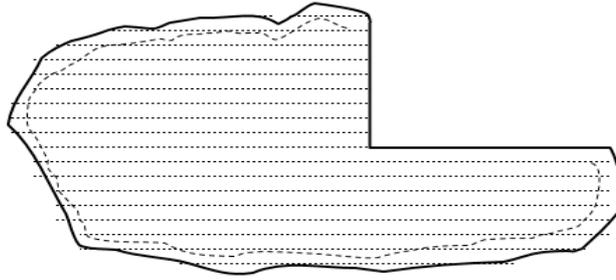


Medición de Trapecio

Superficies Irregulares:

Este es el típico caso de lomas agrícolas en potreros bajos o potreros altos con bajos.

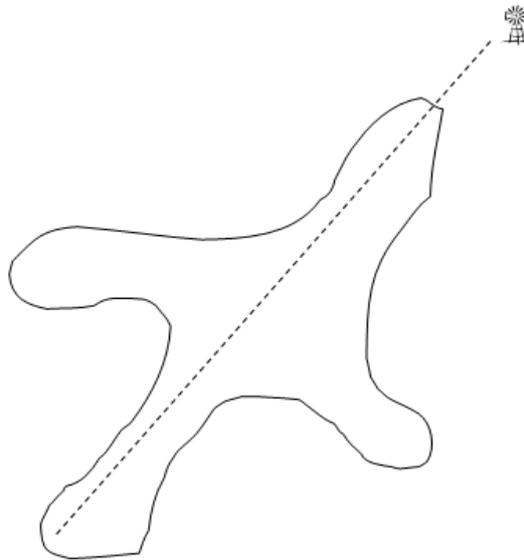
Si la superficie a medir tuviese como límite un alambrado, deberíamos empezar usando éste como referencia y como se indicó anteriormente continuar guiándonos por las pasadas anteriores sabiendo que al llegar a los extremos tendremos que saber realizar el giro para entrar en la futura pasada.



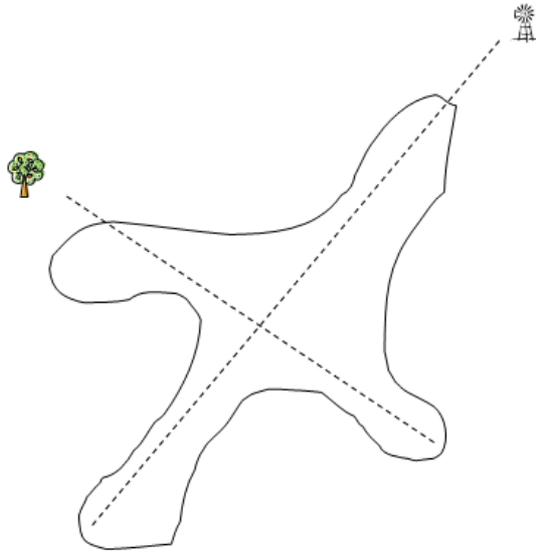
Medición de superficie irregular usando un alambrado como guía

Aquí también finalmente se recomienda hacer una pasada por todo el perímetro irregular de forma que no nos queden sectores sin marcar ni medir.

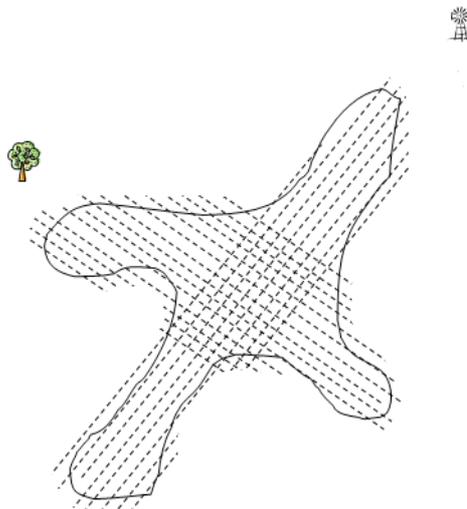
Si la superficie fuera totalmente irregular y no tenemos ningún lado recto para comenzar a guiarnos, primero debemos saber que siempre trabajaremos a lo largo, o sea en el sentido más largo de todo el potrero. Partiendo de esta premisa, nos ubicamos en un extremo y avanzaremos en forma recta marcando y midiendo, siguiendo algún punto en el horizonte hasta llegar al otro extremo. Una vez hecha esta primera pasada el trabajo continúa como se explicó anteriormente.



Primer pasada en superficie completamente irregular guiándose por un punto en el horizonte



Segunda pasada en superficie totalmente irregular guiándose por un punto en el horizonte



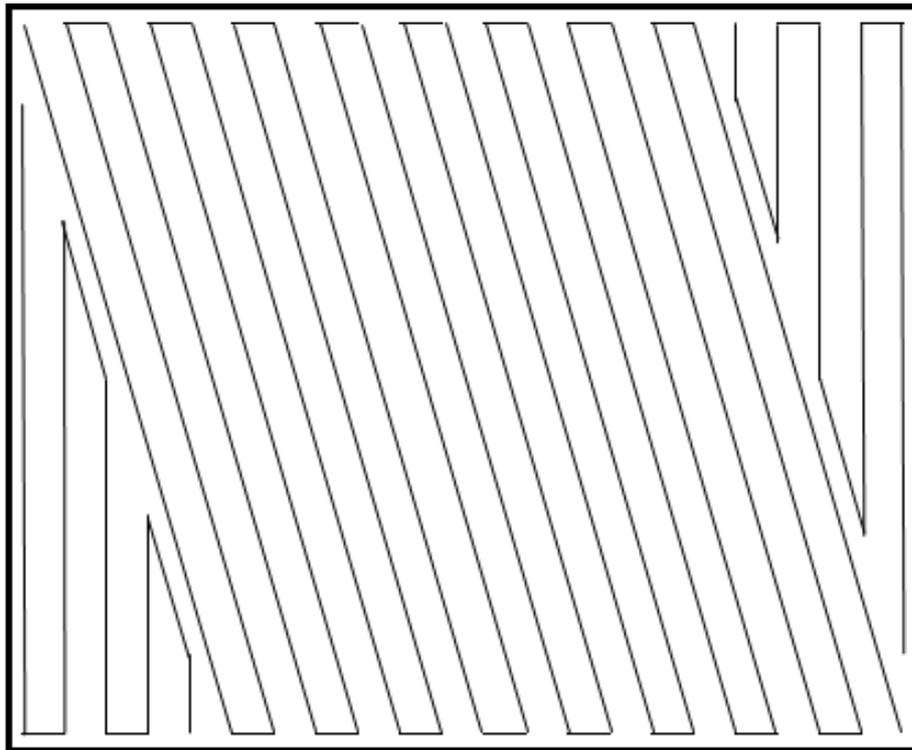
Recorrido completo

En caso de que la superficie posea un angostamiento que nos dificulte el trabajo en el mismo sentido, podemos buscar otro punto de referencia en un nuevo sentido de trabajo y seguir midiendo y marcando en la nueva dirección,

En estos casos es donde más importancia se le debe dar a la pasada final contorneando toda la figura.

En nuestra explicación siempre suponemos que el potrero no tenga surcos de siembra que nos puedan hacer de guía, En el caso de que los hubiese, el trabajo se facilita mucho más ya que estos nos guiarán en forma recta pero siempre y cuando sean paralelos al primer alambrado de referencia. Si el potrero está sembrado en falsa escuadra como se suele hacer, no solamente no se deben seguir los surcos sino que se debe tener extremo cuidado de que no nos confundan y en este caso el trabajo puede resultar verdaderamente complicado.

Si quisiéramos medir usando como ayuda de la guía los surcos de siembra estando éstos en falsa escuadra, el procedimiento varía en que al final nos quedarán dos triángulos para medir y las vueltas van a ser como si se trabajara en un triángulo, una de menos de 90 grados y otra de más de 90 grados.



Recorrido usando los surcos de siembra como referencia y luego terminando los triángulos restantes

En todos los casos mencionados el mismo procedimiento se puede iniciar dejando el alambrado a nuestra izquierda y girando luego a la derecha, el resultado será el mismo.

Como norma general el recorrido sobre la superficie, se puede resumir en dos puntos para cualquier tipo de superficie:

1-Hacer una pasada que no servirá de guía usando cualquier punto de referencia

2- Hacer una pasada por los bordes y espacios vacíos.

Una medición realizada en forma normal, con un operario conduciendo y otro midiendo, se lleva a cabo a un ritmo de 12 hectáreas por hora, potreros de 50 hectáreas aproximadamente se realizaron en medio día. Trabajando de 8 de la mañana a 12 del mediodía y de 3 de la tarde a 7 de la tarde realizamos 100 hectáreas por día.

En los dos establecimientos en que se realizó la medición total de estos, se demoró en promedio medio día por cada potrero.

