



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Facultad de Ciencias Agrarias



Trabajo Final de Graduación

Modalidad PASANTÍA

Título: “Estimación de Producción Primaria Neta Aérea del establecimiento “Don Panos” a partir de Índice de Vegetación Normalizada”

Pasante: **Garcia**, Roxana Evelyn.

Asesor: Ing. Agr. **Maidana**, Carlos Emilio.

Tribunal evaluador: Ing. Agr. **Bóbeda**, Griselda

Ing. Agr. **Garay**, Jorge M.

Ing. Agr. (Mgter) **Shindoi**, Mauro M.

.

Año: 2020

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS GENERALES.....	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
LUGAR DE TRABAJO.....	7
CARACTERÍSTICAS DE GOOGLE EARTH ENGINE	9
ACTIVIDADES DESARROLLADAS	10
❖ Digitalización de mapas.....	10
❖ Clasificación ambiental	12
❖ Estimación de Productividad Primaria Neta Aérea	17
CONSIDERACIONES FINALES	21
BIBLIOGRAFÍA	23
Paginas Consultadas:	24

INTRODUCCIÓN

La teledetección o percepción remota se define como el proceso de adquisición de datos y/o información acerca de algunas propiedades de un objeto, superficie o material por medio de un instrumento alejado de la superficie u objeto de interés (Paruelo *et al.* 2014). La misma no engloba solamente los procesos que permiten obtener una imagen, sino también su posterior tratamiento e interpretación en el contexto de una determinada aplicación. (Chuvieco *et al.* 1998).

Los sensores exploran la superficie terrestre captando la radiación electromagnética reflejada. Cada pixel que conforma la imagen, viene definido por un número entero, denominado Nivel Digita (ND). El cual, es proporcional a la energía reflejada y se puede traducir a una intensidad visual, o si se prefiere a un nivel de gris mediante un convertidor digital-analógico (ej. un monitor) (Chuvieco *et al.* 1998). La teledetección cuenta con tres elementos principales: sensores, objeto y fuente de energía. Los sensores pueden ser pasivos, aquellos que se limitan a recoger la energía generalmente proveniente del sol (ópticos) o activos capaces de emitir y recoger su propio flujo de energía (RADAR, LIDAR). El objeto se encuentra representado por la cubierta terrestre.

Las ondas electromagnéticas que tienen un comportamiento similar (con respecto a longitud y frecuencia) se las pueden organizar en bandas, cuyo conjunto se conocen como espectro electromagnético. Las bandas más utilizadas en teledetección son: espectro visible (rojo, verde y azul) (0,4 a 0,7 μm), infrarrojo cercano (0,7 a 1,3 μm), infrarrojo medio (1,3 a 8 μm) e infrarrojo lejano o térmico (8 a 14 μm). Cada elemento de la superficie terrestre, refleja o transmite de una manera particular cada banda (firma espectral). Es así que la vegetación presenta un comportamiento característico, reflejando la luz en la parte del infrarrojo cercano (NIR) del espectro y absorbiendo del espectro visible la porción roja (Chuvieco *et al.* 1998).

Con este tipo de información se construye los diferentes Índices, uno de los más utilizados, el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI por sus siglas en inglés). Este crea un valor único que refleja aproximadamente la actividad fotosintética que ocurre en un píxel. El mismo, guarda una relación estrecha y positiva con la fracción de Radiación Fotosintéticamente Activa Absorbida (fRFAA) por la vegetación verde, pudiendo ser aplicado en estudios de productividad (Baeza *et al.* 2011).

La productividad primaria neta aérea (PPNA) es la tasa de generación de alimento para el ganado y se vincula con la receptividad o capacidad de carga de los sistemas pastoriles (Oesterheld *et al.* 1999). Esta, se da como respuestas a las variaciones estacionales, producto de la distribución de las precipitaciones y los valores medios de las temperaturas de las diferentes zonas, generando así una estacionalidad en la disponibilidad de pasturas naturales (Martín *et al.* 2011). La estimación de la misma, constituye una herramienta que se utiliza en el diagnóstico de los potreros, ya que la escasez o exceso de forraje permite a los establecimientos ganaderos tomar acciones para un futuro.

De acuerdo al modelo originalmente planteado por Monteith (1972) el seguimiento de la productividad primaria neta aérea (PPNA) del recurso forrajero se lo puede basar en componentes ecofisiológico. Monteith establece que la PPNA, está determinada por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAA) y la eficiencia con que esa energía es transformada en materia seca aérea (EUR) (Oyarzabal *et al.* 2011). La RFAA, pude ser estimada a partir del NDVI obtenido mediante la utilización de sensores remotos.

