



Universidad Nacional del Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

**Trabajo Final de Graduación
Modalidad Pasantía
Informe final**

**“Teledetección y Sistema de Información Geográfico (SIG)
para la elaboración de cartografía de ambientes forrajeros en
un establecimiento ganadero”**

Autor: Viñuela, Maximiliano Nahuel

Asesor: Ing. Agr. Pablo A. Vacca

Año: 2017



Introducción

La observación remota de la superficie terrestre constituye el estudio de la teledetección, definida también como la técnica que permite adquirir datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. Supone que entre la tierra y el sensor existe una interacción energética ya sea por reflexión de la energía solar o por un haz energético artificial de emisión propia. Es preciso que ese haz energético recibido por el sensor se transmita a la superficie terrestre donde la señal detectada pueda almacenarse y, en última instancia, ser interpretada por una determinada aplicación (*Chuvieco, 1990*).

Las aplicaciones de la teledetección varían de acuerdo con los temas que se consideren, desde los meteorológicos hasta los ambientales, pasando por los agronómicos, los hidrológicos y los geológicos, entre otros (*Di Bella, et al., 2008*)

Un sistema de teledetección espacial incluye los siguientes elementos (Fig. 1):

- Fuente de energía: supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor (teledetección pasiva) o un haz energético emitido por este (teledetección activa). La fuente de energía más importante es, por supuesto, la energía solar.
- Superficie terrestre: formada por diferentes masas de vegetación, suelo, agua o construcciones humanas que reciben la señal energética y la reflejan de acuerdo con sus características físicas.
- Sistema sensor: compuesto por el sensor propiamente dicho y por la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión recibir la energía procedente de la superficie terrestre, codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.
- Sistema de recepción-comercialización: donde se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado y, tras las oportunas correcciones, se distribuye al usuario técnico.
- Usuario técnico: analiza esa información (normalmente imágenes analógicas o digitales) convirtiéndola en una clave temática o cuantitativa, orientada a facilitar la evaluación del problema en estudio.
- Usuario final: encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como dictaminar sobre las consecuencias que de él se derivan.

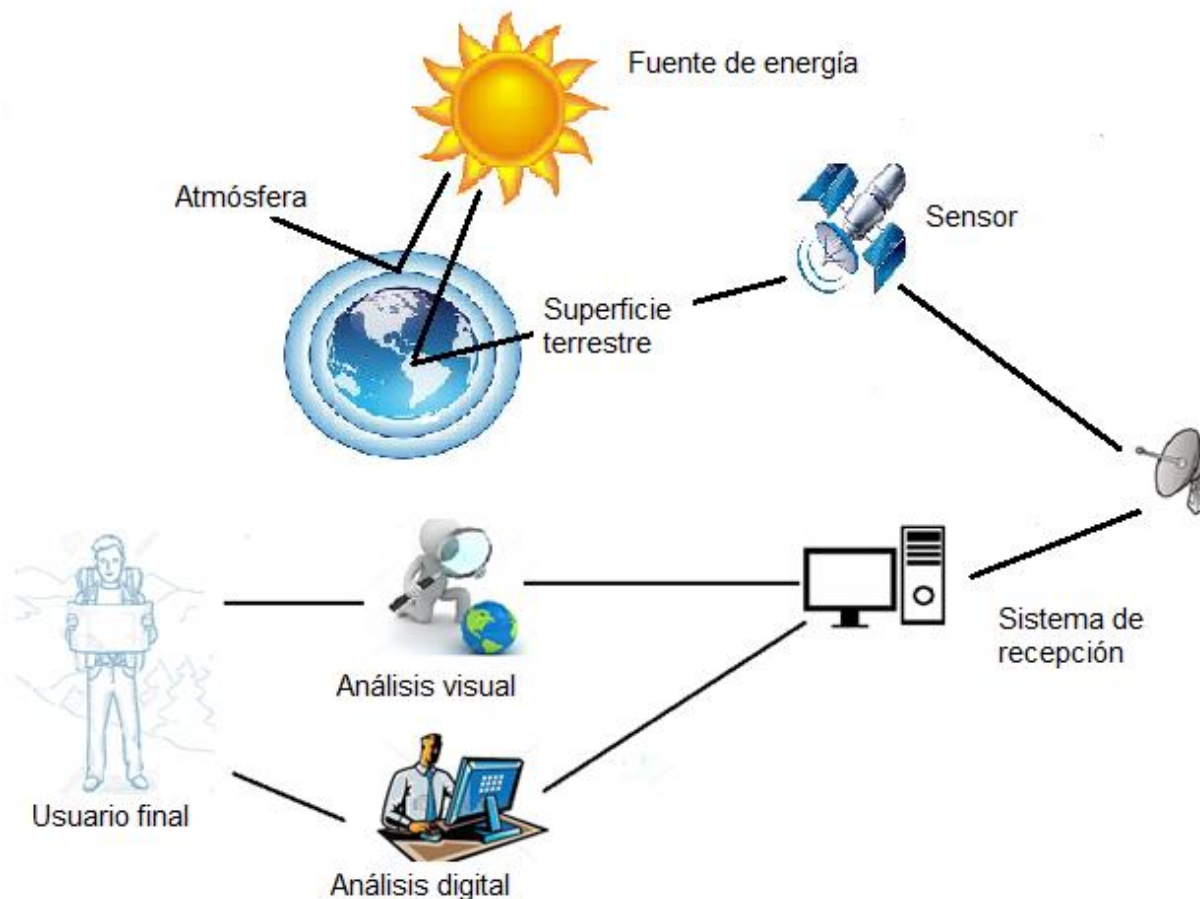


Fig. 1 Componentes de un sistema de teledetección (Chuvieco, 1990).

