



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE**

**FACULTAD DE HUMANIDADES**

**ESPECIALIZACION EN TECNOLOGÍAS  
DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**Trabajo Integrador Final**

**Autor: Ingeniero Agrónomo Luis Romero**

**Tutor: Doctor en Geografía Insaurralde, Juan Ariel**

**Fecha de presentación: 17/11/2016**

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	3
II.	ÁREA DE ESTUDIO.....	4
III.	OBJETIVO GENERAL .....	6
IV.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
V.	MARCO CONCEPTUAL.....	6
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
VII.	FUENTE DE INFORMACIÓN .....	9
VIII.	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS .....	11
IX.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN CAMPO.....	15
X.	RESULTADOS .....	15
XI.	CONCLUSIONES y CONSIDERACIONES FINALES.....	19
XII.	BIBLIOGRAFÍA.....	21
XIII.	ANEXO:.....	22
XIV.	VALORES DE REFLECTANCIA EN UNIDADES PRODUCTIVAS SELECCIONADAS.....	19
XV.	IMÁGENES SATELITALES EN COMPOSICIÓN IRC, SWIR, ROJO Y NDVI DE SITIO MUESTRAL EN DIFERENTES MOMENTOS.....	23
XVI.	VALORES DE REFLECTANCIA EN UNIDADES PRODUCTIVAS SELECCIONADAS .....	24
XVII.	IMÁGENES SATELITALES EN COMPOSICIÓN IRC, SWIR, ROJO Y NDVI DE SITIO MUESTRAL EN DIFERENTES MOMENTOS .....	27
XVIII.	EVOLUCIÓN DE VALORES DE NDVI EN SITIO MUESTRAL PERÍODO 2015 A 2016... ..	29
XIX.	FOTOS DE CULTIVO TABACO EN DIFERENTES MOMENTO Y EVENTOS .....	30
XX.	TRABAJO DE CAMPO.....	32

## INTRODUCCIÓN

El objeto de estudio del presente Trabajo de Integración Final (TIF) plantea el estudio de la distribución de las unidades productivas y la planificación agrícola del sector rural, en localidades de Presidencia Roca; Pampa Almirón y General San Martín pertenecientes al departamento Libertador General San Martín; Provincia del Chaco. El cultivo de tabaco se encuentra apoyado por las distintas políticas de gobierno que se implementan en el territorio.

El análisis de la localización, distribución y expansión del cultivo de tabaco, puede ser abordado mediante las Tecnologías de Información Geográfica (TIG), que posibilitan un manejo integrado de un elevado número de variables de dimensión espacial. En este sentido los Sistemas de Información Geográficas (SIG) desarrollan un rol fundamental para auxiliar a la administración pública en cuestiones relacionadas con el espacio geográfico y su aplicación en la gestión, monitoreo, distribución de recursos y toma de decisiones acordes a los problemas productivos y necesidades que presenta el estrato de productores especializados.

Este trabajo integra datos geográficos en un entorno SIG como medio eficaz para determinar la localizaciones, asociación, interacción, evolución y distribuciones de unidades productivas implantadas con cultivo de tabaco como procedimiento pertinente para encontrar una medida capaz de estimar la superficie real de cultivo en complemento al trabajo institucional del componente organizativo que realizan los órganos representativos de la cadena de producción, como las cooperativas y asociaciones tabacaleras que presta servicio en estas áreas y lograr optimizar el uso de insumos en función de la relación del sistema suelo-planta-agua que emplea el cultivo. Además, en este trabajo se pretende aplicar métodos y técnicas propias de la teledetección para la identificación de las distintas coberturas del suelo a partir del dato que luego es transformado en información captado por los sensores satelitales en distintas longitudes de onda. (Chuvieco 2006).

La información de base fue procesada en el software Beam Visat, Erdas y Envi los cuales permitieron identificar la evolución de las coberturas agrícolas en la temporada 2015-2016 en el área de Gral. San Martín a través de imágenes satelitales con información espacial y temporal obtenidas mediante los sensores remotos. Mediante éstos es posible inferir la localización de las cubiertas representativas de los cultivos que, en combinación con el dato de campo y el auxilio de modelos digitales de elevación (DEM), ofrece mejores posibilidades de descripción de las cubiertas y estimación de áreas de cultivo. (Guerschman, J. P. et al., 2003).

El motivo principal por los cuales se llevó a cabo este trabajo de investigación es elaborar cartografía temática, disponer de un banco de datos que permite realizar diversos estudios, actualizar e identificar posibles problemas o deficiencias en el sistema

productivo, además de, inferir y prevenir los impactos que un determinado proyecto podría producir en su entorno y en el contexto de implementar una mejor gestión y monitoreo territorial del área de estudio. En el caso particular del cultivo del tabaco actividad principal de renta que representa al sector de la agricultura familiar, ocupa principalmente la mano de obra familiar, el manejo del cultivo es poco mecanizado y el uso del suelo es en los albardones del río principalmente río de oro y guaycurú y en calidad de tenencia de arrendamiento, durante la cosecha prevalece la ocupación de la mano de obra familiar. El uso de las tig Permite entre otras cuestiones; inferir el área destinada al cultivo, estimar la superficie de ocupación real del cultivo y deducir el área potencial que se puede destinar el cultivo.

## ÁREA DE ESTUDIO

El área de trabajo se encuentra en la región oriental de la provincia del Chaco. (ver Figura n°1) Se trabajó sobre una superficie de aproximadamente 1600 km<sup>2</sup> (coordenadas extremas aproximadas: 26° 07' S, 59° 36' W; 26° 44' S, 59° 02' W)

### *Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.*

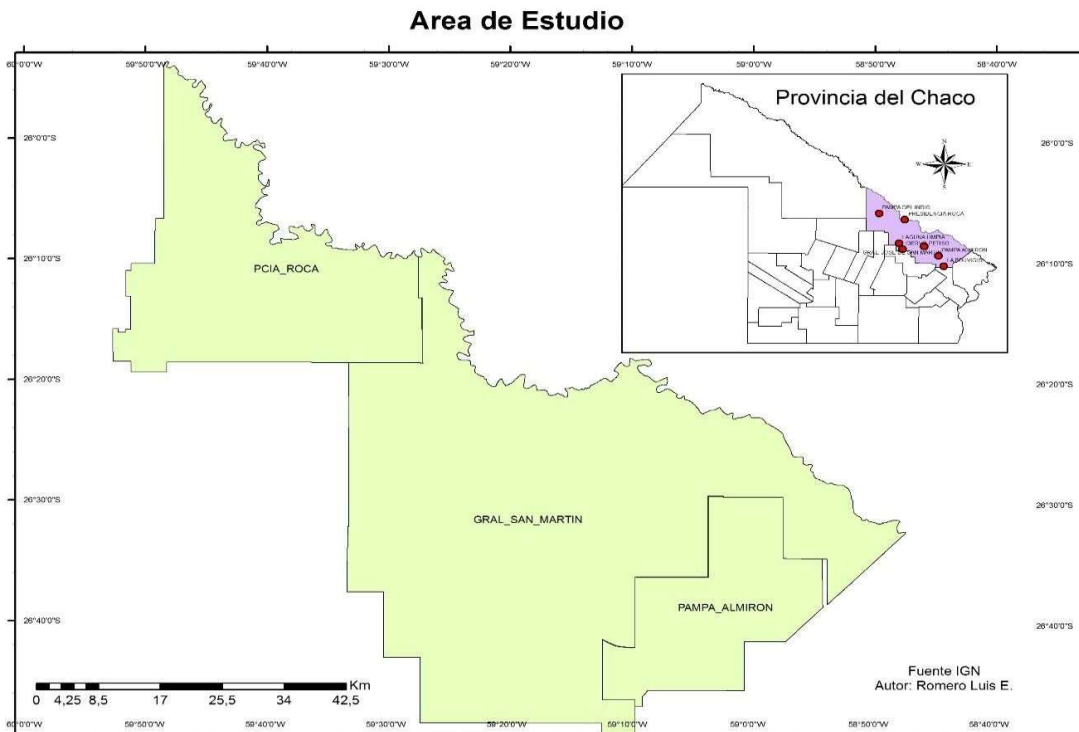


Ilustración II-1 Zonificación en departamento Lib. Gral. San Martín: Localización geográfica del área de estudio. Localidades de Presidencia Roca; Gral. San Martín y Pampa Almirón. Fuente Instituto Geográfico Nacional. IGN. División administrativa: Elaboración propia.

La provincia del Chaco se ubica al noreste de la República Argentina. El clima predominante es cálido subtropical con estación seca con lluvias que oscilan entre los 1200 milímetros medios anuales al este y hasta los 900 milímetros medios anuales al oeste (INTA ; Carta de Suelos General San Martín), caracterizado por un mosaico de bosque denso, palmares, selva de ribera, cañadas y esteros. Presenta, topográficamente grandes sectores de relieve subnormales y cóncavos conformando la zona del parque chaqueño oriental (Morello y Adamoli, 1967; Ragonese y Castiglione, 1970).

**Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.**

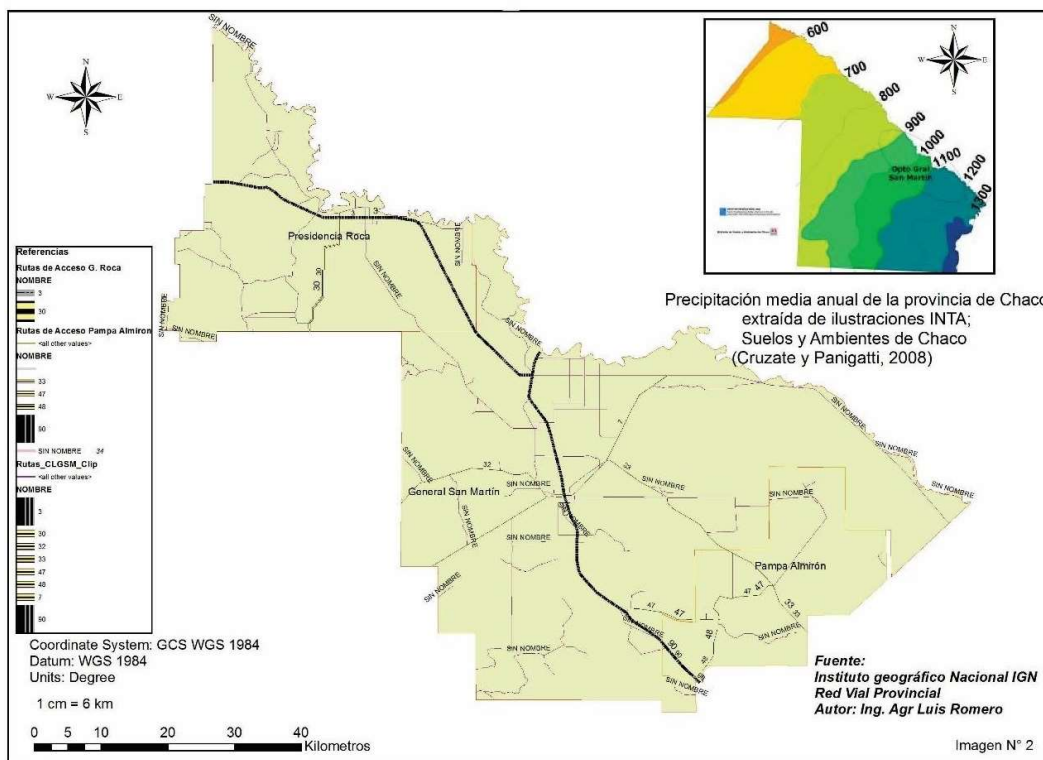


Ilustración II-2: Red vial del área de estudio. Principales vías de acceso a colonias rurales que practican el cultivo de tabaco. Extraída de Instituto geográfico Nacional (IGN). Elaboración propia.