RESULTADO PARCIAL

Finalmente, sea cual haya sido el tipo de superficie a medir, tendremos el mismo resultado para todos los casos.

En el GPS tendremos la ubicación mediante coordenadas de todos los puntos medidos, identificados éstos por un número de tres cifras.

En el cuaderno tendremos una lista correlativa con los números de cada punto del GPS y sé respectiva profundidad

Con esto termina la primera etapa denominada “Trabajo de Campo”.

TRABAJO DE ESCRITORIO

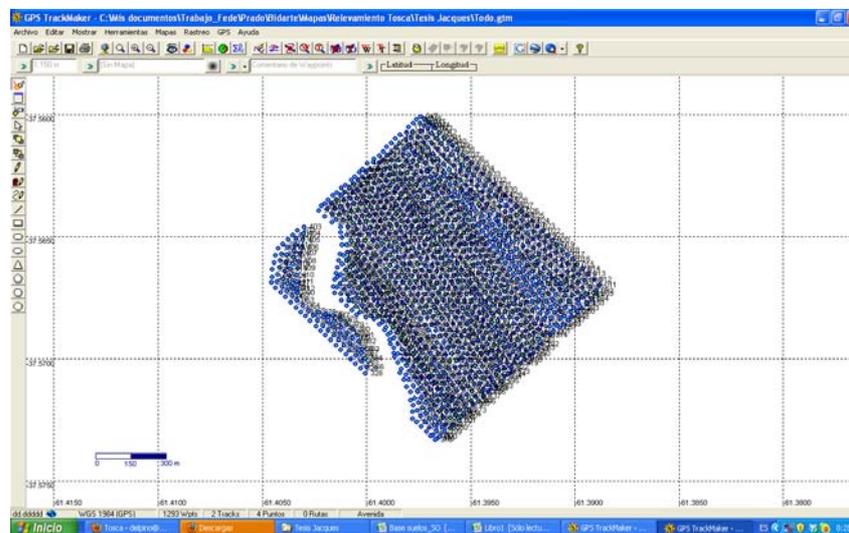
En esta última etapa de nuestro Trabajo Final de Graduación, es donde procedemos a crear los mapas de Profundidad de Tosca con toda la información recopilada con anterioridad.

HERRAMIENTAS

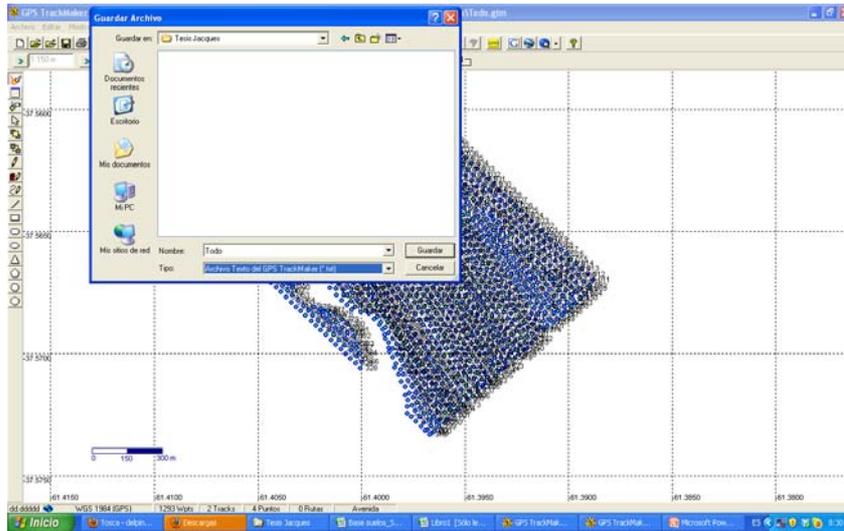
- **PC** con Windows 98SE/2000/ME/XP/Vista
- **Programa Excel**
- **Programa: GPS Trackmaker:** Es un programa para Windows 98SE/2000/ME/XP/Vista que permite la transmisión bidireccional de datos entre el receptor GPS y la computadora, así como la edición y almacenamiento de estos datos. El programa GPS TrackMaker reconoce estos datos permitiendo editarlos gráficamente de una forma simple.
- **Programa: Global Mapper:** Es un programa del tipo “[sistema de información geográfica](#)” (SIG) para ser utilizado con Windows 98SE/2000/ME/XP/Vista con el cual podemos realizar todo tipo de mapas y planos como así también y procesar gráficos vectoriales y datos de elevación.
- **GPS** con los puntos guardados del paso anterior.
- **Listado de profundidades**

PROCESO

Descargamos la ubicación de los puntos del GPS al programa GPS Trackmaker.

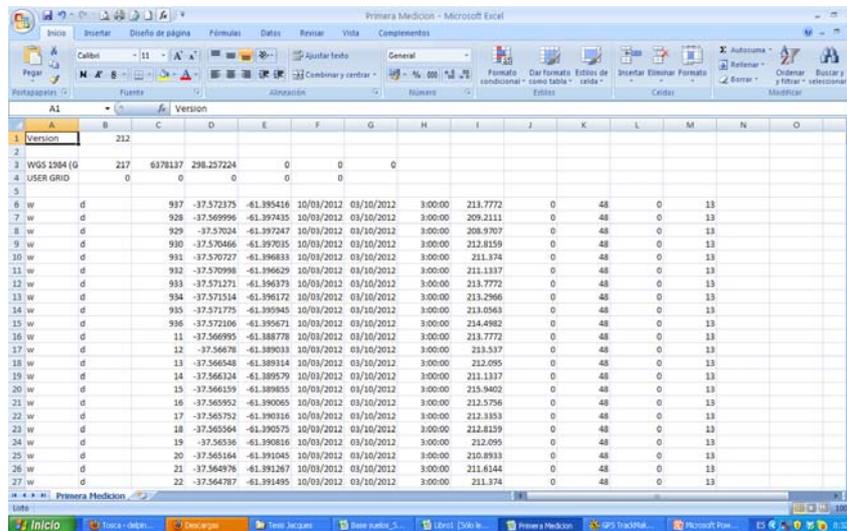


Guardamos el archivo en formato txt.

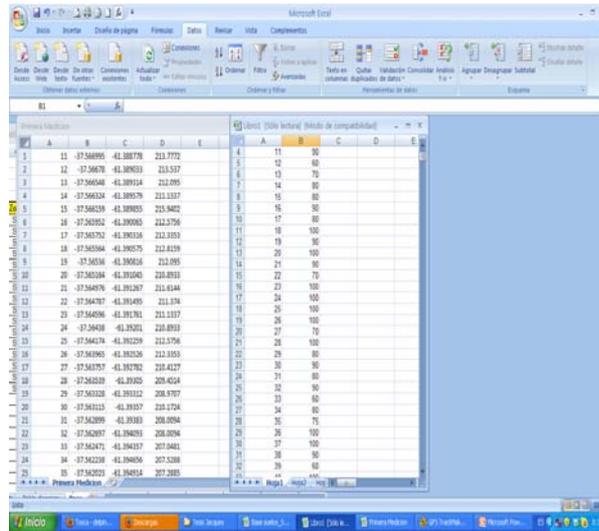


Abrimos dicho archivo txt con el programa Excel y eliminamos todas las columnas y filas que no posean información de las coordenadas geográficas de cada punto, nos quedaran solamente:

- Numero de punto
- Latitud
- Longitud



Agregamos al archivo txt donde están las coordenadas los datos de profundidad que le corresponden a cada punto y que tendremos en otra planilla Excel, y volvemos a guardar en formato txt.