La energía térmica se transmite por tres procesos: convección, conducción y radiación. En la presente pasantía se trabajó con la transmisión por radiación, que según la teoría ondulatoria (Huyguens y Maxwell), la energía electro-magnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí: eléctrico y magnético. Las características de este flujo pueden describirse por dos elementos: longitud y frecuencia de onda. La primera hace referencia a la distancia entre dos picos sucesivos de una onda mientras que la frecuencia designa el número de ciclos que pasan por un punto fijo en una unidad de tiempo. Aunque la sucesión de valores de las longitudes de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas en donde la radiación electro-magnética manifiesta un comportamiento similar. Esta organización de bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina espectro electro-magnético. Las unidades de medidas más comunes se relacionan con la longitud de onda. Desde el punto de vista de la teledetección, conviene destacar una serie de bandas espectrales que son las más utilizadas con la tecnología actual. La denominación es la siguiente:

- Espectro visible (0,4 a 0,7 μ m). Se denomina así por tratarse de la única radiación que puede percibir el ojo humano. Dentro de este campo existen tres bandas elementales: azul (0,4 a 0,5 μ m); verde (0,5 a 0,6 μ m), y rojo (0,6 a 0,7 μ m), en razón de los colores elementales asociados a esas longitudes de onda.



Infrarrojo próximo (0,7 a 1,3 μm). Resulta de especial importancia por discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad.

Infrarrojo medio (1,3 a 8 μm). Donde se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y emisión de la superficie terrestre.

Infrarrojo lejano o térmico (8 a 14 μm). Incluye la porción emisiva del espectro terrestre.

Microondas (a partir de 1 mm). De gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la cubierta nubosa (*Chuvieco, 1990*).

Los sensores satelitales captan radiación correspondiente al espectro electromagnético (de ahí que se hable de información espectral) reflejada o emitida en diferentes longitudes de onda por la superficie terrestre, en especial, luz visible y radiación en las zonas del infrarrojo cercano, infrarrojo medio o infrarrojo térmico (*Di Bella et al., 2008*).

La información registrada por los sensores puede tener distintas resoluciones, como ser: resolución espacial (unidad mínima de superficie para la que se integra la información espectral, también denominada pixel), resolución espectral (número y ancho de las bandas), resolución radiométrica (número de posibles valores que puede tomar cada dato), resolución temporal (frecuencia con la que un sensor toma información de un mismo punto de la superficie) y resolución geométrica (ángulo de observación). Por ejemplo, una imagen provista por el sensor TM del satélite Landsat tiene una resolución espacial de 30m, una resolución temporal de 16 días y 7 bandas espectrales: 0,45-0,52/0,52-0,6/0,63-0,69/0,76-0,9/10,4-12,5/2,08-2,35/1,55-1,75 (*Di Bella et al., 2008*).

Para la mayoría de los usuarios de la teledetección espacial, el fruto de los ensayos de clasificación es un mapa temático que refleja adecuadamente el estado de la variable de interés (tipo de suelo o de vegetación) en el área de estudio. Este tipo de enfoques se ha visto notablemente favorecido por las nuevas tecnologías de almacenamiento, manipulación y salida gráfica de la información espacial. De esta manera han nacido los Sistemas de Información Geográfica (*Chuvieco, 1990*).

Los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** pueden definirse como bases informatizadas de datos con algún tipo de componente espacial. Esto significa que la información que almacena está referenciada geográficamente, ya se trate de mapas, estadísticas o datos climáticos sobre un territorio concreto. Todas estas variables pueden relacionarse mutuamente de formas muy diversas. Gracias a que la información que contienen se almacena en formato digital, los SIG aprovechan las posibilidades analíticas de las computadoras, facilitando múltiples operaciones que resultan difícilmente accesibles por medios convencionales. Ejemplo de ello son las generalizaciones cartográficas, integración de variables espaciales, análisis de vecindad, entre otros. Además los SIG permiten almacenar esa información espacial de forma eficiente facilitando su actualización y directa accesibilidad para el usuario. En definitiva, amplían enormemente las capacidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización (*Chuvieco, 1990*).

ERDAS Image es un software que permite realizar múltiples actividades y una de ellas es la clasificación de ambientes la cual es una herramienta que permite agrupar los píxeles en un número



finito de clases individuales o categoría de datos con base en sus niveles digitales. Si un pixel satisface un conjunto dado de criterios entonces el pixel se asigna a la clase correspondiente a ese criterio (Erdas, 2001).

Todos estos elementos son utilizados para la **cartografía**. La misma tiene como objetivo reunir y analizar datos y medidas de las diversas regiones de la Tierra y representarlas gráficamente a una escala reducida de tal modo que todos los elementos y detalles sean claramente visibles. Para poner de manifiesto la configuración de la superficie terrestre se utilizan mapas (Raisz, 2005).

Objetivos:

- Elaborar la cartografía de los potreros del establecimiento.
- Realizar una clasificación supervisada de una imagen satelital del establecimiento.
- Protocolizar las metodologías de trabajo utilizadas.