La elección del área de estudio se basa en la heterogeneidad del ambiente, división de la tierra, actividad del cultivo de renta, el análisis de las características de cobertura del suelo y abarca a diecisiete colonias rurales correspondiente a las localidades de Presidencia Roca; General San Martín y Pampa Almirón del departamento Libertador Gral. San Martín de la Provincia del Chaco, siendo sus principal acceso por red vial primaria la ruta provincial N° 90 y N° 3, y por red vial secundaria la ruta provincial n° 47.

## OBJETIVO GENERAL

Implementar una metodología que permita identificar el área ocupada por cubiertas de cultivo de tabaco mediante el uso de las TIG dentro de un Sistema de Información Geográfica.

En este trabajo proponemos identificar la localización del cultivo del tabaco en un sector del Departamento Libertador General San Martín, Provincia del Chaco, a partir del geoprocesamiento de capas vectoriales creadas (Ej. productor de tabaco, uso y ocupación de suelos con tabaco) y del uso de imágenes proporcionadas por los satélites, Landsat 8, Resource sat-2 y Sentinel 2A.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detectar la localización del cultivo del tabaco en el Departamento General San Martín.
- Identificar las firmas espectrales que caracterizan al cultivo en etapa vegetativa.
- Cuantificar el área cultivada.
- Describir los ambientes en los que se cultiva el tabaco.
- Interpretar la evolución fenológica mediante NDVI.

## MARCO CONCEPTUAL

Cantu *et al.*, (2008) sostenían que implementar la práctica de “*Agricultura por ambientes*” implica diferenciar ambientes con aptitud agronómica contrastantes. Esto nos permite identificar zonas de diferente potencial productivo, dentro del sistema, mediante el aprovechamiento del dato geográfico creado mediante la georeferenciación que consiste en posicionar la entidad en una localización geográfica específica en un sistema de coordenada con datum específico y la vectorización que implica representar la entidad mediante puntos líneas y polígonos hasta convertirlos en datos alfanuméricos y figuras vectoriales representadas en pares de coordenadas ( X e Y ) en una misma unidad productiva y de factores determinantes de respuesta radiométrica en el tiempo y en el espacio.

Existen herramientas que nos permiten identificar la heterogeneidad de las cubiertas por ambientes, considerando que el comportamiento del cultivo se ve condicionado por el ambiente en el cual se desarrolla. Los objetos en la tierra emiten longitudes de onda largas (térmico) y reflejan principalmente en el espectro visible e infrarrojo (IR). Este

ROMERO, LUIS. DNI Nº 20448651. TRABAJO DE INTEGRACION FINAL

aspecto es importante para comprender el comportamiento radiométrico de los distintos objetos a estudiar y bajo qué condiciones se los puede discriminar en función a la mejor respuesta espectral.

Con el objetivo de optimizar el uso de los recursos naturales, implementar una metodología de trabajo con un enfoque sistémico; por ejemplo a partir de la observación de las propiedades físicas del suelo, decidiendo para cada caso una des-compactación o rotación particular; diferentes fechas de implantación de plantines, fertilización etc. En el sector destinado al cultivo del tabaco se puede aplicar la "ley del mínimo" identificando cual es la variable o limitante corregible como la resistencia a la penetración mayor al umbral tolerable por el cultivo o el *criterio de suficiencia* según Leikam et al. (2010), lo cual significa que el fertilizante (práctica habitual en este cultivo de renta) aplicado fuera el necesario para que los nutrientes aportados, sumados a los que contenía el suelo permitieran lograr los rendimientos esperados. Para eso es necesario hacer análisis de suelo y estar informado con respecto a umbrales críticos y curvas de respuestas.

Una de las características del cultivo del tabaco es que se practica generalmente en suelos nuevos o descansados a través de un proceso de tala raza y quema, el "rosado" que consiste en tala de espacios de montes y bosques y su posterior quema para el trasplante de las mudas en un suelo nuevo. Una vez que el suelo comienza a degradarse el productor abandona el lote que luego pasa a convertirse en espacio dentro de la chacra con especies invasoras. Esta producción de renta practica el doble cultivo para aprovechar residuos restantes de los fertilizantes aplicados al suelo; en promedio se ocupa 1 a 5 ha o de 40.000 a 200.000 plantas.

De acuerdo con Venegas y Siau (1994), el enfoque sistémico nos permite acercarnos a la comprensión de los eventos más relevantes que se dan en el proceso productivo y por otro lado nos da la posibilidad de formular en forma lo más aproximada posible alternativas que mejoren la producción y la eficiencia de transformación en el sistema, ampliando las posibilidades de mejores opciones en la producción a través de una comprensión integradora y global.

El presente trabajo intenta complementar las potencialidades de uso que ofrece las Tecnologías de Información Geográficas y propiciar un proceso productivo observando al suelo agrícola como un sistema. En la ilustración 3 se presenta la chacra en estudio, el enfoque sistémico y su interacción con la unidad productiva.



*Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.*

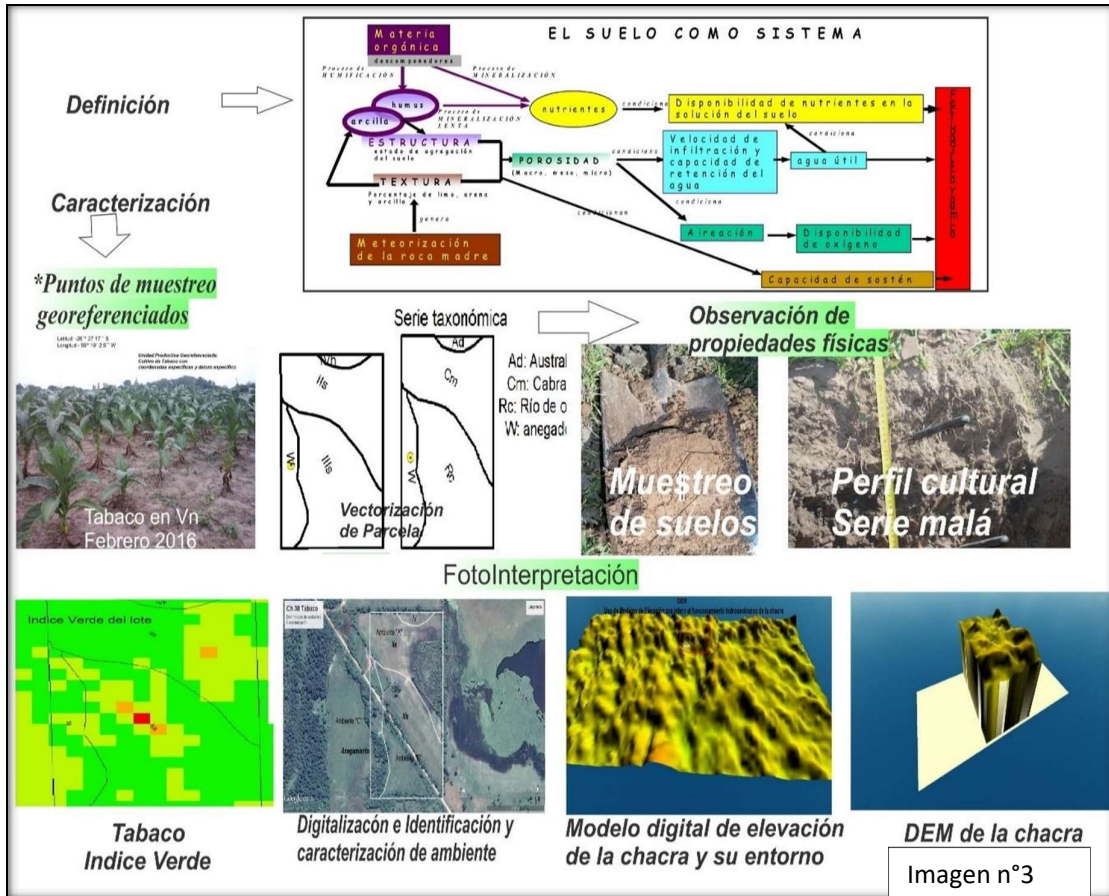


Ilustración V - 1: El sistema suelo; elementos que lo componen, interrelaciones, contexto, entradas y salidas, límite y trayectoria. (García, 1987) fuente Guillermo Ferrer-felicitasilvestti. FCA. UNNC. Elaboración Propia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la Ilustración se observa los pasos sucesivos empleados en el trabajo de investigación.



*Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.*

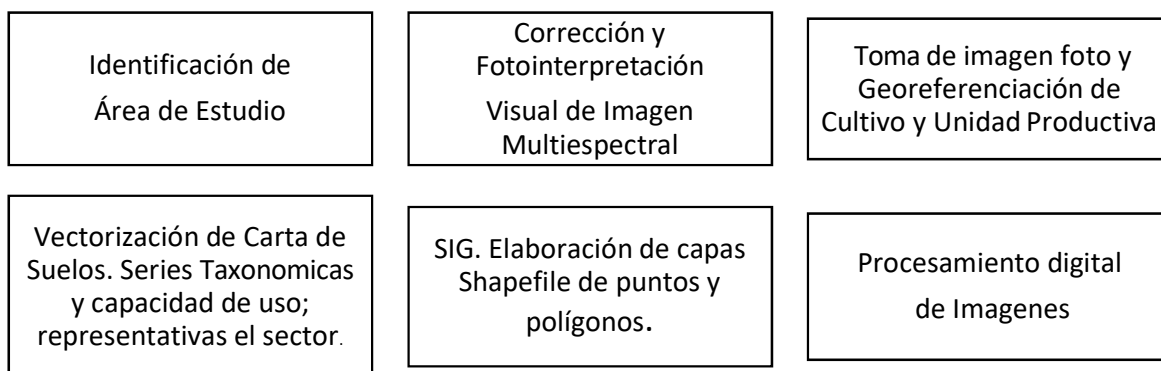


Ilustración V-1: Etapas de trabajo empleados para la estimación de superficie de implantación de cultivo y ocupación de cubierta tabaco. Fuente elaboración propia.