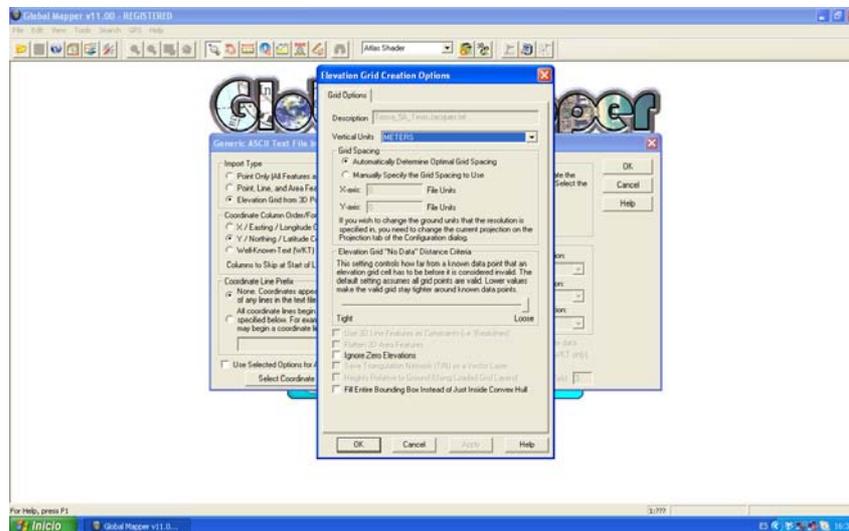


De esta forma nos quedaran en la misma planilla Excel y en cuatro columnas

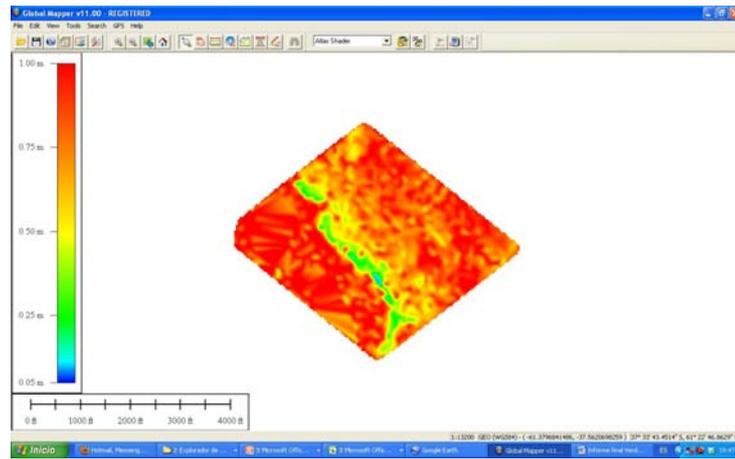
- Numero de punto
- Latitud
- Longitud
- Profundidad

Esta planilla la volvemos a guardar en formato .txt y volvemos a abrir este archivo ahora con el programa Global Mapper.

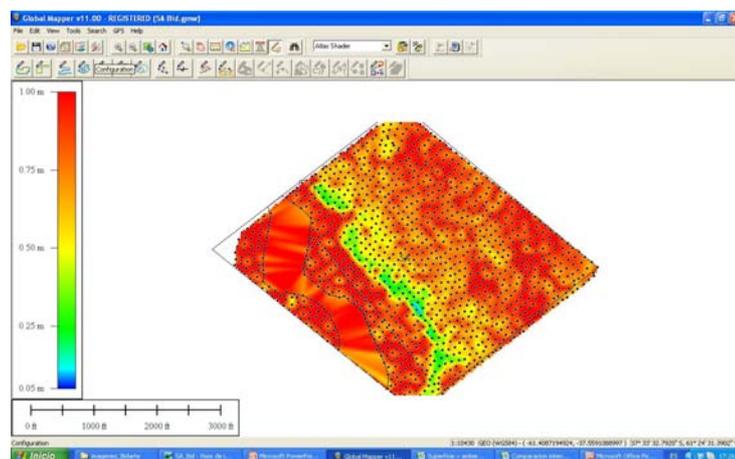
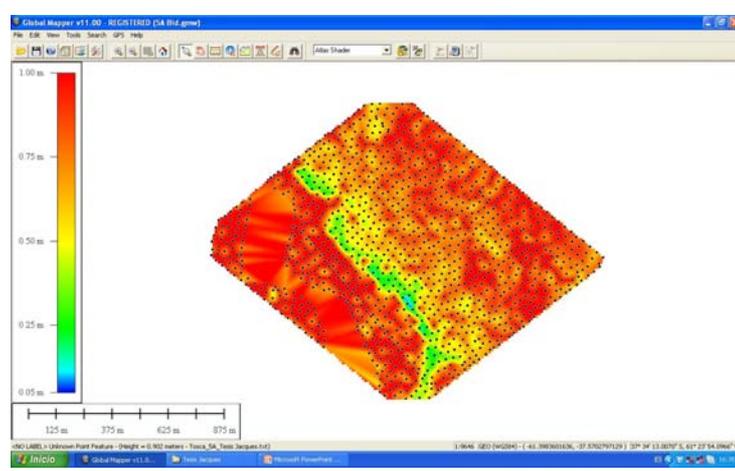
Definimos el tipo de unidades que utilizaremos y nos aparecerá la primer imagen del mapa de profundidad de tosca.



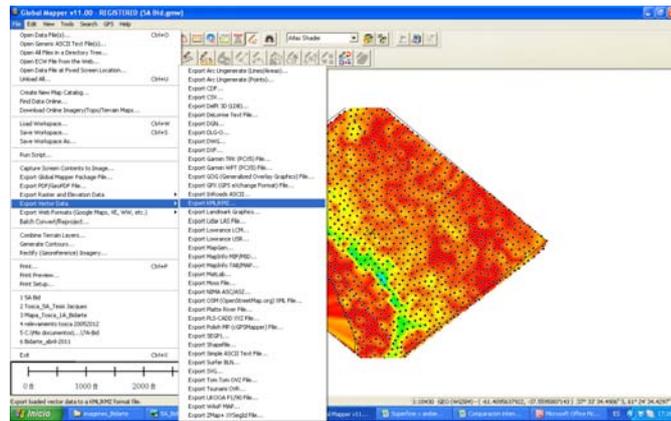
Observamos le primer modelo de mapa de profundidad de tosca



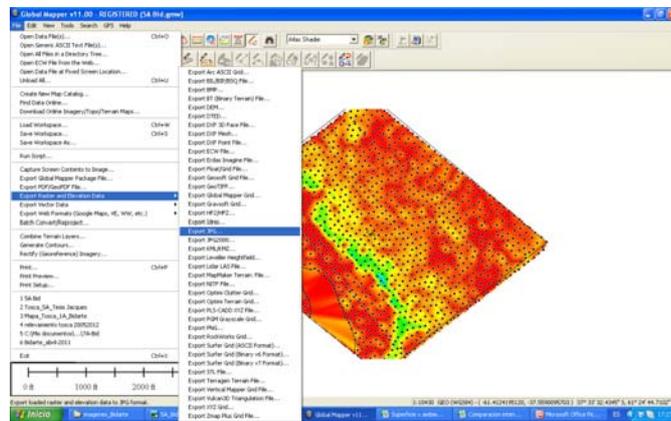
Delimitamos la superficie medida del potrero descartando las secciones no medidas como por ejemplo los bajos y el perímetro



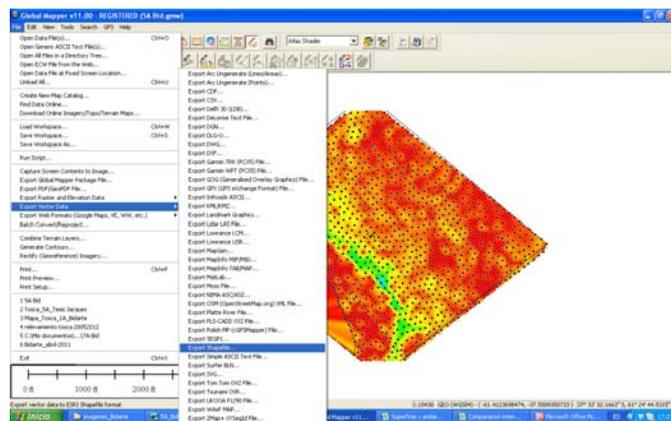
Guardamos en formato deseado:
 - **.kmz**: Para abrir en Google Earth.



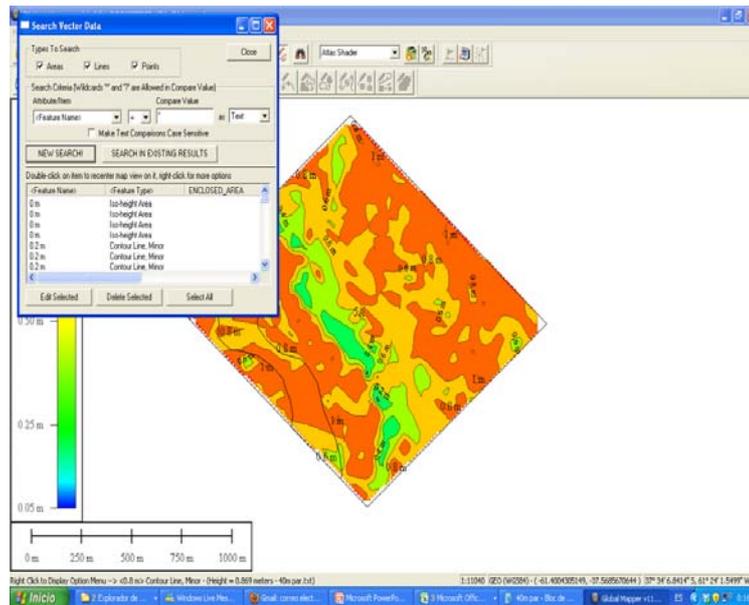
- .jpg: Para visualizar como imagen.