Lugar de trabajo:

Estancia “La Constancia”, localidad de La Verde, departamento Gral. Donovan, provincia del Chaco. Sus coordenadas geográficas son 27°09'01.8"S 59°26'12.7"W (Fig. 2).



Fig. 2 Imagen satelital del establecimiento obtenida de Google earth®, con sus límites resaltados.



Descripción de tareas desarrolladas

Toma de datos en el establecimiento mediante el uso del GPS.

La finalidad de esta actividad fue generar waypoints sobre el perímetro del establecimiento, los potreros internos del mismo, y obtener la superficie total del campo. Todo esto fue realizado en dos salidas al campo guiadas por un empleado del establecimiento.

En la primer salida a campo se realizó la recolección de datos perimetrales del establecimiento utilizando un GPS (por sus siglas en inglés “Global Positioning System” o en español “sistema de posicionamiento global”) marca GARMIN modelo eTrex 30. En primera instancia se obtuvieron las coordenadas geográficas del establecimiento en el casco del mismo; este dato es muy importante a la hora de la obtención de imágenes satelitales ya que deben estar georreferenciadas. Para ello se utilizó la opción waypoint del GPS, que son almacenados en la memoria del equipo y sirve, por ejemplo, para regresar a ese punto cuando se desee, o bien, saber de sus coordenadas geográficas. Para crear un waypoint se accede a la opción “marcar waypoint” y para guardarlo se selecciona la opción “hecho” (*Garmin, 2011*).

Para obtener el área del establecimiento se accedió en el GPS a la opción “cálculo de área”, se seleccionó la opción “iniciar” y se procedió a recorrer el perímetro del establecimiento. Durante este recorrido, se crearon waypoints en diferentes puntos como ser esquineros y tranqueras para luego usarlos de referencias en la demarcación de límites. Una vez finalizado el recorrido se utilizó la opción “calcular”, para obtener el dato de la superficie (*Garmin, 2011*). De este modo se obtuvieron el área del establecimiento y los límites del mismo, de vital importancia a la hora de realizar la cartografía.

Para agilizar el recorrido se transitó montado a caballo (Fig.3) y, en partes de difícil acceso, caminando; intentando siempre mantener lo más cercano posible el GPS del alambrado (Fig. 4).



Fig. 3 Recorrido por el perímetro para el cálculo de área.



Fig. 4 Tránsito en zonas cerradas por vegetación de difícil acceso, en el cálculo de área.

La siguiente salida al campo consistió en un relevamiento de datos de los potreros del establecimiento; se obtuvieron waypoints en esquineros y tranqueras de los alambrados que lo dividen internamente (Fig. 5).



Fig. 5 Tranquera interna, divide dos potreros contiguos.

Muestreo de ambientes del establecimiento

El propósito de esta tarea fue generar wapoints en diferentes ambientes hallados. Se denomina ambiente a las diferentes coberturas naturales que pueden existir en la superficie terrestre y que son el resultado de interacciones entre factores abióticos como el suelo, el agua, la topografía y el clima, entre otros; factores bióticos como son los microorganismos y macroorganismos (animales y vegetales) y, en ocasiones como en este campo, el factor antrópico. Para detectar los ambientes y diferenciarlos entre sí se tomó como guía los tipos de fisionomías vegetales descriptas en el cuadro n°1.



Tipo biológico dominante	Tipos	Variantes	Vegetación
Leñoso	Bosque	Bajo	Árboles de menos de 8 metros de altura.
		Alto	Entre 8 y 16 m de altura.
		Muy alto	Con más de 16 m de altura.
	Arbustal	Puro	Multicaule, de 1,50 a 4 m. Sin árboles.
		Arbustal-Bosque	Con menos de 25% de árboles.
Herbáceas	Pirizal		Predominio de ciperáceas, con marantáceas y tifáceas. Todas rizomatosas no fasciculadas, palustres, altas (más de 1,50 m).
	Pajonal		Dominancia de gramíneas fasciculadas altas, formando matas perennes.
	Pastizal		Dominado por gramíneas de porte medio-alto (0,80 a 1,80 m.)
	Pradera		Pastos cortos de 0,20 a 0,50 m.
	Vegetación acuática		Flotante o sumergida.
Fisionomías mixtas	Parque	Arbóreo	Mosaico de bosque y pastizales.
		Arbustivo	Mosaico de arbustal y Pastizal
		Mixto	Mosaico de bosques, arbustal y pastizal
	Sabana	Arbolada	Con árboles aislados.
		Arbustiva	Con arbustos aislados.
		Mixta	Con árboles y arbustos aislados.
	Sabana parque		Mosaico de pastizales con leñosas aisladas y agrupadas.

Cuadro.1 Tipos de fisionomías vegetales (Carnevali, 1994)

Se recorrió el establecimiento, generando waypoints en cada ambiente encontrado. Para la discriminación de ambientes se recurrió también a conceptos obtenidos durante la carrera (discriminación subjetiva), y se utilizaron criterios más detallados que los que aparecen en el cuadro n°1 para poder diferenciarlos aún más ya que, por ejemplo, se encontró que entre los pajonales se podían diferenciar unos de otros por la especie que predominaba, por lo que resultó interesante agregar esa discriminación dentro del trabajo. El cuadro n° 2 detalla los waypoints generados, la denotación en forma de apunte que se hicieron en el campo para los ambientes encontrados y su respectiva clasificación.