## FUENTE DE INFORMACIÓN

- Registro de productores de tabaco año 2015: Provistas por la Dirección de Agricultura del Ministerio de Producción de la Provincia del Chaco.
- Cartas de suelo en formato papel elaborado por Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA- correspondiente al departamento Lib. General San Martín.
- Imágenes disponibles en el U.S. Geological Survey formato GeoTif; Sensor OLI\_TIRS; plataforma Landsat 8 fecha 26-01-2016; spot 5 fecha 26-09-2014; Resource sat2 Sat IRS-R2, sensor AWiFS disponible en agencia INPE fecha 06-03-2016 e imagen satélite Spot 5 fecha 26-09-2014. Disponible en CONAE.

En la tabla se observa imágenes satelitales empleadas

Path	Row	Sensor	Período de revista	Observaciones
227	78	OLI TIRS	30-08-2015	Plataforma Landsat 8; se utiliza a partir de etapa de labranza de suelos.
227	78	OLI TIRS	23-02-2016	Plataforma Landsat 8; se utiliza a partir de etapa final del cultivo.
320	97	AWiFS	29-10-2015	Plataforma ResourceSat-2; se utiliza durante la implantación de cultivo.

Path	Row	Sensor	Período de revista	Observaciones
320	97	AWiFS	06-12-2015	Plataforma ResourceSat-2; se utiliza durante la implantación de cultivo.
K 91	J 403	HRG 1	16-09-2014	Plataforma Spot. Se utiliza para identificar lotes o unidades productivas.
20 JQS	21 JTM	MSI	23-01-2016	Plataforma Sentinel 2; se utiliza para NDVI
S 27	W 60	ASTER	11-10-2011	ASTER GDEM; se utiliza en etapa vegetativa.

Tabla VII – 1: Lista de imagen multiespectral y de Modelo de elevación (DEM) utilizadas. Extraída de fuente. SERVICIO GEOLOGICO de EE.UU. INPE. y EESA.

En la Tabla n° 2 se adjunta datos climáticos provistos por la estación meteorológica del INTA, El Colorado provincia Formosa; estación distante a 13 km del área de estudio detallando frecuencia de precipitaciones y nubosidad coincidente con los diferentes períodos de revista de las diferentes plataformas satelitales y la etapa fenológica del cultivo de tabaco, situación que indicó el procesamiento de imágenes multiespectrales provenientes de diferentes sensores; resolución espacial y radiométrica.


 <b>ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA EL COLORADO - INTA.</b> LOCALIDAD: EL COLORADO - PROVINCIA: FORMOSA Latitud S: 26°18' Longitud W: 59°23' Altura 78 m. s.n.m. Grupo de Cultivos Extensivos Sector Meteorología BACK, E. J. (Obs. Met. de Superficie)														
Precipitación (mm) y nubosidad relativa (%) diarias														
Período Agosto 2015 Febrero 2016.														
Mes/día	ago-15		sep-15		oct-15		nov-15		dic-15		ene-16		feb-16	
Unid. medida	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%
01	80		2	42			23		47	30,5	72		89	
02	90		38	11	1,5	24	26,0	9		88		13		
03	93	0,0	9	0,0	16		17	0,0	14		59	3,2	50	
04	64		90	0,0	69	0,0	5	1,0	32	68,5	33		93	
05	33		87	0,0	76		45	0,0	9	1,5	57		35	
06	74		92	71		79		81		81	81	1,2	54	
07	80		40	0,0	69		65		93		93		90	
08	86		84	0		71		83		83		91		91
09	85		88	5,0	0		57		26	24,6	26		38	
10	15,0	27	55	8,0	0		66	35,8	54	7,5	91	36,5	1	
11	41		89	5,0	0	124,5	30		93		94	1,9	60	
12	28		91	0	2,0	84			87		95		82	
13	0		92	72		88			52		0		84	
14	0		93	76		81	0,0	45		57		s/d		
15	0,0	0	77	86		45	1,0	41		93		62		
16	3		89	20	35,7	37		87		94	35,0	61		
17	0		81	0	4,4	84		93		93		88		
18	10,5	59	42	0,0	66	1,6	73		63		93		85	
19	81		43	49	72	11,0	7		93		93		74	
20	36	0,0	64	68	89		43		93		66,0	1		
21	76		74	82	88	2,0	80		94		67			
22	3		71	51	92		77		95		51			
23	26	0,0	9	90	66		72		94	9,0	87			
24	47		0	26	79	65,0	0		91		88			
25	85		1	5,0	26	0		77		77		71		
26	70	0,0	9	18,0	0	1,8	71		51	106,0	16		91	
27	89		82	8,0	42	44		38	2,5	93	60,0	66		
28	90		89	92	30	1,8	18		91		70			
29	90				85	12,5	69	77,1	57		78		87	
30	89			0,0	0	32		93	3,7	18				
31	88		29,0	82				23	43,5	82				
Total	25,5		0,0	78,0	184,0	229,7		238,2		212,8				
Promedio	55		60	44	57	53		75		65				

Tabla VII - 2. Detalle de ocurrencia de precipitaciones y nubosidad relativa durante el período mes de Agosto 2015 a Febrero del 2016 en el área de estudio; coincidente en período de cultivo cubierta tabaco. Fuente Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (INTA).

Para analizar la localización, distribución y expansión del cultivo de tabaco recurrimos a geoprocesos incorporados a Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Para ello empleamos diversos software, tales como Arc Gis; Global Mapper como conexión con servicio de datos y soporte GPS; Beam Visat como importación y exportación de formatos y análisis de imágenes procedentes de diferentes sensores ; Envi; Google earth pro para lograr una mejor visualización y análisis comparativo del parcelario catastral; WIN TOPO para vectorizar imagen de carta de suelo. Además, otros recursos tales como dispositivo receptor GPS para georreferenciar puntos de control y verdades de campo; cámara fotográfica para captar imagen del cultivo en su estado fenológico actual; pala manual y barreno napa freática para construir calicatas en función de la serie taxonómica suelo predominante y observar perfil cultural del suelo donde crece el cultivo y evaluar propiedades físico-químicas y respuesta del cultivo.

Una vez reconocidas las fuentes y los recursos necesarios para llevar adelante el trabajo, el proceso metodológico que se siguió para alcanzar los objetivos implicó las siguientes actividades:

- Estudio preliminar del área de interes.
- Elaboración de bases de datos de unidades productivas.
- Identificación del cultivo en las imágenes de satélite según signatura espectral.
- Georreferenciación del cultivo.
- Georreferenciación de unidades productivas
- Vectorización de carta de suelo según ubicación catastral.
- Análisis espacial de datos georreferenciados.
- Determinación del tamaño de Muestra de datos de campo.

## DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS

A partir del registro inscripción de productores con intensión de cultivo de tabaco provisto por la Dirección de Agricultura del ministerio de Producción de la Provincia del Chaco se obtuvo el total de inscriptos y la superficie destinada al cultivo en el departamento Libertador General San Martín y zona de influencia. En la figura n° 5, se observa resumen de productores inscriptos, localización, distribución en el área de estudio.

### Distribución de Productores de Cultivo del Tabaco

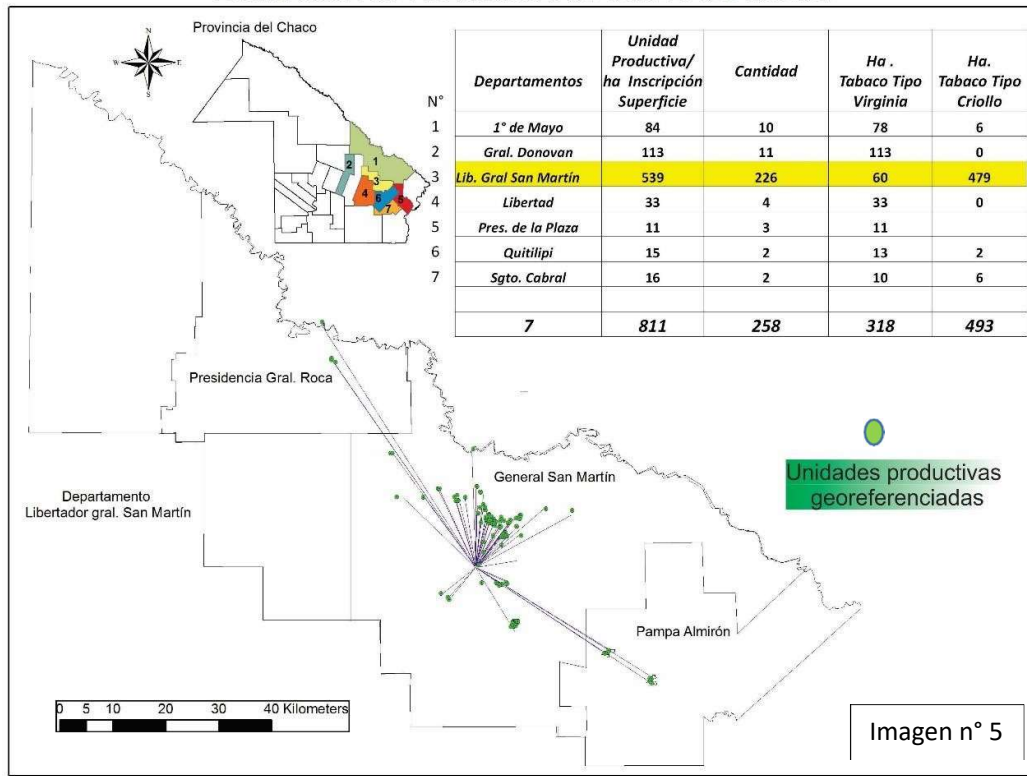


Ilustración VIII-1- a) Distribución de productores inscriptos por departamentos. b) distribución de productores en el mapa por sector y localidades en estudio; escala 1: 700.000. Extraída de Instituto Geográfico Nacional. (IGN). Elaboración propia.

A partir de la georreferenciación se registraron coordenadas tomadas por el receptor *gps* (latitud y longitud) su correspondiente *tracks* y *waypoint* para estimar superficie de cobertura y se confeccionaron una nomenclatura inequívoca que permite reconocer a la unidad productiva en sucesivas visitas; por ejemplo, para representar el cultivo de Tabaco = Tb; Colonia = N° romanos; sub zona = letras; Número de chacra = Números. Por lo tanto, la nomenclatura **TbIIIB8** significa Lote de Tb N° 8 en la colonia II, sub zona B, en sucesivas visitas a la unidad productiva el receptor *gps* pudo facilitar la llegada al mismo mediante diferentes opciones del menú. Durante la recorrida los lotes de tabaco se ubicaron geográficamente con el receptor *gps* a los efectos de poder ser utilizados en un Sistema de Información Geográfica; el receptor por defecto registro coordenadas geográficas (en latitud y longitud) y datum asignado en WGS 84 sigla ingles de World Geodetic System 84 (sistema geodésico mundial 1984). En la figura n° 6 y 7 se observa el proceso metodológico.