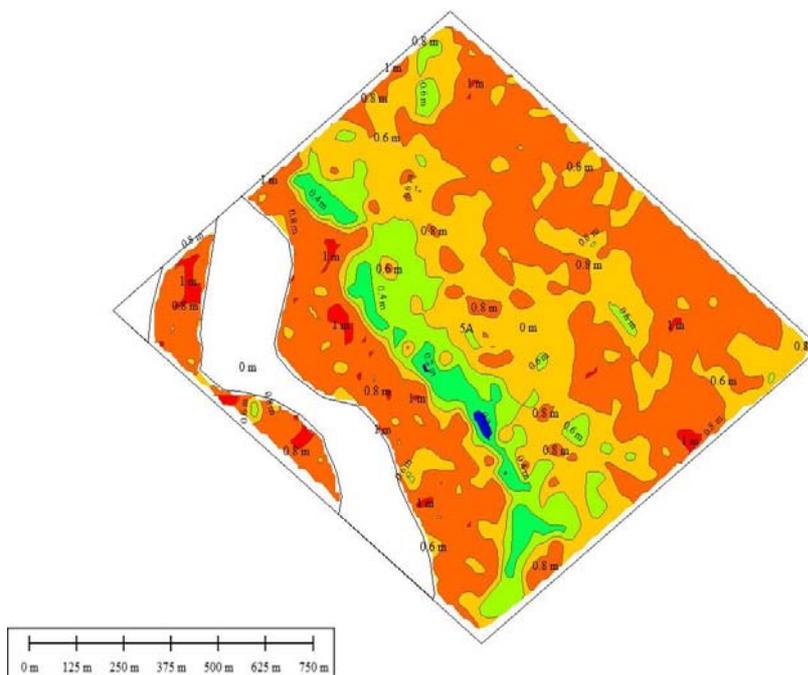
- .shp: Para abrir en Arc View.



Calculamos las superficies por rango de profundidad, profundidad promedio, máxima, mínima y desvíos. Seleccionamos datos de ventana, y guardamos en un archivo txt para luego procesar en Excel.



Finalmente, tendremos nuestro mapa de profundidad de tosca con sus correspondientes datos



Intensidad de Muestreo:	20 Mts
Muestras:	1292
Superficie Total:	110,7 Has
Superficie Rotable:	92 Has
Superficie No Rotable:	18,7 Has
Muestras / Has:	14 Muestras / Ha

PROFUNDIDAD	HAS	%
1 mt o mas	1,3	1,41%
1 mt - 0,8 mts	46,1	50,00%
0,8 mts – 0,6 mts	30,7	33,30%
0,6 mts - 0,4 mts	10,4	11,28%
0,4 mts - 0,2 mts	3,6	3,90%
0,2 mts - 0 mts	0,1	0,11%
TOTAL	92,2	100%

Profundidad Media	0,77 mts
Profundidad Max	1 mts
Profundidad Min	0,1 mts
Desvío	0,08 mts

Distribución de las distintas profundidades del potrero 5A

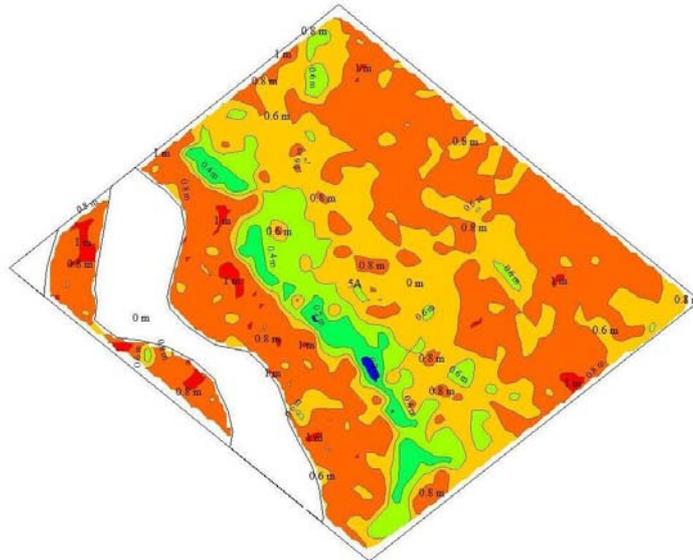
RESULTADO FINAL

Como resultado de este procedimiento, finalmente tendremos un detallado mapa en colores el cual nos indicara en forma simple y clara las distintas profundidades a las que se encuentra la capa de tosca en un determinado terreno.

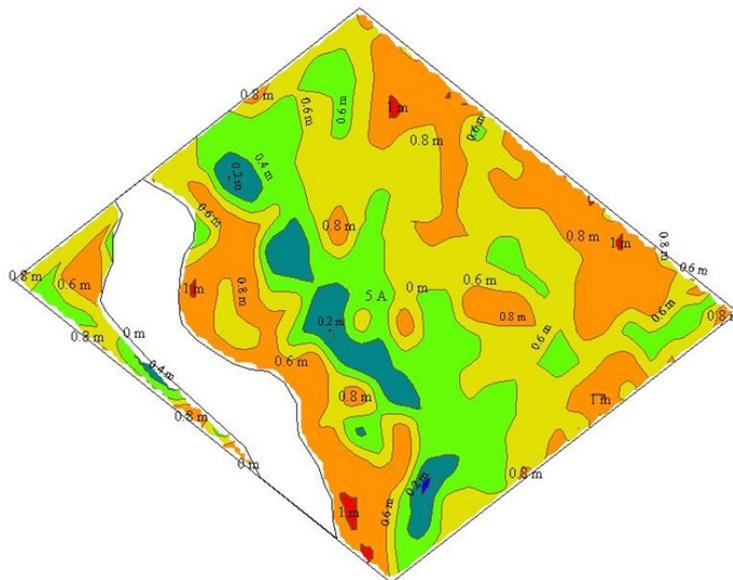
Con esto termina la segunda y ultima parte denominada “Trabajo de Escritorio”.

COMPARACIÓN DE DISTANCIAS DE MUESTREO

Como complemento a este trabajo, buscando comparar el mapeo a dos distancias de toma de muestra distintas, se eliminaron puntos al mapa realizado de manera tal que quede una grilla cada 60 metros, la cual se volvió a graficar y se compararon los datos de las dos mediciones, la primera a 20 metros y esta.



Medición de profundidad de tosca con muestreo cada 20 metros



Medición de profundidad de tosca con muestreo cada 60 metros

La cuantificación del mapeo resultante fue la siguiente:

MEDICIÓN CADA 20 METROS

MEDICIÓN CADA 60 METROS

PROFUNDIDAD	HAS	%
1 mt o mas	1,3	1,41%
1 mt - 0,8 mts	46,1	50,00%
0,8 mts - 0,6 mts	30,7	33,30%
0,6 mts - 0,4 mts	10,4	11,28%
0,4 mts - 0,2 mts	3,6	3,90%
0,2 mts - 0 mts	0,1	0,11%
TOTAL	92,2	100%

PROFUNDIDAD	HAS	%
1 mt o mas	1,8	1,95%
1 mt - 0,8 mts	19,8	21,48%
0,8 mts - 0,6 mts	33,3	36,12%
0,6 mts - 0,4 mts	22,3	24,19%
0,4 mts - 0,2 mts	5,6	6,07%
0,2 mts - 0 mts	0,1	0,11%
TOTAL	92,2	100%

Profundidad Media	0,77 mts
Profundidad Max	1 mts
Profundidad Min	0,1 mts
Desvío	0,08 mts

Profundidad Media	0,68 mts
Profundidad Max	1 mts
Profundidad Min	0,1 mts
Desvío	0,18 mts

Comparación de las dos mediciones

Se puede observar como en la medición que se realizó cada 60 metros se subestima la capacidad productiva del campo, determinando de manera errónea que el potrero es más somero que la realidad.

En las profundidades extremas, ya sean máximas o mínimas no se nota diferencia pero si en las intermedias que son las que más abundan.

Para el campo de referencia no hay duda que la mayor exactitud en el trabajo se observa con un relevamiento cada 20 metros de distancia entre cada toma de datos.

USO DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA PARA LA DETERMINACION DE LA CAPA DE TOSCA

Nombramos este método complementario para medir la profundidad de la capa de tosca en un potrero.

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de un [material](#) de dejar pasar la [corriente eléctrica](#) o dicho de otra manera su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material, los [metales](#) son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos [electrones](#) con vínculos débiles y esto permite su movimiento. La conductividad también depende de otros factores físicos del propio material y de la [temperatura](#). Por ejemplo el cobre tiene conductibilidad eléctrica elevada ya que puede transmitir la energía eléctrica de una punta del objeto hasta la otra. En cambio la madera no tiene conductibilidad ya que no permite este fenómeno.

La conductividad es la inversa de la [resistividad](#), y su unidad es [siemens](#) por [metro](#). Los mecanismos de conductividad difieren entre los tres estados de la materia. Por ejemplo en los sólidos los átomos como tal no son libres de moverse y la conductividad se debe a los electrones. En los metales existen electrones cuasi-libres que se pueden mover muy libremente por todo el volumen, en cambio en los aislantes, muchos de ellos son sólidos iónicos.