Para la clasificación taxonómica de las plantas se hizo uso de los nombres vulgares como guía (ya que así fueron denotados en el campo) y, con la ayuda de los libros “Flora del Iberá” (Arbo *et al.*, 2002) y “Fitogeografía de la provincia de Corrientes” (Carnevali, 1994) y la publicación “Los pastizales del parque chaqueño; manejo y productividad” (Agostini, 1997) se asignaron los respectivos nombre científicos.

WAYPOINT	ANOTACIONES DE CAMPO	AMBIENTES
.045	Bosque	Bosque alto
.046	Bosque	
.047	Bosque	
.048	paja cortadera + agua	Pajonal de <i>Panicum prionitis</i>
.049	renoval	Arbustal
.050	paja cortadera	Pajonal de <i>Panicum prionitis</i>
.051	renoval	Arbustal
.052	renoval + agua	Arbustal
.053	renoval aroma	Arbustal
.054	renoval aroma	
.055	Bosque	Bosque alto
.056	paja cortadera + chirca + agua	Sabana arbustiva
.057	paja boba + agua	Pajonal de <i>Paspalum intermedium</i>
.058	paja cortadera + chirca + agua	Sabana arbustiva
.059	paja boba + chirca + agua	Sabana arbustiva
.060	Achira	Esteros con vegetación de <i>Canna indica</i>
.061	Achira	
.062	pasto corto + vinal + agua	Sabana arbolada
.063	Renoval	Arbustal
.064	Bosque	Bosque alto
.065	Bosque	
.066	Bosque	
.067	Bosque	
.068	Bosque	
.069	paja amarilla + agua	Pajonal de <i>Sorghastrum agrostoides</i>
.070	paja amarilla + agua	
.071	paja amarilla + agua	
.072	Pirizal	Esteros con vegetación de <i>Cyperus giganteus</i>

Cuadro.2 Ambientes encontrados con sus respectivos números de waypoint y su clasificación.

Esta tarea demandó una salida al campo.



Cartografía del establecimiento

El fin de esta actividad fue la de obtener un plano del campo que detallara los límites del establecimiento (Fig. 6) y de los potreros (Fig. 7). Se utilizó como herramienta para tal fin el software ArcMap (ArcGis), allí se descargaron los waypoints obtenidos durante el recorrido por el alambrado y se confeccionó el mapa.