Proceso Representativo

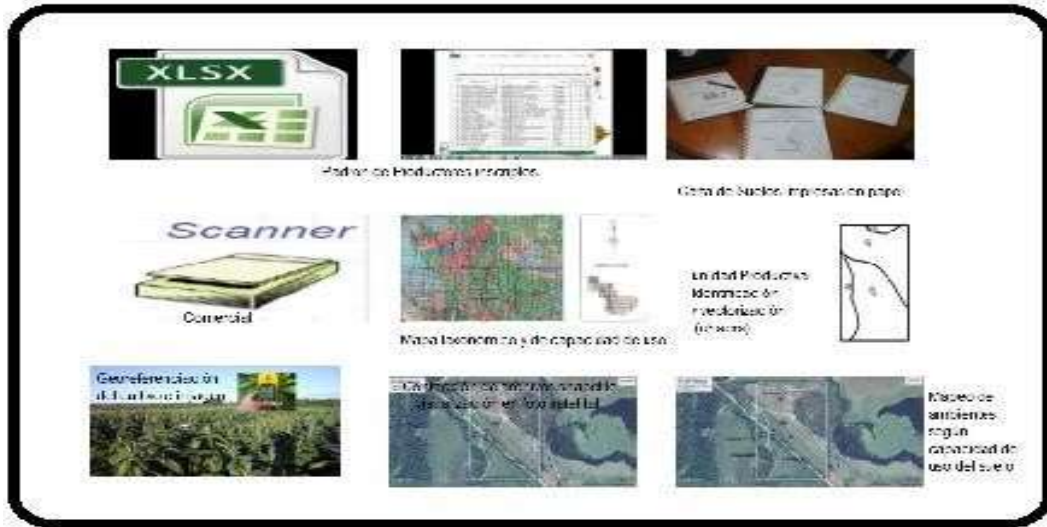


Ilustración VIII - 2 -. Etapas de trabajo en gabinete y de campo. Fuente: Elaboración propia.

Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica.

Esquema representativo de conformación de datos geoespaciales.



Ilustración VIII -3-. Elaboración y procesamiento de información espacial. a) Trabajo de gabinete, b) Geoprocetamiento, etapa de vectorización de carta de suelos de INTA correspondiente al Dpto. Lib. Gral San Martín; Chaco. Autor: Elaboración propia.



Para la identificación del área de estudio y las cubiertas predominantes se emplearon Imágenes satelitales multiespectrales. Se tuvo en cuenta características como la nubosidad, el sensor, resolución espacial y temporal para realizar la interpretación visual e identificar la composición en falso color que ofrece mejor discriminación de cubiertas, resultando la combinación para todos los sensores empleados con mejor aceptación las que incluyen las bandas infrarrojo e infrarrojo medio y rojo (IRC, SWIR, R respectivamente) (Chuvieco, 2006).

Para una escena en particular los diferentes tipos de cubiertas mostraron una misma respuesta espectral lo cual implica que exista dificultad para separar. Si en una fecha particular, dos tipos de cobertura tienen similar índice de área foliar o están en el mismo estadio fenológico los datos espectrales mostrarán una baja capacidad de discriminación. Entonces para el propósito de la clasificación del tipo cobertura del suelo se requiere el uso de más de una imagen satelital. (Guerschman, J.P.; Paruelo, J M; Di Bella. C.; Giallorenzi, M. C.; Pacin. F., 2003)

A partir de las imágenes obtenidas se realizó la corrección geométrica y radiométrica de imágenes para facilitar la interpretación visual y comparación de variables físicas.

Se agregaron archivos vectoriales de puntos que representan el geoposicionamiento del productor y figuras referentes a la chacra con sus series taxonómicas y capacidad de uso indicaron aptitud agronómica del suelo junto a la toma de fotos georreferenciadas representativas de la situación actual del cultivo y el estado de desarrollo en el perfil del suelo; con la finalidad de visualizar evolución territorial, superficie implantada e inferir diagnósticos y potencial limitantes. (Ver figura n° 8).

Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.

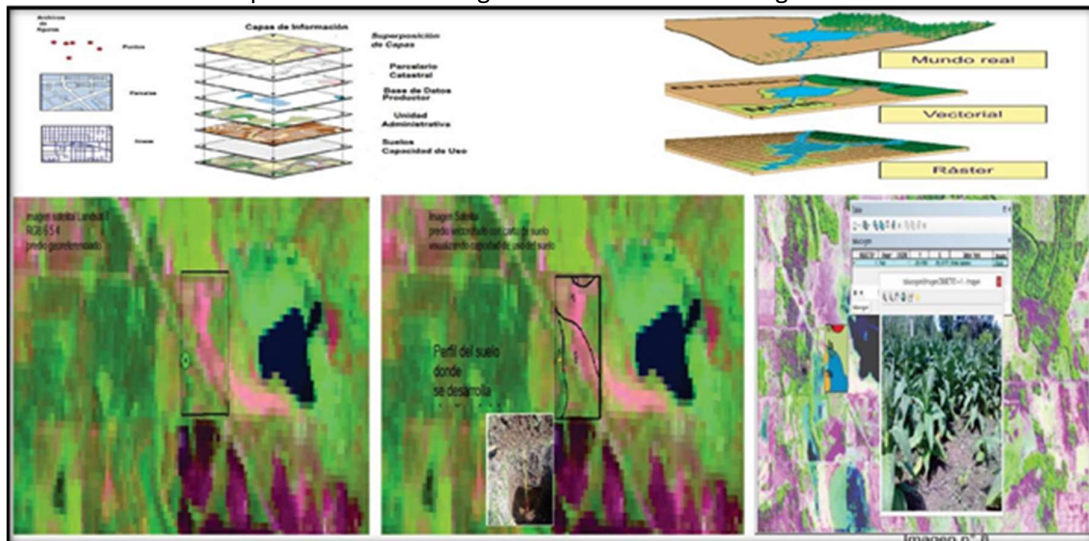


Ilustración VIII -4- Sector de unidad productiva implantada con el cultivo de tabaco; Etapa de elaboración de capas vectoriales, procesamiento y preparación de imagen incorporando fotos georreferenciadas de ROMERO, LUIS. DNI N° 20448651. TRABAJO DE INTEGRACION FINAL



muestra representativa y apertura de calicata para estudio de perfil de suelo. Fuente. Imagen Landsat 8 extraída de SERVICIO GEOLOGICO de EE.UU. Autor: Elaboración propia.

## **ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN CAMPO**

Se realizaron trabajos de campo del área de estudio, mediante la visita a 164 lotes con cultivo del tabaco ubicados en colonias de localidades en estudio.

Durante el período del cultivo se manifestó altos porcentajes de nubosidad y lluvias recurrentes, coincidentes con el tiempo de revista de diferentes plataformas por lo que se debió recurrir a diferentes sensores para la delimitación de ambientes que luego fueron procesadas con software ArcMap y Envi para determinar reflectancia e índice vegetación de diferencia normalizado (NDVI), apoyados con la información proveniente de cartas de suelo y la apertura de calicatas, superponiendo a la variable física para lograr un ajuste detallado de los límites de los ambientes.

Se procesaron imágenes durante el ciclo del cultivo período mes de agosto 2015 a marzo 2016 en complemento de la información de muestras obtenidas de las calicatas referenciadas permitía inferir el comportamiento del sistema y del estado actual del cultivo. También se analizaron la superficie de ocupación a través de modelos digitales del terreno (DEM) de cada sector e inferir el funcionamiento hidrológico en superficie.

## **RESULTADOS**

A partir de la construcción de la información obtenida, que incluye la identificación de áreas con ocupación del cultivo de tabaco, elaboración y análisis de modelos de datos vectoriales y raster, se observa que, del total de 226 productores inscriptos con una intención de cultivar tabaco en una superficie total de 539 ha constatados a partir de los puntos de control, que 164 productores registrados practicaron el cultivo y se infiere a partir de datos y mediciones en campo un total de 205 ha de cultivo de tabaco distribuidos en 3 localidades localizados en 17 colonias rurales.

aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.

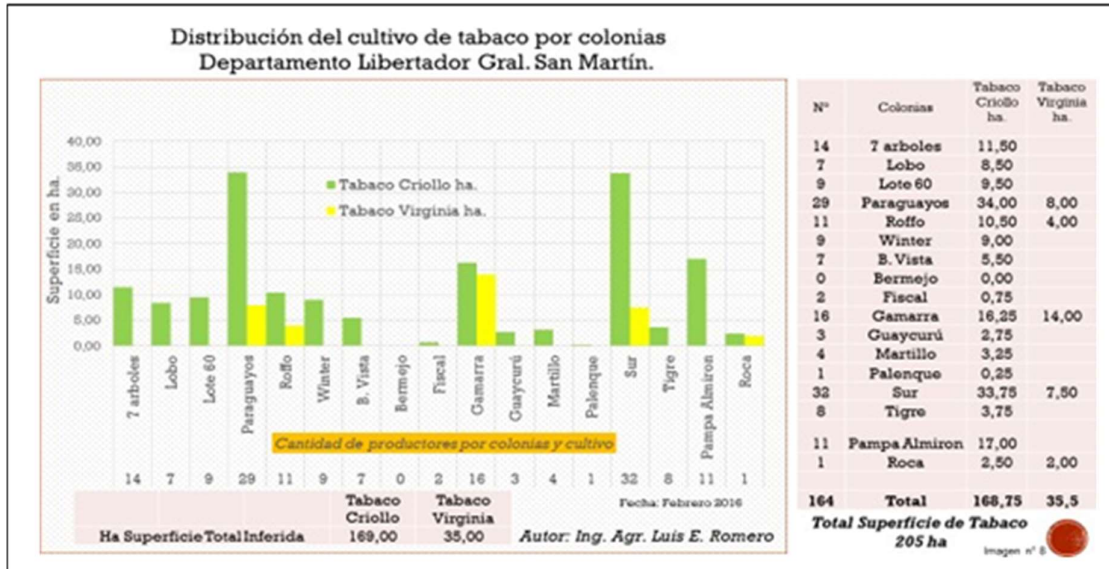


Ilustración X -1-: Productores, Superficie de ocupación y distribución del cultivo tabaco por colonias.

Ilustración X –2--: Distribución representativa del cultivo por colonias en el Departamento Libertador General San Martín. Fuente elaboración propia.



Foto N° 1: Cultivo de tabaco en etapa inicial.



Foto N°2: cultivo de tabaco en albardón de río de Oro.



Foto N° 3: Cultivo de tabaco en etapa de cosecha.



Foto N° 4: Secado de hojas de tabaco en campo.

En cuanto al uso y ocupación del suelo por parcelas del cultivo se infiere que en los suelos con aptitud agrícola mapeados y vectorizada se obtiene el siguiente resultado, uso del suelo según su capacidad de uso: 17 parcelas ocupan suelo clase I sin limitaciones edáficas; 78 parcelas ocupan suelo clase II con limitaciones de erosión y sales; 26 parcelas ocupan suelo clase III con limitaciones o riesgos moderados; 33 parcelas ocupan suelo clase IV con limitaciones o riesgos severos principalmente erosión, sales, anegabilidad; 24 parcelas con impedimentos edáficos limitantes para el desarrollo del cultivo y 33 parcelas con severos riesgos de anegamiento no apto para agricultura. A continuación se presenta un mapa de ocupación y localización del cultivo de tabaco según capacidad de uso del suelo.