El propósito de los dispositivos eléctricos es determinar la distribución de la resistividad del subsuelo haciendo mediciones en la superficie del terreno. Los métodos de resistividad emplean una fuente artificial de corriente, la cual es introducida en la tierra a través de electrodos.

La medición de la diferencia de potencial eléctrico en la vecindad del flujo de corriente así como también la corriente inyectada, hacen posible determinar la resistividad aparente del subsuelo. La resistividad eléctrica propia del terreno se relaciona con varios parámetros tales como la naturaleza y arreglo de los constituyentes sólidos del suelo, el contenido de agua y su composición y la temperatura y puede ser considerada como una forma de acceder al conocimiento de la variabilidad de las propiedades físicas del mismo.

Por lo tanto, cuanto más elevada sea la corriente obtenida, mayor será la conductividad. La resistencia, sin embargo, depende de la distancia entre los dos electrodos y sus superficies, las cuales pueden variar debido a posibles depósitos de sales u otros materiales (electrólisis). Por esta razón, se recomienda limitar el uso del sistema amperimétrico para soluciones con baja concentración de sólidos disueltos, 1 g/L (aproximadamente 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La Rastra Veris 3100 (Veris 3100, Division of Geoprobe Systems, Salina, KS) es un dispositivo de contacto (los electrodos están en contacto con la superficie del suelo), consta de 6 electrodos de metal en forma de discos que penetran aproximadamente 5 cm en el suelo. Los dos discos centrales emiten una corriente eléctrica continua y simultáneamente los otros dos pares de electrodos detectan el gradiente de corriente, dado por transmisión a través del suelo (resistencia). La profundidad de medición se basa en la distancia que hay entre los discos-electrodos emisores y receptores.

Este equipo es capaz de generar mapas geo-referenciados con la distribución espacial de una de las propiedades del suelo: la conductividad eléctrica; a partir de estos es posible zonificar o delimitar ambientes de características homogéneas que permitan un manejo sectorizado o un trato agronómico más eficiente acorde a las características de cada sector.



Vista trasera



Vista delantera y su trabajo en el terreno

La unidad Veris es traccionada por una camioneta o tractor y simultáneamente va midiendo y georeferenciando la CE (tanto la del estrato de 0-30 cm, como la de 0-90 cm) con un DGPS (Trimble R3, Trimble Navigation Limited, USA), el cual tiene una precisión de medición submétrica y el equipo es configurado para tomar posición satelital cada 1 segundo.

La CE del suelo puede mapearse a pie o usando un vehículo para arrastrar el aparato que mide CE. Tanto el operador a pie o el vehículo llevan un receptor GPS con corrección diferencial.

Los aparatos recorren el campo en series de líneas espaciadas mecánicamente, y sobre esas líneas se toman medidas registrando al mismo tiempo los datos de conductividad eléctrica y posición GPS.

Si se usa un vehículo con velocidad de 16 km/h y se registra una medida cada segundo, con espaciamiento de 18 metros entre líneas, se obtienen unas 124 medidas por hectárea. Si se toman medidas a pie, en cuadrícula con espaciamiento cada 5 m (en líneas espaciadas igualmente cada 5 m), se obtienen 400 medidas por hectárea.

Si las medidas se toman a lo largo de líneas espaciadas 10 m entre sí, con medidas cada 10 m a lo largo de las líneas, se obtienen 100 medidas por hectárea. En los tres casos resulta una densidad de datos mayor que la que es posible con muestreo de suelos en cuadrícula (que por lo general es de una por hectárea), y produce un mapa de suelo con mayor resolución de la que se logra con un mapa típico de muestreo de nutrientes del suelo. Mapear a esta densidad sirve para identificar tipos de suelo que tienen tamaño igual o mayor de 10 áreas.

Hay que considerar que si bien los mapas de CEa están relacionados espacialmente a los mapas de rendimiento, no indican que propiedades de suelo están afectando su variabilidad. Por lo tanto, es necesario llevar adelante un diseño de muestreo de suelo por zonas, para determinar que atributos de suelo afecta a la variabilidad del rendimiento

La conducción de electricidad en el suelo tiene lugar a través de los poros con humedad que separan partículas individuales. Por esa razón, la CE del suelo depende de interacciones entre las siguientes propiedades del suelo:

- **Continuidad de poros:** Los suelos cuyos poros están llenos de agua y directamente conectados con poros vecinos tienden a conducir electricidad más fácilmente. Los suelos con alto contenido de arcilla tienen numerosos poros pequeños saturados con agua, que son casi continuos; por lo general conducen corriente mejor que los suelos arenosos. Curiosamente, la compactación tiende a incrementar la CE.
- **Contenido de agua:** Los suelos secos tienen conductividad mucho menor que los húmedos.
- **Nivel de salinidad:** Una concentración mayor de electrolitos (sales) en el agua del suelo puede incrementar dramáticamente su CE.
- **Capacidad de intercambio catiónico:** Los suelos con altos niveles de materia orgánica (humus) y/o minerales de arcilla como montmorillonita, illita o vermiculita tienen una capacidad mucho más alta para atrapar cationes como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ ó H^+ que los suelos que carecen de dichos constituyentes.
- **Temperatura:** La CE decrece levemente cuando desciende la temperatura hacia el punto de congelación del agua. Bajo el punto de congelación, los poros quedan aislados, y la CE decrece velozmente.
- **Profundidad:** El valor de CE decrece con la profundidad (espesor) del suelo. Por esa razón, los parámetros del subsuelo profundo no se expresan tan intensamente en los mapas de CE como los superficiales.

Cabe aclarar que la calibración de la Rastra Veris surge de mapas hechos con un Medidor de Capas Duras y a su vez una medición indirecta de la capa de tosca que puede ser afectada por los factores recién nombrados, a diferencia del Medidor de Capas Duras que realiza una medición directa del subsuelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado aportado por este trabajo es la descripción un método para estandarizar los muestreos de profundidad de tosca, de fácil aplicación por cualquier persona que posea cierta prolijidad en el trabajo utilizando herramientas simples y sencillas.

Pasamos de la incógnita de no saber cuánto suelo tenemos disponible para nuestras labores a tener un registro detallado y georeferenciado de cómo se extiende el manto de tosca debajo del suelo.

Como tema de discusión, este tema deja muchas puertas abiertas para infinidad de trabajos futuros que lo complementen como por ejemplo:

- Analizar las distintas distancias de muestreo posibles, con el fin de determinar la que tenga el mejor equilibrio entre exactitud de información, tiempo de trabajo y costo de realización.
- Correlacionar la profundidad de suelos con Cartas de Suelos, topografía
Correlacionar el mapeo de tosca con los mapas de ambientes realizados mediante sensores remotos (imágenes satelitales Landsat)
Correlacionar el mapeo de tosca con los mapas de rindes generados a partir de la información obtenida durante la cosecha. (Sensores que se colocan en la cosechadora)
- Correlacionar profundidad de suelo con datos de Índice Verde desarrollados por el CREA Lamadrid.

CONCLUSIONES

El presente protocolo ofrece una metodología estandarizada para el muestreo de profundidad de tosca de un campo., siendo una herramienta de bajo costo, fácil realización y alto potencial de uso.

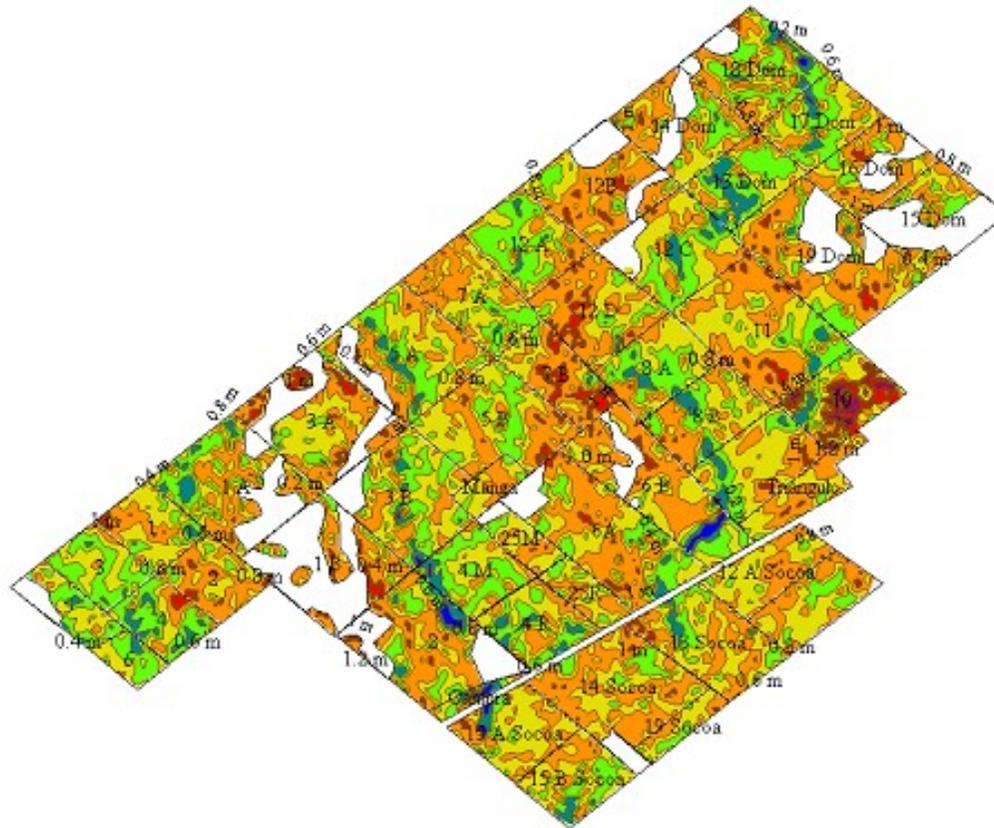
Si queremos usar de la mejor forma esta herramienta, podemos actuar de dos maneras, con esta información, a campo podremos:

- Adaptar la inversión que se realice de insumos para un cultivo, en función al verdadero potencial de cada ambiente productivo.
- Realizar actividades distintas y planteos determinados según sea el ambiente en el que estemos trabajando y dejar de sembrar especies muy demandantes de profundidad en suelos someros o viceversa.

De esta forma podemos llegar a lograr una mejor utilización de los recursos y replantear el futuro de toda la explotación de un establecimiento en cuanto a la rotación de cultivos adjudicando a cada ambiente las especies más adaptadas y mejorar nuestro resultado económico.

ANEXO 1

MAPA COMPLETO DE PROFUNDIDAD DE TOSCA DEL ESTABLECIMIENTO BIDARTE SE OBSERVA AL OESTE UN CAMPO ARRENDADO Y MEDIDO



ANEXO 2

DATOS DE PROFUNDIDAD DE TOSCA DE ESTABLECIMIENTO BIDARTE

Potrero	Superficie rotable	> 1mt	%	1 mts - 0,8 mts	%	0,8 mts - 0,6 mts	%	0,6 mts - 0,4 mts	%	0,4 mts - 0,2 mts	0,2 mts - 0 mts	%	Prof media	Prof max	Prof min	Desvío
1 A	87	1,1	1,3%	27,3	34,7%	23,2	29,6%	21,2	27,0%	5,7	0,0	0,0%	0,70	1	0,2	0,20
1 B	32,5	6,0	20,1%	15,6	52,2%	6,4	21,4%	1,9	6,3%	0,0	0,0	0,0%	0,87	1	0,4	0,14
2	75	1,1	1,2%	33,5	37,6%	26,2	29,3%	18,3	20,5%	7,2	3,0	3,3%	0,70	1	0,0	0,23
3 A	76	1,7	2,4%	37,0	50,5%	28,2	38,4%	6,0	8,1%	0,4	0,0	0,0%	0,82	1	0,3	0,16
4 M	50	0,0	0,0%	3,3	6,8%	18,8	39,4%	22,2	46,4%	3,0	0,5	1,0%	0,59	1	0,1	0,14
4 R	50	0,5	1,0%	9,4	18,4%	17,3	34,1%	17,9	35,2%	5,6	0,1	0,2%	0,63	1	0,2	0,19
5 A	92	1,8	2,2%	19,8	23,9%	33,3	40,2%	22,3	26,9%	5,6	0,1	0,1%	0,68	1	0,2	0,18
5 B	93	4,1	4,4%	30,6	32,6%	40,3	42,9%	18,8	20,0%	0,0	0,0	0,0%	0,75	1	0,4	0,15
6 A	107	6,1	5,8%	43,1	41,0%	33,6	32,0%	19,3	18,4%	3,0	0,0	0,0%	0,77	1	0,3	0,18
6 B	95	1,3	1,6%	37,8	45,2%	27,6	33,0%	10,3	12,4%	3,3	3,3	3,9%	0,74	1	0,0	0,21
7 A	71	0,6	0,8%	20,8	29,9%	29,4	42,1%	17,9	25,7%	1,1	0,0	0,0%	0,71	1	0,3	0,16
7 B	50	5,3	9,9%	31,6	58,7%	13,0	24,1%	3,6	6,6%	0,4	0,0	0,0%	0,87	1	0,3	0,16
8 A	55	1,2	2,0%	7,0	12,0%	22,7	39,3%	23,0	39,7%	4,1	0,0	0,0%	0,62	1	0,2	0,17
8 B	60	1,7	2,9%	17,1	29,9%	20,5	35,8%	13,6	23,7%	4,2	0,2	0,3%	0,69	1	0,2	0,19
9	68	1,6	2,4%	17,7	26,2%	30,6	45,4%	12,8	19,0%	4,6	0,0	0,1%	0,70	1	0,2	0,18
10	55	20,2	36,7%	10,9	19,8%	14,5	26,4%	6,7	12,3%	2,6	0,0	0,0%	0,89	1,5	0,1	0,30
11	115	11,0	10,4%	38,8	36,6%	38,5	36,3%	14,7	13,9%	3,0	0,0	0,0%	0,77	1	0,2	0,18
12 A	65	0,3	0,6%	5,4	10,0%	15,1	28,1%	23,1	43,0%	9,6	0,2	0,4%	0,62	1	0,3	0,16
12 B	72	7,4	12,5%	29,2	49,4%	16,4	27,7%	6,0	10,2%	0,1	0,0	0,0%	0,83	1	0,4	0,16

12 C	71	1,1	1,5%	13,6	19,3%	30,1	42,5%	20,4	28,7%	5,7	0,0	0,0%	0,65	1	0,2	0,17
12 D	76	13,0	17,4%	32,2	43,1%	21,7	29,0%	7,1	9,6%	0,6	0,0	0,0%	0,83	1	0,2	0,16
Triang	44	0,8	2,1%	17,4	45,4%	14,0	36,6%	2,0	5,3%	0,0	0,0	0,0%	0,80	1	0,5	0,13
25 R	25	0,4	1,5%	8,0	30,0%	12,8	47,8%	5,5	20,7%	0,0	0,0	0,0%	0,73	1	0,4	0,15
19 Est	19	0,1	1,0%	5,6	57,7%	3,2	33,0%	0,8	8,2%	0,0	0,0	0,0%	0,80	1	0,4	0,13
13 Dom	53	0,3	0,6%	5,4	10,0%	15,1	28,1%	23,1	43,0%	9,6	0,2	0,4%	0,56	1	0,1	0,18
14 Dom	58	3,4	5,8%	21,5	36,6%	21,3	36,3%	11,9	20,3%	0,6	0,0	0,0%	0,75	1	0,2	0,17
18 Dom	70	1,5	2,2%	16,1	23,1%	20,9	30,0%	23,8	34,1%	6,4	1,0	1,4%	0,65	1	0,0	0,21
19 Dom	96	13,0	14,4%	40,6	45,0%	22,9	25,4%	12,6	14,0%	1,1	0,0	0,0%	0,82	1	0,2	0,18
13 Soc	80	0,1	0,1%	21,6	31,3%	32,1	46,5%	12,3	17,8%	2,9	0,0	0,0%	0,72	1	0,2	0,16
15 A Soc	55	0,8	1,4%	15,2	26,8%	32,2	56,8%	5,3	9,3%	2,4	0,8	1,4%	0,71	1	0,0	0,17
15 B Soc	55	0,1	0,2%	11,2	23,7%	20,3	43,0%	13,0	27,5%	2,6	0,0	0,0%	0,67	1	0,2	0,17
19 Soc	19	0,2	1,1%	5,7	31,5%	8,5	47,0%	3,7	20,4%	0,0	0,0	0,0%	0,72	1	0,4	0,14
	2545,5	107,7	5,4%	649,9	32,5%	710,6	35,6%	421,0	21,1%	95,7	9,4	0,5%	0,73			