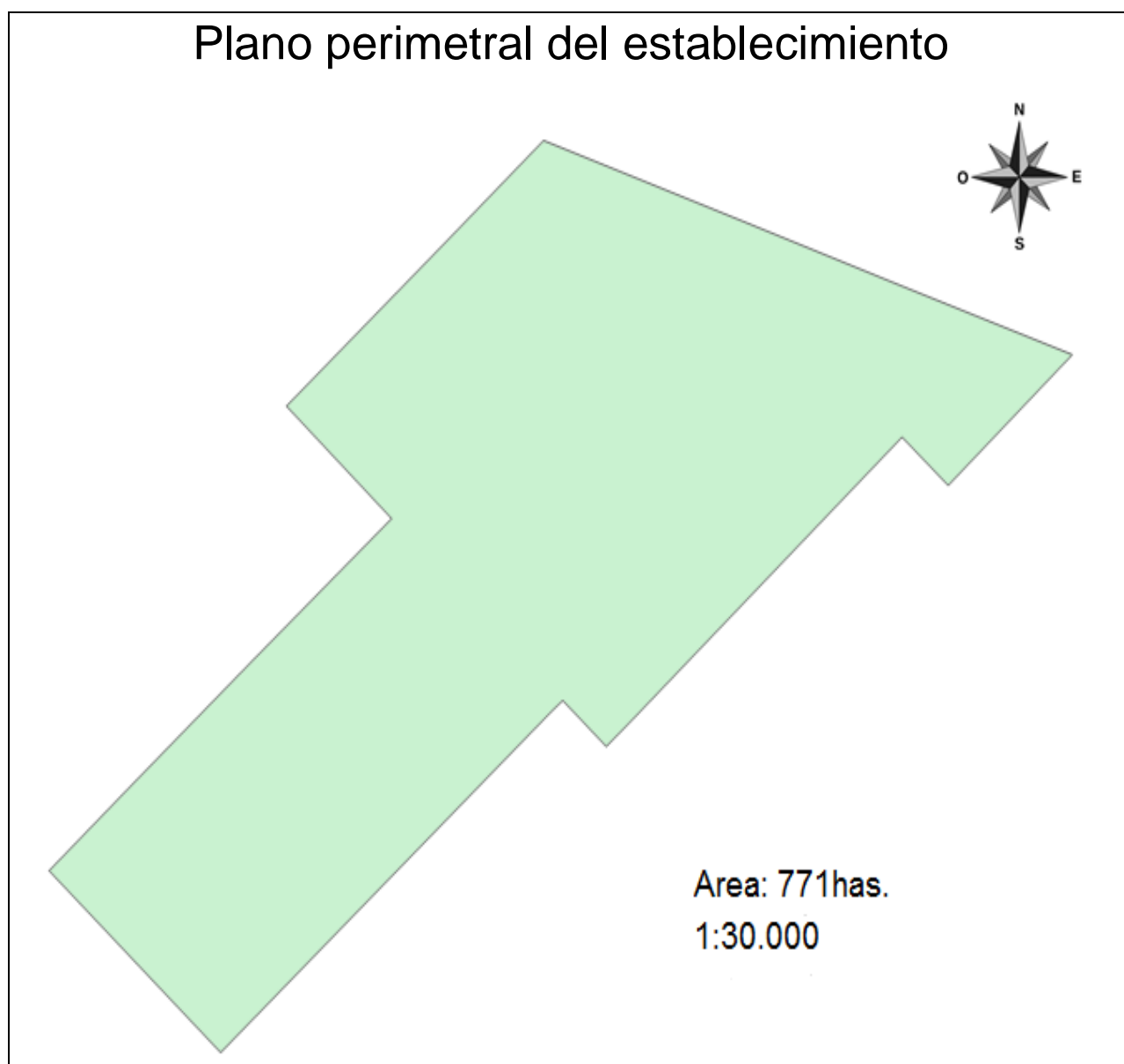
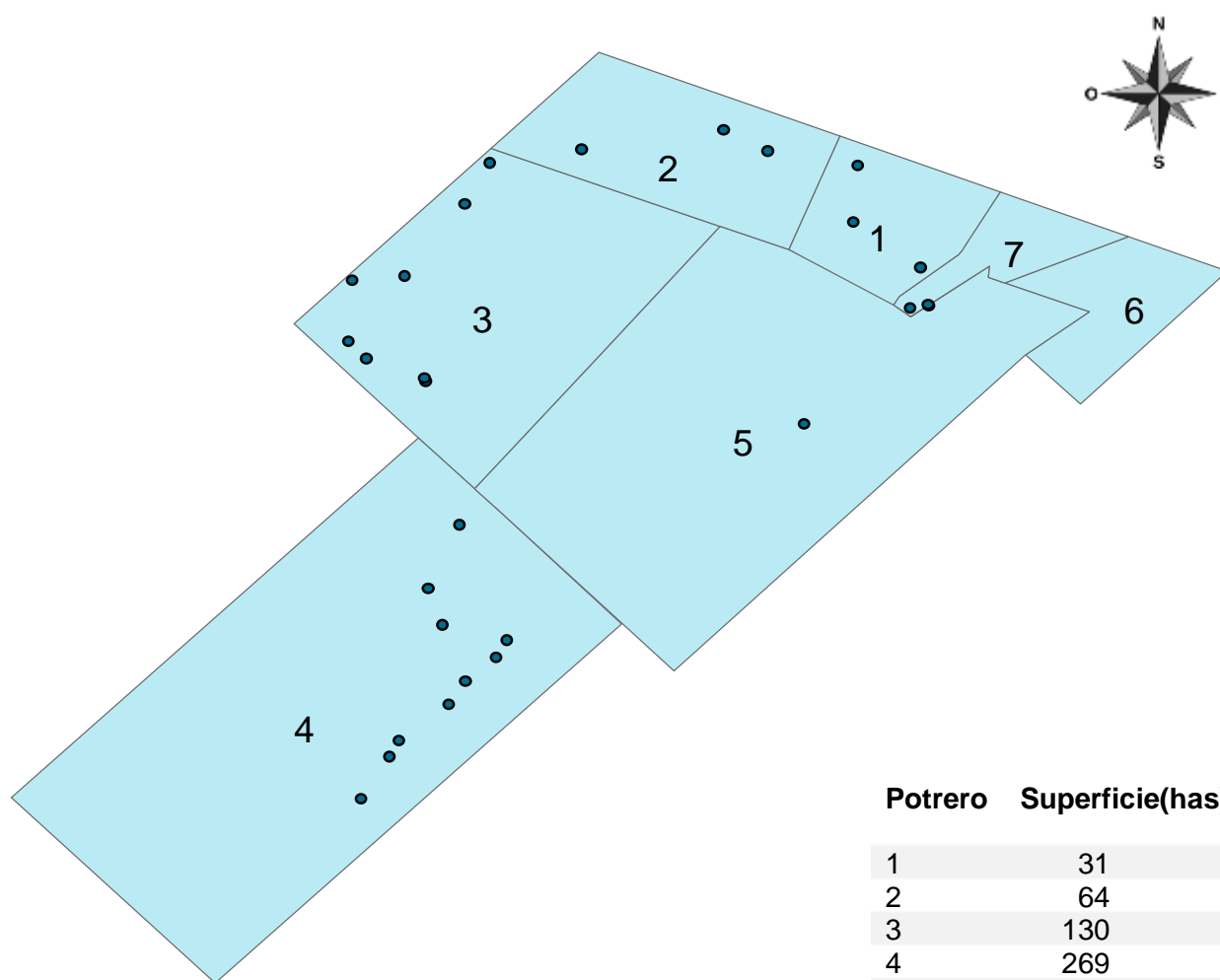


Fig. 6 Plano perimetral del establecimiento.

Para obtener el mapa de los potreros se descargaron los waypoints obtenidos en los alambrados que separan a ellos, al software y se elaboró la cartografía. En este último también se incluyeron los waypoints obtenidos durante el muestreo de ambientes.



Plano de potreros del establecimiento



Potrero	Superficie(has)
1	31
2	64
3	130
4	269
5	228
6	31
7	18

1:30.000

Fig.7 Plano del establecimiento incluyendo potreros y waypoints de diferentes ambientes encontrados.