## CONCLUSIONES y CONSIDERACIONES FINALES

Toda la información georreferenciada generada en el tiempo requirió la utilización de un programa que permitiera organizarla en capas, visualizarla y compararla dinámicamente.

Los resultados obtenidos muestran que las imágenes satelitales representan una herramienta adecuada para esta escala de trabajo supliendo en parte trabajos de campo exhaustivos generalmente inviables por motivos económicos o prácticos.

Las imágenes satelitales presentan gran potencial para desarrollar aplicaciones a nivel de unidad productiva para sistemas de manejo en un sitio específico. Imágenes satelitales de media y alta resolución espacial se han utilizado para la caracterización la chacra y para el monitoreo de cultivos del tabaco, así como imágenes de alta resolución espacial para la detección de fallas o anomalías en la implantación, replantación y condiciones particulares del cultivo con resultados altamente satisfactorios. La incorporación de herramientas geoespaciales a nivel de lote permitieron validar los resultados obtenidos y establecer las causas de la variabilidad espacial detectada mediante las imágenes.

El análisis de una serie temporal mensual de imágenes multiespectral permite inferir la presencia de cubiertas representativas del cultivo de tabaco. Si se dispone solo de imágenes de fechas individuales se pierde capacidad de discriminación entre la implantación del cultivo temprano y tardío cuando estos últimos se encuentran en etapas avanzadas de su desarrollo; siendo la época del inicio de los ciclos fenológicos el mejor momento.

Es importante realizar los ajustes necesarios para lograr maximizar el sistema de producción, ya que el costo económico de la tierra y de los insumos a utilizar no dan margen para realizar manejos imperfectos, y esto es posible a través de las tecnologías de información geográficas que nos permite el monitoreo, evaluar e inferir modelos de posibles comportamientos e impactos a partir de la información georreferenciada y la proveniente de los sensores remotos promoviendo a intensificar el uso eficiente de los insumos, identificando suelos con aptitud agronómica y principales series taxonómicas mapeadas con capacidad de uso I y II, evitando unidades productivas anegables o identificadas con severos riesgos de inundación considerando principalmente al lavado de nutrientes y el acceso al cultivo por falta de piso para el manejo cultural, buscando la máxima sostenibilidad de nuestro ambiente productivo, de esta manera podremos

mantenernos competitivos como productores eficientes en una agricultura desarrollada en el manejo de ambiente cuando la variabilidad es manifiesta en la unidad productiva.

Durante el planteo debemos mejorar todos los procesos involucrados y destacar que las herramientas tecnológicas al servicio de la sociedad superan ampliamente a la generación de la información agronómica real para la toma de decisiones.





## BIBLIOGRAFÍA

- Cantú M., A. Becker, J. Bedano. 2008. Evaluación de la sustentabilidad ambiental en sistemas agropecuarios. UNRCuarto, 184pp.
- Chuvieco. E. Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. 2° edición 2006.
- Guerschman, J.P; Paruelo, J.M.; Di Bella, C., Giallorenzi, M.C., and Pacin, F. Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data. International journal of Remote sensing. 2003. ISSN 0143-1161
- Leikam, D., G. Randall, y A. Mallarino. 2010. Are current soil test-based phosphorus and potassium fertilizer recommendations adequate?. Crops and Soils 43:27-32.
- Venegas R. y Siau G. (1994): Conceptos, principios y fundamentos para el diseño de sistemas sustentables de producción, en Agroecología y Desarrollo. N° 7, Consorcio Latinoamericano sobre Agroecología y desarrollo CLADES, Santiago de Chile.

## ANEXO

Caracterización del cultivo de Tabaco en el Departamento General San Martín mediante la aplicación de Tecnologías de la Información Geográficas.  
Imágenes ASTER GDEM Setiembre 2011

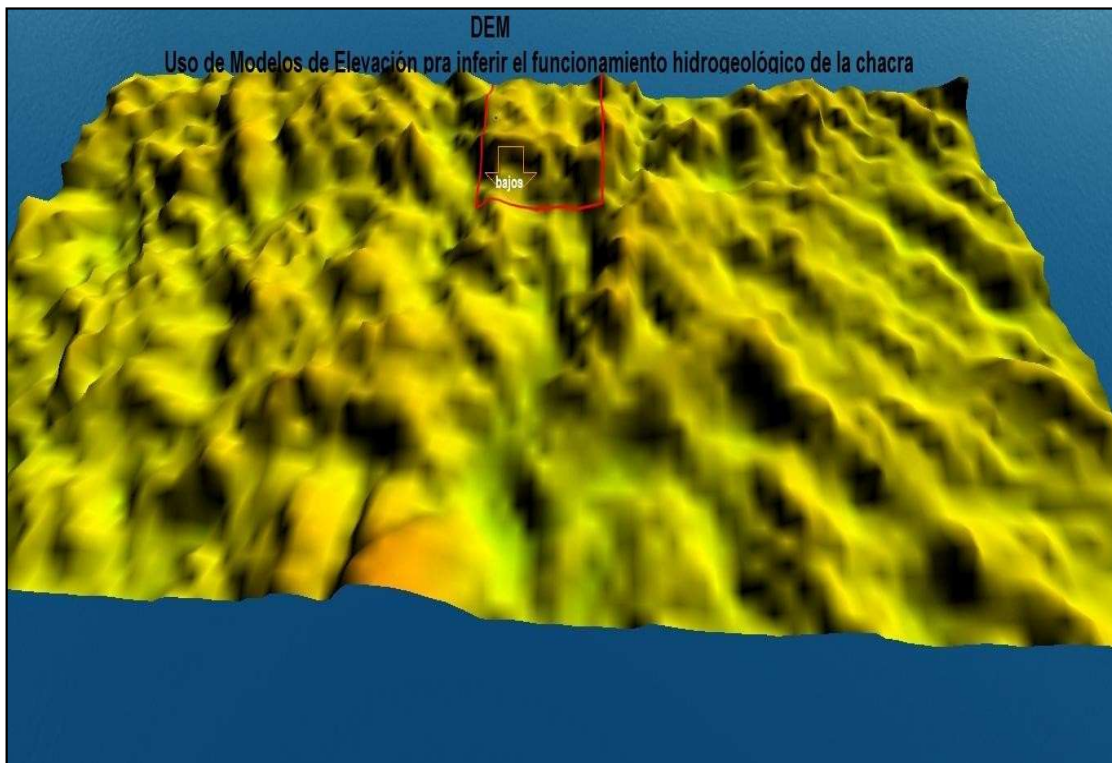


Ilustración XIII -1-: DEM de unidad productiva con tabaco. Visualización de relieve ocupadas para el Procesamiento y elaboración del Sistema de Información Geográficas.

***\* A continuación se detalla tabla y gráficos con valores correspondientes a propiedades físicas, reflectancia y NDVI de la cubierta tabaco en diferente etapa fenológica de una unidad productiva seleccionada.***

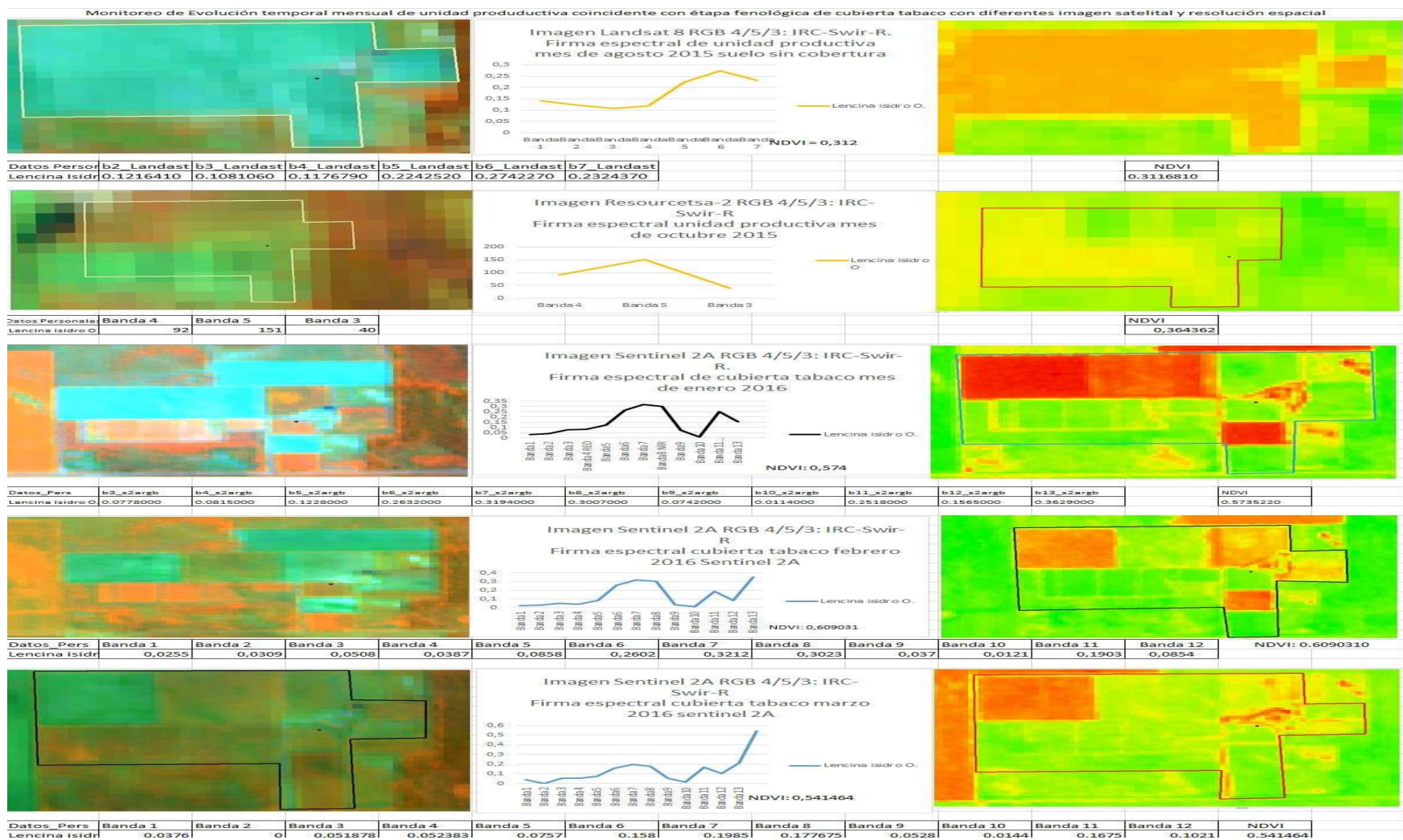


Ilustración XIII -2- : a) Parte izquierda Monitoreo de evolución mensual de unidad productiva en estudio con Imagen satelital Composición RGB: IRC-SWIR-R; etapa fenológica de cubierta tabaco con diferente imagen satelital y resolución espacial. b) Parte centro Firma espectral de cubierta tabaco; c) Evolución mensual de valores de NDVI.