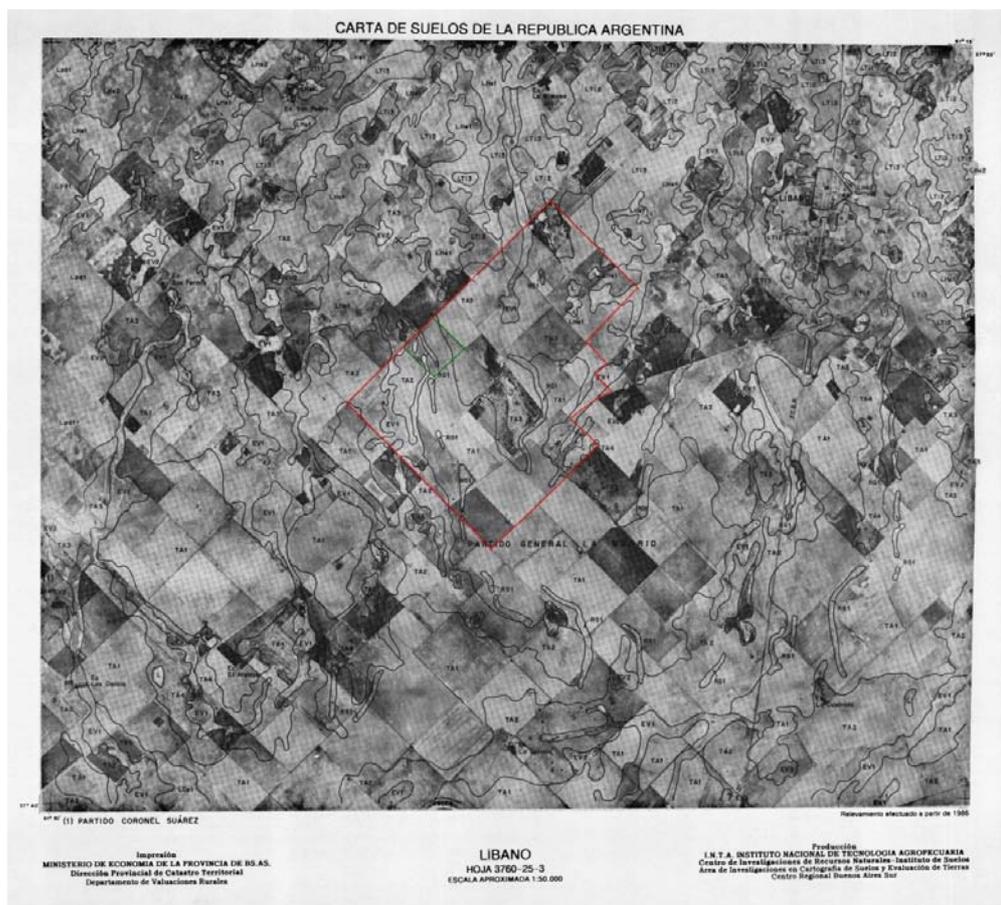
ANEXO 3

CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA HOJA 3760 - 25 – LÍBANO



ANEXO 4

CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA HOJA 3760 - 25 – LÍBANO DETALLE DEL ESTABLECIMIENTO BIDARTE Y DEL POTRERO 5A



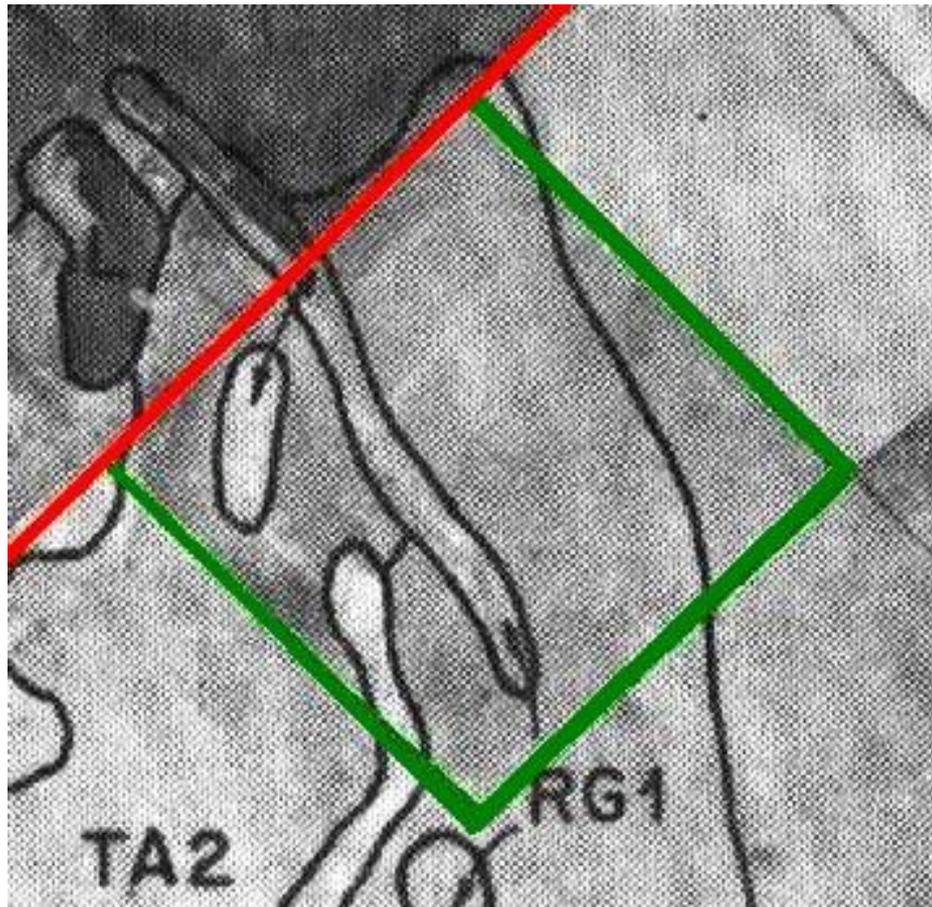
ANEXO 5

**CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA
HOJA 3760 - 25 - LÍBANO
DETALLE DEL ESTABLECIMIENTO BIDARTE Y DEL
POTRERO 5A**



ANEXO 6

**CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA
HOJA 3760 - 25 - LÍBANO
DETALLE DEL POTRERO 5A DEL ESTABLECIMIENTO
BIDARTE**



ANEXO 7

COMPARACION DE MARGENES BRUTOS PARA UNA MISMA EXPLOTACION CON Y SIN AGRICULTURA DE PRECISION

Cultivo	Profundidad (Mts)	Rinde promedio (Kgs/Ha)	Rinde Max (Kgs/Ha)	Rinde Min (Kgs/Ha)	Proporcion Superficie	Rinde	Rinde Prom Pond (Kgs/Ha)	Gasto Directo (US/Ha)	Gast Dir Ponderado (US/Ha)	MB (US/Ha)	MB Prom Ponderado (US/Ha)	MB Prom Ponderado (US/Ha)	Rinde Prom s/Ambient (Kgs/Ha)	Gasto Directo (US/Ha)	MB (US/Ha)	Dif MB (US/ha)	Sup Actual (Has)	Total Dif (US)
Girasol	> 1,4 m	2980	4060	1900	8%	238.4	2207	\$ 229,00	\$ 209,82	\$ 486,20	\$ 38,90	\$ 319,83	1799	\$ 201,00	\$ 230,76	\$ 89,07	200	\$ 17.814,40
	1 - 1,40	2650	3500	1800	18%	477		\$ 216,40		\$ 419,60	\$ 75,53							
	0,8 - 1 m	2250	3000	1500	39%	877,5		\$ 210,10		\$ 329,90	\$ 128,66							
	0,6 - 0,8 m	1850	2700	1000	25%	462,5		\$ 203,80		\$ 240,20	\$ 60,05							
	0,4 - 0,6 m	1550	2300	800	9%	139,5		\$ 197,50		\$ 174,50	\$ 15,71							
	0,2 - 0,4 m	1200	1800	600	1%	12		\$ 188,80		\$ 99,20	\$ 0,99							
Maiz	> 1,4 m	9050	12100	6000	13%	1176,5	5858	\$ 362,60	\$ 329,65	\$ 723,40	\$ 94,04	\$ 373,31	5081	\$ 300,00	\$ 309,72	\$ 63,59	200	\$ 12.718,80
	1 - 1,40	7050	10000	4100	28%	1974		\$ 346,70		\$ 499,30	\$ 139,80							
	0,8 - 1 m	5750	9000	2500	34%	1955		\$ 330,80		\$ 359,20	\$ 122,13							
	0,6 - 0,8 m	3500	5500	1500	18%	630		\$ 305,00		\$ 115,00	\$ 20,70							
	0,4 - 0,6 m	2150	4000	300	5%	107,5		\$ 271,20		\$ -13,20	\$ -0,66							
	0,2 - 0,4 m	750	1500	0	2%	15		\$ 225,00		\$ -135,00	\$ -2,70							
Soja	> 1,4 m	3250	4500	2000	0%	0	1915	\$ 287,00	\$ 233,06	\$ 493,00	\$ -	\$ 226,49	1980	\$ 245,00	\$ 230,20	\$ -3,71	200	\$ -742,20
	1 - 1,40	2850	4200	1500	0%	0		\$ 274,00		\$ 410,00	\$ -							
	0,8 - 1 m	2400	3800	1000	13%	307,2		\$ 254,50		\$ 321,50	\$ 41,15							
	0,6 - 0,8 m	2000	3200	800	56%	1118		\$ 235,00		\$ 245,00	\$ 136,96							
	0,4 - 0,6 m	1600	2800	400	29%	456		\$ 222,00		\$ 162,00	\$ 46,17							
	0,2 - 0,4 m	1200	2200	200	3%	33,6		\$ 209,00		\$ 79,00	\$ 2,21							
Cebada	> 1,4 m	5550	6500	4600	0%	0	2442		\$ 180,44	\$ -	\$ -	\$ 112,59	3017	\$ 189,00	\$ 173,04	\$ -4,90	400	\$ -1.961,12
	1 - 1,40	4800	5800	3800	0%	0		\$ 187,10		\$ 208,90	\$ 26,74							
	0,8 - 1 m	3300	4700	1900	13%	422,4		\$ 181,70		\$ 136,30	\$ 76,19							
	0,6 - 0,8 m	2650	3800	1500	56%	1481,35		\$ 176,30		\$ 39,70	\$ 11,31							
	0,4 - 0,6 m	1800	2600	1000	29%	513		\$ 167,00		\$ -59,00	\$ -1,65							
	0,2 - 0,4 m	900	1500	300	3%	25,2		\$ 205,70		\$ 460,30	\$ 36,82							
Trigo	> 1,4 m	5550	6500	4600	8%	444	3429	\$ 196,40	\$ 187,74	\$ 379,60	\$ 68,33	\$ 223,68	3017	\$ 189,00	\$ 173,04	\$ -4,90	400	\$ -1.961,12
	1 - 1,40	4800	5800	3800	18%	864		\$ 187,10		\$ 208,90	\$ 81,47							
	0,8 - 1 m	3300	4700	1900	39%	1287		\$ 181,70		\$ 136,30	\$ 34,08							
	0,6 - 0,8 m	2650	3800	1500	25%	662,5		\$ 176,30		\$ 39,70	\$ 3,57							
	0,4 - 0,6 m	1800	2600	1000	9%	162		\$ 167,00		\$ -59,00	\$ -0,59							
	0,2 - 0,4 m	900	1500	300	1%	9												
\$ 27.829,88																		