Obtención de imágenes satelitales

Para la obtención de imágenes satelitales se optó por el satélite Landsat 8, el cual consta de una plataforma con capacidad de carga de dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos denominado Generador Operacional de Imágenes de la Tierra (OLI por sus siglas en inglés) y el Sensor Térmico Infrarrojo (TIRS por sus siglas en inglés). OLI y TIRS recogen los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre. Las imágenes Landsat 8 obtenidas por los sensores (OLI) y (TIRS) constan de 9 bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros, para las bandas 1 a 7 y 9; una banda 8 con una resolución de 15m y 2 bandas térmicas (10 y 11) con una resolución de 100m (Tabla 1) (Ariza, A. 2011).

Tabla 1. Distribución de bandas en OLI y TIRS (Ariza, A. 2011).

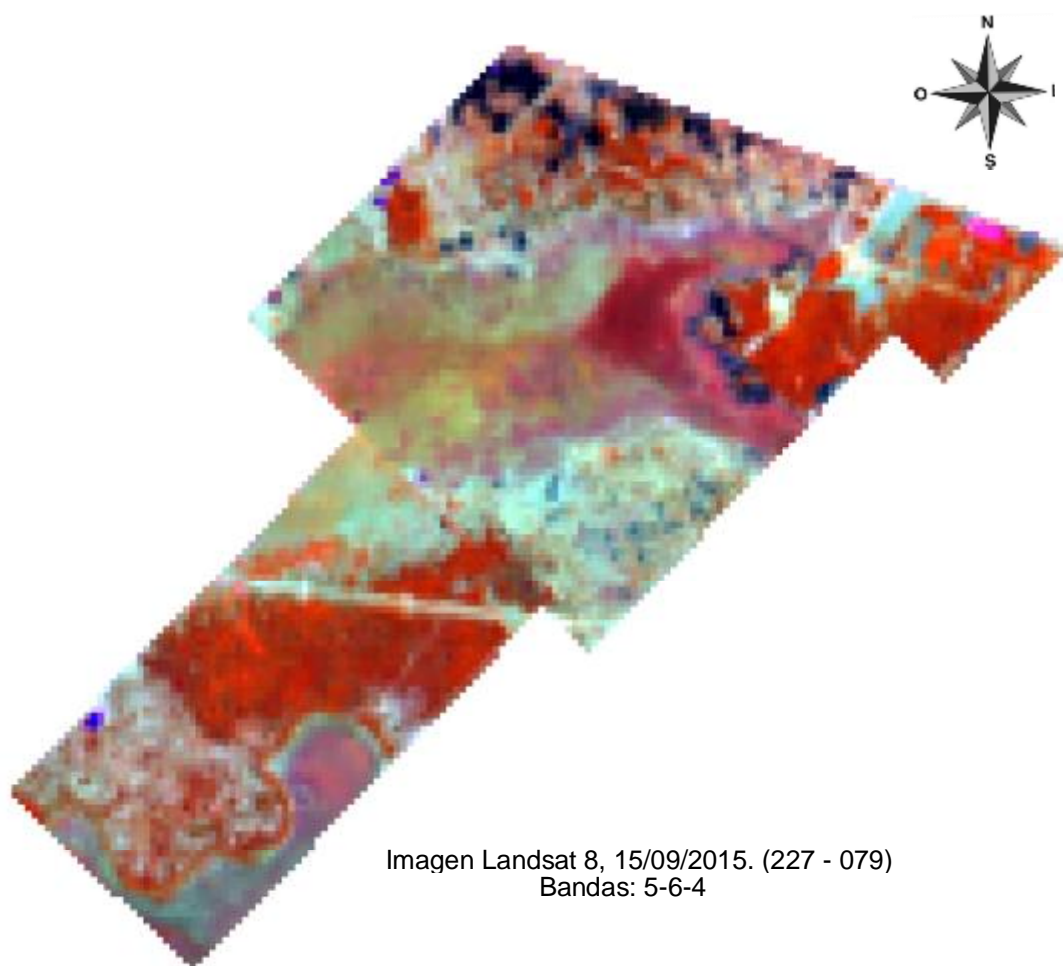
Sensor	Bandas	Long. De onda (micrómetros)	Resolución (m)
OLI	1 - Costero / Azul	0.43 - 0.45	30
	2- Azul	0.45 - 0.51	30
	3 – Verde	0.53 - 0.59	30
	4 – Rojo	0.64 - 0.67	30
	5 - Infrarrojo cercano	0.85 - 0.88	30
	6 - Infrarrojo de onda corta 1	1.57 - 1.65	30
	7 - Infrarrojo de onda corta 2	2.11 - 2.29	30
	8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
	9 – Cirrus	1.36 - 1.38	30
TIRS	10 - Infrarrojo térmico 1	10.60 - 11.19	100
	11 - Infrarrojo térmico 2	11.50 - 12.51	100

En este trabajo utilizaron las bandas del espectro visible (azul, verde y rojo), por lo que este satélite otorga una resolución ideal para las superficies en estudio.

La imagen satelital se obtuvo desde la página de internet del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Ésta imagen se cargó al software ArcMap para realizar el correspondiente recorte del polígono del establecimiento. Una vez allí, se cargó la capa de información del establecimiento la cual tiene un formato sencillo y no tipológico llamado shapefile, que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shape se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas) (ArcMap®).