**VALORES DE REFLECTANCIA EN UNIDADES PRODUCTIVAS SELECCIONADAS**

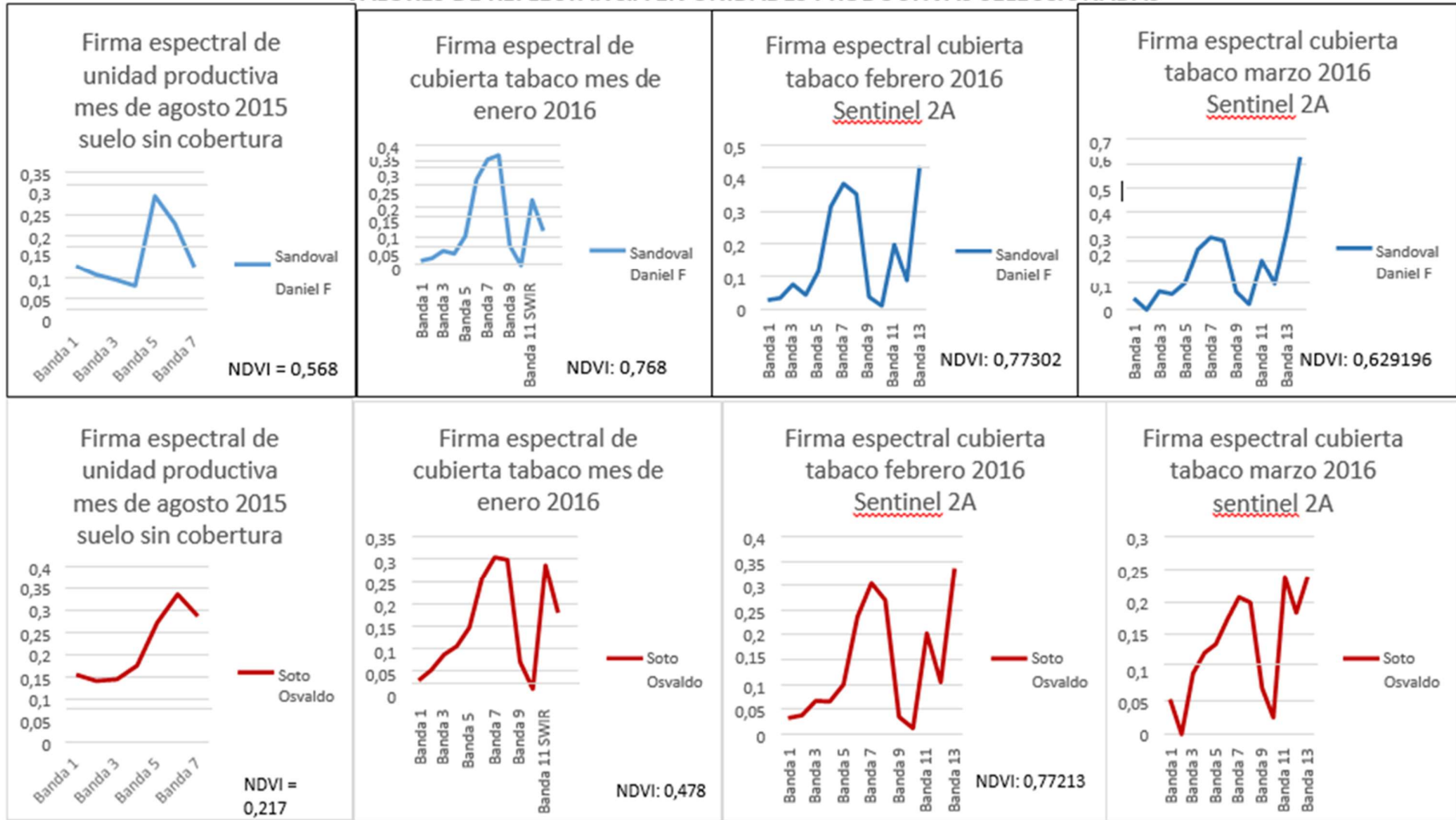


Ilustración XIII -3-: Cubierta tabaco; Evolución temporal de firma espectral y NDVI (índice de vegetación normalizado) en diferentes chacras de productores.



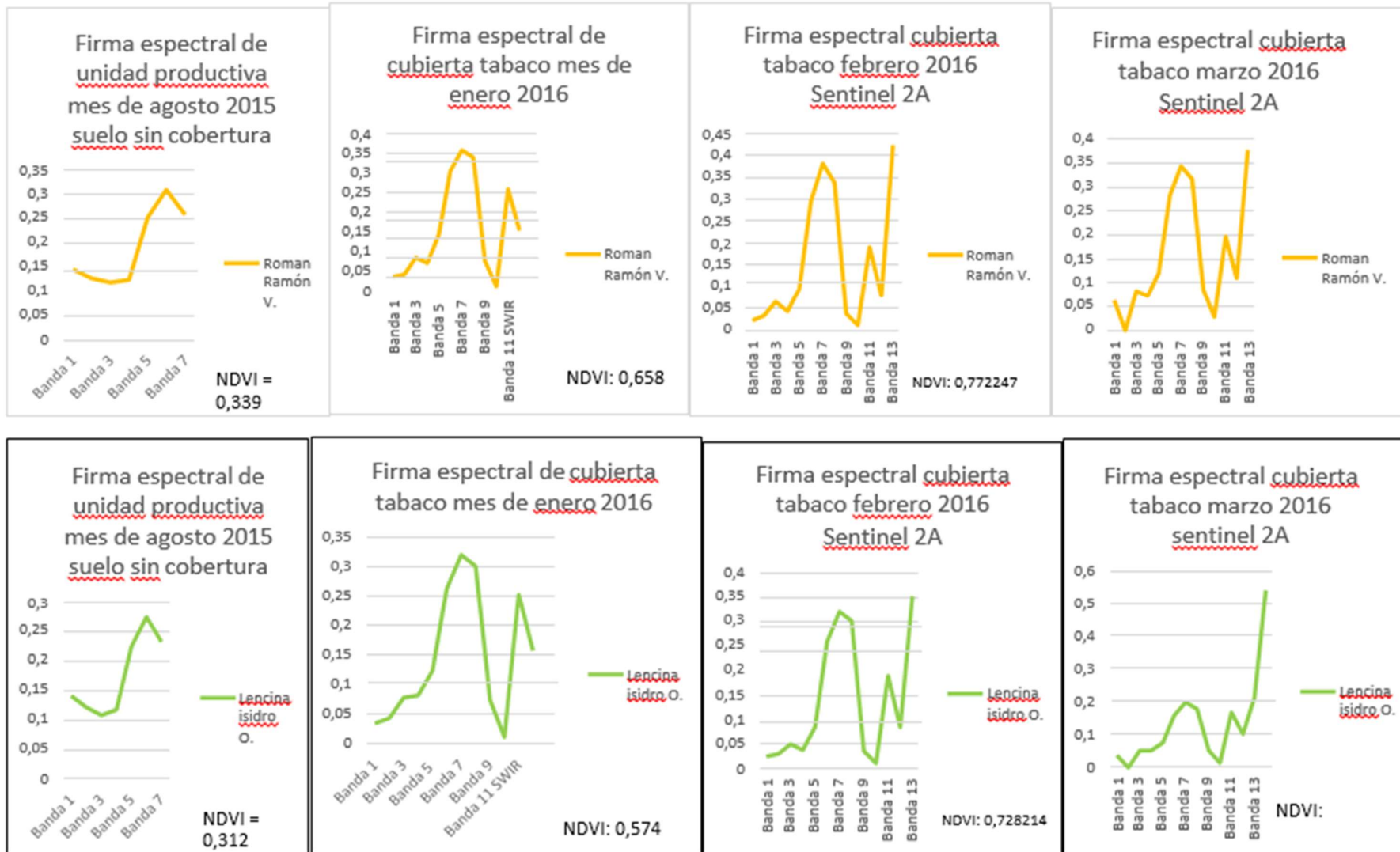


Ilustración XIII -4-: Cubierta tabaco; Evolución temporal de firma espectral y NDVI (índice de vegetación normalizado) en diferentes chacras de productores.

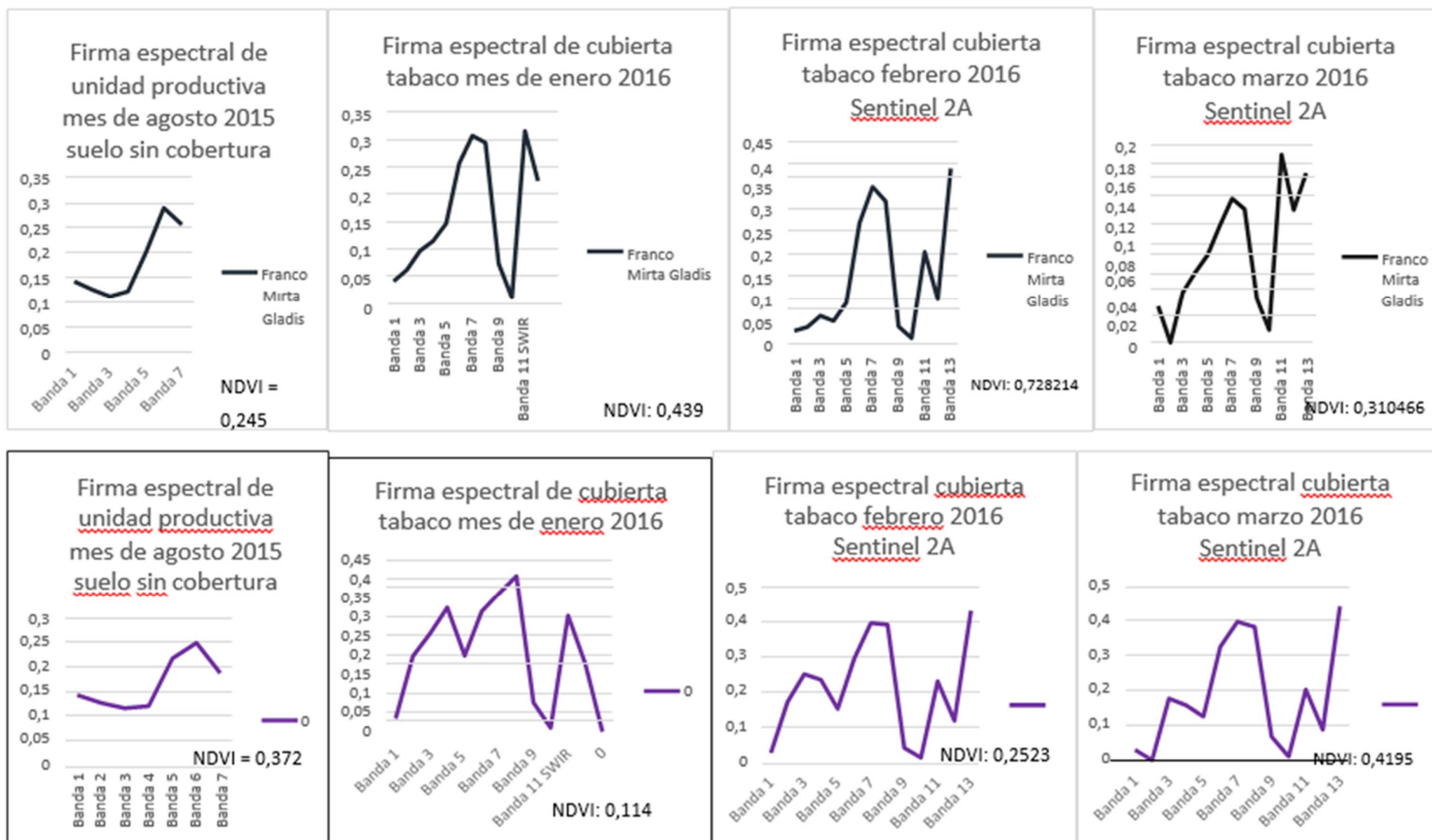


Ilustración XIII -5-: Cubierta tabaco; Evolución temporal de firma espectral y NDVI (índice de vegetación normalizado) en diferentes chacras de productores.