BIBLIOGRAFIA

INTERNET

www.afascl.com/afaw/agricultura-serv1.vsp Agricultores federados argentinos, Sociedad cooperativa limitada.
Diciembre 2012

www.agriculturadeprecision2.com/index.php Agricultura de Precisión.
Marzo 2012

www.alhsud.com/public/articulos/Giai.pdf Trabajo de Investigación.
Enero 2012

www.anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/ Carta Suelos.
Diciembre 2011

www.asagir.org.ar/asagir2008/Talleres/GIRASOL%20SUDOESTE.doc
Siembra girasol en el sudoeste.
Octubre 2011

www.easyagro.com.ar/easyagro.pdf EasyAgro, soluciones tecnológicas para el agro.
Noviembre 2012

www.edafologia.ugr.es/carbonat/horzcalc.htm Horizontes calcicos y petrocalcicos.
Octubre 2011

www.edafologia.ugr.es/carto/tema01/frame103.htm Trabajo de Investigación.
Noviembre 2011

www.edafologia.ugr.es/carto/tema01/wrb06/f10500.htm Trabajo de Investigación.
Abril 2012

www.es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio Carbonato de Calcio.
Enero 2012

www.es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica Conductividad eléctrica.
Diciembre 2012

www.es.wikipedia.org/wiki/Parque_provincial_Ernesto_Tornquist Parque Provincial Ernesto Tornquist.
Enero 2013

www.geografiamariaelena.blogspot.com.ar/2010/08/geoformas-relieve-de-sierra-de-la.html Relieve de Sierra de la Ventana.
Febrero 2013

www.geointa.inta.gov.ar/ Sistema de Gestion de Datos Espaciales de INTA.
Octubre 2011

www.gl.fcen.uba.ar/materias/electivas/edafologia/ResumenVIII-Procesosformadoresdesuelos.pdf Trabajo de Investigacion.
Febrero 2012

www.gpstm.com/download/ref_guide_esp.pdf Instrucciones GPS.
Diciembre 2011

www.ihdp-argentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Gentili_Gil_Campo-Factores%20generadores%20de%20erosion.pdf Factores generadores de erosión hídrica potencial y medidas de mitigación en el partido de Coronel Suárez.
Enero 2012

www.indeb.com.ar/investigacion03d.htm Instituto de ciencias políticas, sociales y económicas para el desarrollo bonaerense.
Enero 2012

www.ing.unlp.edu.ar/constr/c2/apuntes/Caminos%20II%20-%20El%20origen%20de%20los%20suelos.doc Origen de los suelos.
Mayo 2012

www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53
Conductividad eléctrica.
Noviembre 2012

www.materias.fi.uba.ar/6408/Quaglia%20-%20Informe%201.pdf Trabajo de Investigacion.
Abril 2012

www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4450/pr.4450.pdf Sequias en el sudoeste bonaerense: vulnerabilidad e incertidumbre.
Enero 2012

www.pymeregionales.org.ar/bahiablanca/files/inf_publicacion_ORIS_2007.pdf
Observatorio PyME regional.
Octubre 2011

www.redcrea.org.ar AACREA.
Diciembre 2011

www.secs.com.es/docus/Fao_espanol.pdf Trabajo de Investigacion.

Marzo 2012

www.suelos.org.ar/index.htm Asociacion argentina de ciencia del Suelo.
Abril 2012

www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_4n2/Imbellone.pdf Trabajo de
Investigacion.
Noviembre 2011

www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_8n1/pazos.pdf Trabajo de Investigacion.
Noviembre 2011

LIBROS

Lyon, T. L.; Buckman, H. O. *Edafologia, naturaleza y propiedades del suelo*. Buenos Aires, Acme Agency, 4ª edicion, 1950, pags 479.

Hall, A.D.; Robinson, G.W. *Estudio cientifico del suelo*. Madrid, Aguilar, 5ª edicion, 1944, pags 340.

Marota, P.F. *Suelos argentinos*. Buenos Aires, Oceana, 1916, pags 122.

del Villar, E.H. *El Suelo*. Barcelona, Salvat Editores S.A., 1931, pags 238.

Albareda Herrera, J.M. ; Hoyos de Castro, A. *Edafologia*. Madrid, S.A.E.T.A. 1948, pags 276.

Conti, M. *Principios de edafologia con enfasis en suelos argentinos*. Buenos Aires, Editorial Facultad Agronomia , 2ª edicion, 2000, pags 430.

Darwich, N.A. *Manual de fertilidad de suelos y uso de fertilizantes*. Mar del Plata, 1998, pags 182.

Russell, J. *Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas*. Barcelona, Poblet, 1934, pags 546.

Satorre, E.H. *Producción de granos, bases funcionales para su manejo*. Buenos Aires, Facultad de Agronomía, 2003, pags 783

Echeverría, H.E.; García, F.O. *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Balcarce, Ediciones INTA, 2005, pags 525.

Inchauspe, P.O. *Nociones de conservación de suelos y agricultura general*. Buenos Aires, Ernesto Espindola, 1965, pags 477.

De Fina, Armando L. *Aptitud Agroclimática de la Republica Argentina*. Buenos Aires, Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, 1992, pags 402.

Álvarez, R. *Fertilidad de suelos: Caracterización y manejo en la Región Pampeana*. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 1ª edición, 2010, pag 496

INTA. *Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires*, INTA 1ª edición 1989, pags 530.

ARTÍCULOS DE PUBLICACIÓN PERIÓDICA

Lorenzatti, S. (2005) Como sacarle el jugo a la tosca. Diario Clarín, Suplemento Rural.

CITA TESIS

Crespo, E. Relación entre las propiedades geotécnicas y los componentes puzolánicos de los sedimentos pampeanos.(Tesis Doctoral) Universidad Nacional de Córdoba (2005)

Gaspari, F.J. Plan de ordenamiento territorial en cuencas serranas degradadas utilizando sistemas de información geográfica (Maestría en Conservación y Gestión del Medio Natural) Universidad Internacional de Andalucía (2007)

EMPRESAS CONSULTADAS

Consultora Astecna S.R.L www.astecna.com

Facyt S.A. www.facyt.com

Laboratorio de Suelos Fertilab <http://www.laboratoriofertilab.com.ar/>

COMUNICACION PERSONAL

Analista en Sistemas: Villalba, Matias

Doctor Ingeniero Agrónomo: Buschiazzi, Daniel Eduardo

Doctor Ingeniero Agrónomo: Taboada, Miguel

Ingeniero Agrónomo: Del Pino, Federico

Ingeniero Agrónomo: Pacin, Fernando

Ingeniero Agrónomo: Prado, Carlos Maria

Ingeniero en Producción Agropecuaria: Latour, Ricardo Raul

Técnica Geógrafa: Pizarro, María José