Imagen satelital del establecimiento



1:30.000

Fig.8 Imagen satelital del establecimiento. Se pueden apreciar varios colores los cuales son expresiones del tapiz existente. La vegetación arbórea figura en color rojo intenso, la vegetación herbácea como pajonales y pastizales se ven de color verde claro y las zonas de azul intenso son los esteros (agua). Se denotan más colores como rosado y celeste los cuales resultan de la



mezcla entre agua y vegetación herbácea ya que en la fecha de la obtención de la imagen el campo se exhibía desbordado de agua por abundantes lluvias.

Clasificación de ambientes

Esta tarea se realizó con ERDAS Imagine® que es una aplicación de teledetección con capacidades de editor gráfico ráster (Erdas®, 2001). Un ráster es una matriz de píxeles organizados en filas y columnas en la que cada pixel contiene un valor que representa información, como la temperatura. Ejemplo de rásteres son las fotografías aéreas digitales, imágenes satelitales, imágenes digitales o incluso mapas escaneados (ArcMap®).

Existen dos formas de clasificación: • **Supervisada.**

• **No supervisada.**

En este trabajo se realizó una clasificación supervisada la cual es más controlada por el usuario que la clasificación no supervisada. En este proceso, el usuario selecciona píxeles que representan patrones que reconoce o que puede identificar con la ayuda de otras fuentes (Erdas®, 2001), como en este caso en el que se llevó a cabo el reconocimiento previo de los diferentes ambientes y se generaron waypoints en ellos. Mediante este conocimiento se le asigna la clase dada al pixel en donde se encuentra el waypoint para que el software identifique zonas similares y pueda agruparlas.

Una vez que esta aplicación realizó una agrupación de cada uno de las clases dadas, se le asignó un color de salida para diferenciar cada ambiente y el resultado de esta tarea fue un mapa del establecimiento conteniendo diversos colores, siendo cada uno de ellos un ambiente diferente. Esta aplicación también permitió obtener una medida aproximada de la superficie que ocupa cada uno de los ambientes. Así, se distinguió con color **amarillo** al ambiente definido como pajonal de “paja amarilla” (*Sorghastrum agrostoides*) ocupando 57,2 has. del campo, de color **marrón** se representa al ambiente denominado “arbustal” que es un ambiente integrado por especies arbóreas juveniles como especies de los géneros *Schinopsis*, *Prosopis* y *Acacia* entre otras, distribuidas de forma dispersa, es decir, sus copas no se tocaban entre sí, y que ocupa una superficie de 197,4 has., el color **azul** simboliza al ambiente denominado “estero” con vegetaciones de “achira” (*Canna indica*) en partes, y en otras con un tapiz vegetal de “pirí” (*Cyperus giganteus*) y que llena una superficie de 27,18 has., con color **verde oscuro** se representa al ambiente denominado bosque y que se extiende a lo largo de 267,98 has., el color **rosado** indica la superficie ocupada por “sabana arbustiva” donde el tapiz herbáceo está ocupado por pajonal con “paja cortadera” (*Panicum prionitis*) en partes y en otras con “paja boba” (*Paspalum intermedium*) como especies predominantes y un tapiz arbustivo de “chirca” (*Dodonaea sp.*) y que ocupa 47,8 has., de color **verde claro** aparece el pajonal que tiene como especie predominante a la “paja cortadera” con una extensión de 52,73 has., el color **anaranjado** indica la superficie ocupada por el pajonal de “paja boba” y que ocupa 78,48 has., y con color **rojo** aparece en el mapa la superficie ocupada por la “sabana arbolada” que es un ambiente conformado por árboles aislados y un tapiz vegetal herbáceo de tipo “pastizal”, y abarca unas 40,95 has. del campo.