**IMÁGENES SATELITALES EN COMPOSICIÓN IRC, SWIR, ROJO Y NDVI DE SITIO MUESTRAL EN DIFERENTES MOMENTOS**

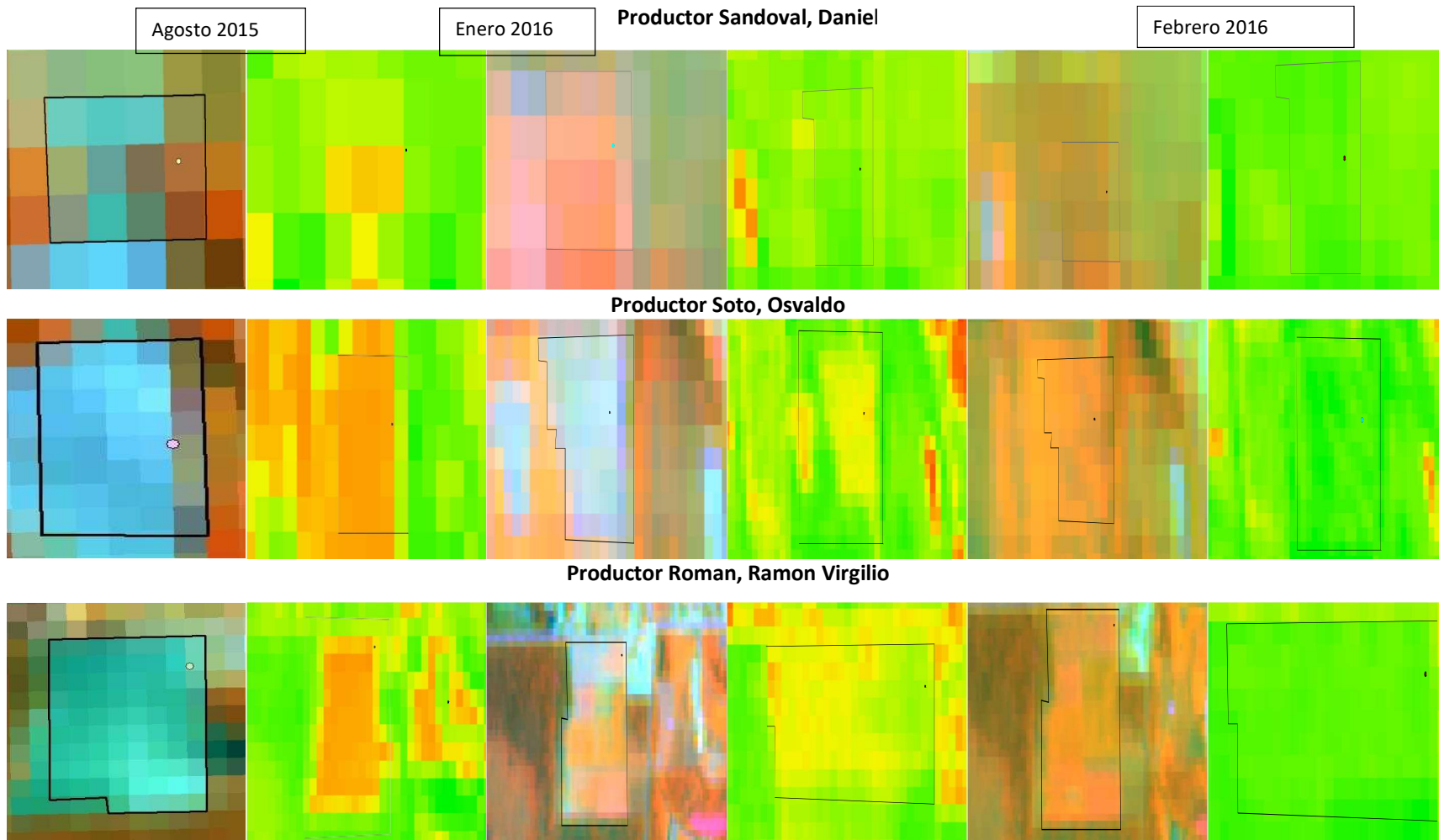
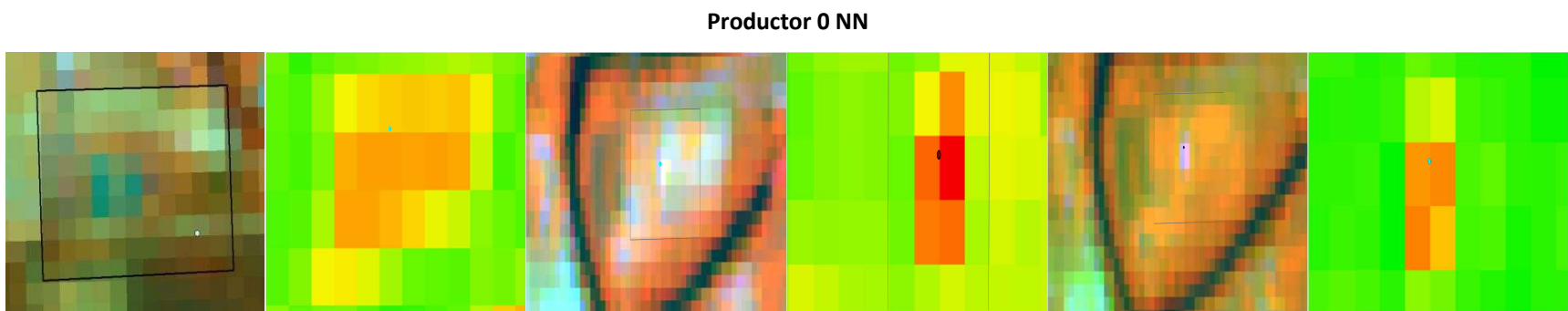
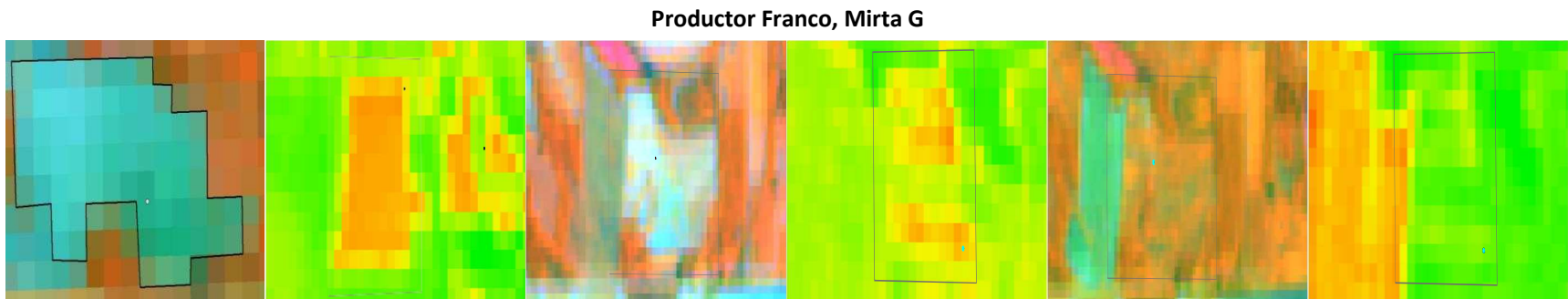
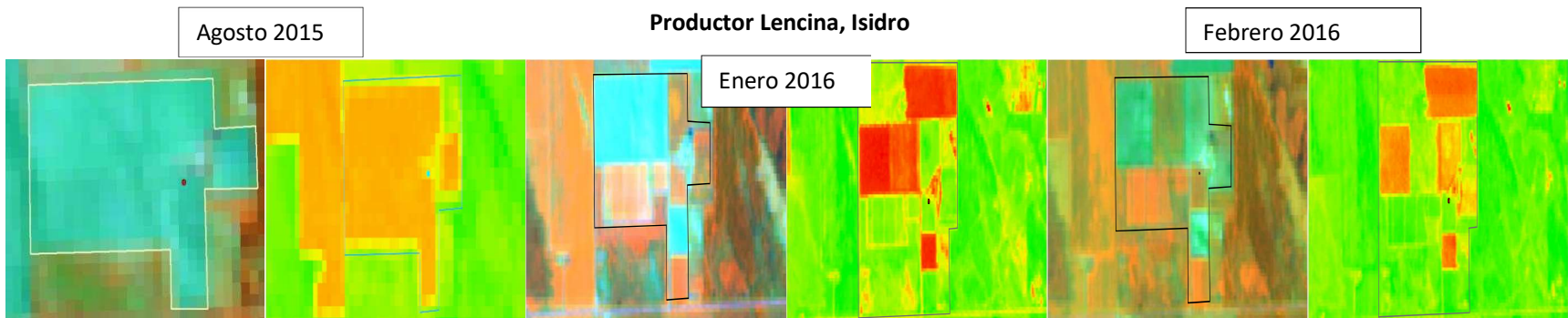


Ilustración XIII -6-: Procesamiento de imagen satelital multi-espectral en composición RGB falso color y NDVI en diferentes meses. A) agosto : suelo desnudo B y C) enero cultivo en crecimiento ROMERO, LUIS. DNI Nº 20448651. TRABAJO DE INTEGRACION FINAL