Clasificación de ambientes

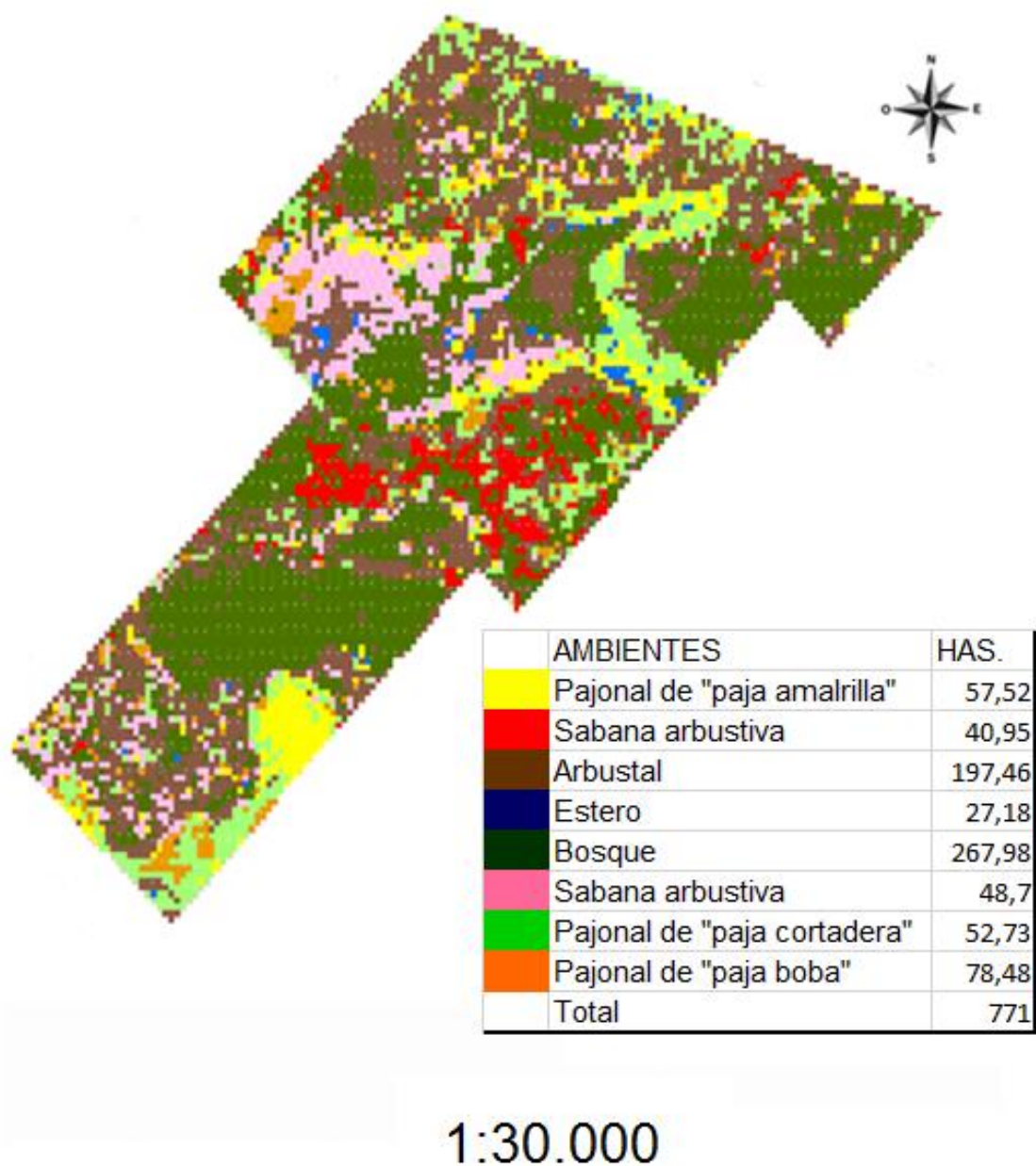


Fig. 9 Mapa de clasificación de ambientes del campo incluyendo las estimaciones de la superficie que ocupa cada uno de estos.



Protocolo de trabajo





Tiempo demandado por el trabajo

Tiempo Tareas	2015	2016											
	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Obtención de datos de campo													
Selección y obtención de imagen satelital													
Cartografía													
Clasificación supervisada													

Comentarios finales

Cabe aclarar que las tareas realizadas en gabinete como ser la cartografía, selección de imagen satelital y clasificación supervisada fueron realizadas por el asesor con atenta mirada e interpretación de mi parte, intercambiando ideas entre ambos para la comprensión y ejecución de dichas tareas.

Este trabajo permitió obtener la distribución espacial de los ambientes de un campo ganadero, lo cual servirá en un futuro, por ejemplo, para realizar una distribución organizada de potreros teniendo en cuenta posibles aguadas naturales (esteros, cañadas, etc.), área netamente forrajera y monte; entre otros usos. Es importante destacar la preponderancia que adquiere la evaluación de la exactitud que tiene la clasificación supervisada; esta es una herramienta que demanda mayor profundización en el manejo del software por lo que se decidió prescindir del mismo.

Como formación particular este trabajo me ha permitido profundizar los conocimientos en el ámbito de la Teledetección y los SIG, y así conocer la relevancia de estas temáticas ya que son herramientas que me servirán como futuro profesional para mejorar el manejo de los recursos naturales.



Bibliografía

- **Alfredo D'Agostini*. 1997.** Conferencia. 3ª Jornada Regional de Manejo de Pastizales Naturales. AER INTA San Cristóbal, Sta. Fe. *EEA INTA Colonia Benítez, Chaco.
- **Arbo, Maria M., T., S. G. 2002.** Flora del Iberá. EUDENE, Corrientes, Argentina. 616 pp.
- **Ariza, Alexander. 2013.** Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM (Landsat Data Continuity Mission). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 43 pp.
- **Carnevali, Romeo. 1994.** Fitogeografía de la provincia de Corrientes. Editora Litocolor S.R.L., Cap. Figari 1115, Asunción, Paraguay. 324 pp.
- **Chuvieco, Emilio. 1990.** Fundamentos de la Teledetección. Ediciones Rialp S.A., Alcalá 290, Madrid, España. 415 pp.
- **Di Bella, C., M. Fischer y N. A. Mari. 2008.** Teledetección satelital y fuego en áreas naturales. Ciencia Hoy 18: 7-13.
- **Erdas®, Inc. and Universidad Distrital, 2001.** Tour Guide, versión en español. Bogotá, Colombia.
- **Garmin Ltd. 2011.** Manual del usuario eTrex. Garmin Corporation. Xizhi Dist, New Taipei, 221, Taiwan, China. 57 pp.
- **Raisz, Erwin. 2005.** Cartografía. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España. 436 pp.
- <https://earthexplorer.usgs.gov/> [18 de Julio de 2016]
- <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/> [15 de Julio de 2017]