## EVOLUCIÓN DE VALORES DE NDVI EN SITIO MUESTRAL PERÍODO 2015 A 2016

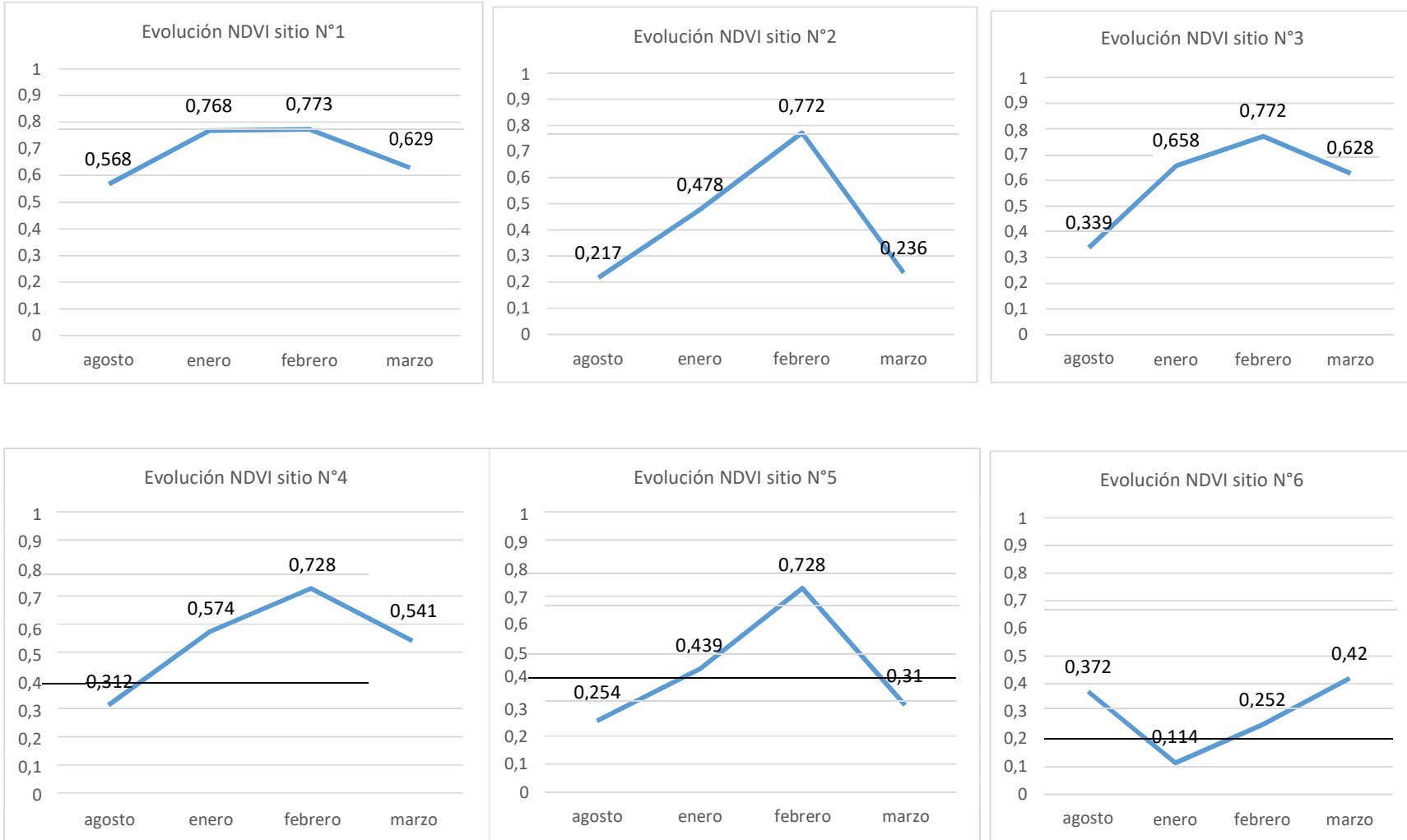


Ilustración XIII -7-: Gráficos de evolución de NDVI (índice de vegetación normalizado) cultivo tabaco en diferentes meses. A) agosto : suelo desnudo b) Enero, febrero cultivo en crecimiento c) Marzo, cosecha. Fuente y elaboración propia.



## FOTOS DE CULTIVO TABACO EN DIFERENTES MOMENTO Y EVENTOS.

Productor en cultivo de tabaco



Cultivo de tabaco en crecimiento



Cultivo de tabaco afectado de stress



Cultivo de tabaco en etapa reproductiva



Cultivo de tabaco en desarrollo



Cultivo de tabaco en etapa de maduración



Cultivo de tabaco en cosecha



Ilustración XIV -1-: Fotos georreferenciadas de cultivo tabaco en diferentes colonias del dpto. Gral. San Martín.. Fuente y elaboración propia.  
ROMERO, LUIS. DNI Nº 20448651. TRABAJO DE INTEGRACION FINAL



Galpón de secado



Hojas de tabaco secando en galpón



Secado de hojas a campo



Tabaco compitiendo con malezas



Ilustración XIV -2-: Fotos georreferenciadas de cultivo tabaco en diferentes etapas fenológicas y de manejo cultural en el dpto. Gral. San Martín. Fuente y elaboración propia.



## TRABAJO DE CAMPO



Apertura de calicata para estudio de perfil cultural en sitio seleccionado

Planilla de campo



Nombre	Hor	Prof. (cm)	Prof. (m)	Color	p. H.	pH	BSI	Textura	Observaciones	Uso
Me. (Hilomorf. rojo)	A	0-20	0.2	5.4	1.2	0.8	2	ocoso	Mezcla de 1/3	1/3
	B	21-30	0.9	6.3	0.5	4				
Me. (Hilomorf. rojo)	A	0-31	0.31	1.2	1.2	3.2		mezcla	Mezcla de 1/3	1/3
	B1	32-41	0.9	0.8	0.8	3				
	B2	42-51	0.9	0.8	0.8	4				
	B3	52-61	0.9	0.8	0.8	4				
	B4	62-71	0.9	0.8	0.8	4				
	B5	72-81	0.9	0.8	0.8	4				
	B6	82-91	0.9	0.8	0.8	4				
	B7	92-101	0.9	0.8	0.8	4				
	B8	102-111	0.9	0.8	0.8	4				
	B9	112-121	0.9	0.8	0.8	4				
	B10	122-131	0.9	0.8	0.8	4				
	B11	132-141	0.9	0.8	0.8	4				
	B12	142-151	0.9	0.8	0.8	4				
	B13	152-161	0.9	0.8	0.8	4				
	B14	162-171	0.9	0.8	0.8	4				
	B15	172-181	0.9	0.8	0.8	4				
	B16	182-191	0.9	0.8	0.8	4				
	B17	192-201	0.9	0.8	0.8	4				
	B18	202-211	0.9	0.8	0.8	4				
	B19	212-221	0.9	0.8	0.8	4				
	B20	222-231	0.9	0.8	0.8	4				
	B21	232-241	0.9	0.8	0.8	4				
	B22	242-251	0.9	0.8	0.8	4				
	B23	252-261	0.9	0.8	0.8	4				
	B24	262-271	0.9	0.8	0.8	4				
	B25	272-281	0.9	0.8	0.8	4				
	B26	282-291	0.9	0.8	0.8	4				
	B27	292-301	0.9	0.8	0.8	4				
	B28	302-311	0.9	0.8	0.8	4				
	B29	312-321	0.9	0.8	0.8	4				
	B30	322-331	0.9	0.8	0.8	4				
	B31	332-341	0.9	0.8	0.8	4				
	B32	342-351	0.9	0.8	0.8	4				
	B33	352-361	0.9	0.8	0.8	4				
	B34	362-371	0.9	0.8	0.8	4				
	B35	372-381	0.9	0.8	0.8	4				
	B36	382-391	0.9	0.8	0.8	4				
	B37	392-401	0.9	0.8	0.8	4				
	B38	402-411	0.9	0.8	0.8	4				
	B39	412-421	0.9	0.8	0.8	4				
	B40	422-431	0.9	0.8	0.8	4				
	B41	432-441	0.9	0.8	0.8	4				
	B42	442-451	0.9	0.8	0.8	4				
	B43	452-461	0.9	0.8	0.8	4				
	B44	462-471	0.9	0.8	0.8	4				
	B45	472-481	0.9	0.8	0.8	4				
	B46	482-491	0.9	0.8	0.8	4				
	B47	492-501	0.9	0.8	0.8	4				
	B48	502-511	0.9	0.8	0.8	4				
	B49	512-521	0.9	0.8	0.8	4				
	B50	522-531	0.9	0.8	0.8	4				
	B51	532-541	0.9	0.8	0.8	4				
	B52	542-551	0.9	0.8	0.8	4				
	B53	552-561	0.9	0.8	0.8	4				
	B54	562-571	0.9	0.8	0.8	4				
	B55	572-581	0.9	0.8	0.8	4				
	B56	582-591	0.9	0.8	0.8	4				
	B57	592-601	0.9	0.8	0.8	4				
	B58	602-611	0.9	0.8	0.8	4				
	B59	612-621	0.9	0.8	0.8	4				
	B60	622-631	0.9	0.8	0.8	4				
	B61	632-641	0.9	0.8	0.8	4				
	B62	642-651	0.9	0.8	0.8	4				
	B63	652-661	0.9	0.8	0.8	4				
	B64	662-671	0.9	0.8	0.8	4				
	B65	672-681	0.9	0.8	0.8	4				
	B66	682-691	0.9	0.8	0.8	4				
	B67	692-701	0.9	0.8	0.8	4				
	B68	702-711	0.9	0.8	0.8	4				
	B69	712-721	0.9	0.8	0.8	4				
	B70	722-731	0.9	0.8	0.8	4				
	B71	732-741	0.9	0.8	0.8	4				
	B72	742-751	0.9	0.8	0.8	4				
	B73	752-761	0.9	0.8	0.8	4				
	B74	762-771	0.9	0.8	0.8	4				
	B75	772-781	0.9	0.8	0.8	4				
	B76	782-791	0.9	0.8	0.8	4				
	B77	792-801	0.9	0.8	0.8	4				
	B78	802-811	0.9	0.8	0.8	4				
	B79	812-821	0.9	0.8	0.8	4				
	B80	822-831	0.9	0.8	0.8	4				
	B81	832-841	0.9	0.8	0.8	4				
	B82	842-851	0.9	0.8	0.8	4				
	B83	852-861	0.9	0.8	0.8	4				
	B84	862-871	0.9	0.8	0.8	4				
	B85	872-881	0.9	0.8	0.8	4				
	B86	882-891	0.9	0.8	0.8	4				
	B87	892-901	0.9	0.8	0.8	4				
	B88	902-911	0.9	0.8	0.8	4				
	B89	912-921	0.9	0.8	0.8	4				
	B90	922-931	0.9	0.8	0.8	4				
	B91	932-941	0.9	0.8	0.8	4				
	B92	942-951	0.9	0.8	0.8	4				
	B93	952-961	0.9	0.8	0.8	4				
	B94	962-971	0.9	0.8	0.8	4				
	B95	972-981	0.9	0.8	0.8	4				
	B96	982-991	0.9	0.8	0.8	4				
	B97	992-1001	0.9	0.8	0.8	4				

Ilustración XIV -2-: Fotos de trabajos de geoposicionamiento de cultivo, apertura de calicatas para evaluación de perfil cultural representativas de principales series taxonómicas que se implanta tabaco en diferentes colonias del dpto. Lib. Gral. San Martín. Fuente y elaboración propia. Ing. Agr. Luis E. Romero