Existen softwares de escritorios libres y código abierto en los que se pueden analizar las imágenes provenientes de los sensores. Por medio de estos se puede visualizar, administrar, editar, analizar datos y componer mapas imprimibles. A diferencia de los softwares de escritorio, Google Earth Engine (GEE) es una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) de código abierto online que trabaja en “la nube”. Cuenta con un repositorio de imágenes satelitales y las pone a disposición para la extracción y procesamiento de datos vectoriales y raster a distintas escalas. Los archivos de datos incluyen imágenes históricas de la tierra que se remontan a más de cuarenta años, contando además con recopilación de imágenes en forma diaria.

Hacia junio de 2019 Argentina contaba con un total de 53,9 millones de cabezas, siendo considerado el tercer país con mayor stock bovino del mundo (Ministerio Nacional de Agroindustria, 2019) . Esta actividad se encuentra presente en toda la extensión de nuestro país, la generación de empleo a nivel regional, generación de divisas producto de las exportaciones pone de manifiesto la importancia de contar con una ganadería sostenible, modernizada y tecnificada. Para llegar a obtener este tipo de producción es necesario contar con información de calidad y actual. La teledetección brinda información a un costo relativamente bajo y precisa pudiendo así, analizar los componentes que interactúan

en el potrero. Esta actividad fue dando pasos firmes hacia una modernización, es por ello que considero que la utilización de teledetección con el fin de estimar productividad primaria en los campos ganaderos del establecimiento Don Panos, le permitirá continuar este camino hacia una producción sostenible, moderna y tecnificada.

OBJETIVOS GENERALES

Obtener conocimientos básicos de la utilización de la plataforma Google Earth Engine para el cálculo de índices espectrales y la estimación de Productividad Primaria Neta Aérea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir conocimientos de SIG y teledetección mediante el análisis de imágenes satelitales de distintos equipos plataforma-Satélite.
- Aprender a utilizar el programa Quantum Gis para georreferenciar los distintos potreros a evaluar del campo Don Panos.
- Obtener conocimientos básicos de lenguaje de programación java script para la utilización de la plataforma Google Earth Engine.
- Lograr calcular y extraer datos de Índice de vegetación normalizada con la plataforma Google Earth Engine.
- Aprender a utilizar datos de índice de vegetación normalizada (NDVI), para estimar la productividad primaria neta aérea de las unidades productivas del potrero rotativo de la sección Don Panos, a partir de modelos construidos para distintos recursos forrajeros.

LUGAR DE TRABAJO

La pasantía se llevó a cabo en los establecimientos agropecuarios de la firma UNITEC BIO S.A., localizado sobre Ruta Provincial N° 3 Km 104, en el departamento de Gral. San Martín (Chaco). La misma, cuenta con una superficie total de 44.253 ha, dividida en dos Establecimientos “Don Panos” (16.922 ha) y “La Surpina” (27.331 ha). De la superficie total, 2.278 ha son destinadas a reserva natural, 13.572 ha son ocupadas por monte nativo (bajo pastoreo), unas 13.861 ha son de abras, raleras y bajos, 10.621 ha de lotes bajo agricultura (tercerizada) antes bajo riego (pivot central y avance frontal), 3.065 ha correspondientes a lotes agrícolas sin riego usadas para ganadería y 856 ha restantes pertenecen al área de casco y oficinas (desmotadora, casas, caminos, ríos).

La actividad ganadera es realizada desde el año 2005 hasta la actualidad en el campo “Don Panos”. El mismo, cuenta con 12.000 ha destinadas a la producción, las restantes, corresponden al casco de cada sección (casas, veterinaria, corral de montados, caminos, ríos). Está dividido en siete secciones: Cabaña Don Panos, Celia, Tolosa, Santa María, Franchino, El Palmar, La Tapie (Figura 1). Cada sección cuenta con una superficie variable y un tipo de producción específica. La Cabaña Don Panos, se especializa en la producción de reproductores machos y hembras de la raza Brangus principalmente. Se cuenta también con ejemplares de la raza Braford y Bonsmara. La sección Franchino, se caracteriza está cubierta en su mayoría, por consociaciones de varias especies de pasturas subtropicales (*Brachiaria brizantha* cv Toledo, Piata, Marandú, Mulato II, *Panicum maximum* cv Mombasa y *Grama rodhes*). En esta se concentra la recría de hembras y macho, toros cuando no están en servicio y los animales de descarte. Las secciones restantes, se destinan a la cría para luego seleccionar las hembras que se destinarán a futuras madres y algunos futuros reproductores.

La vegetación dominante en la zona es el **Monte Fuerte** o **Quebrachal** predominando el quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), en menor cantidad el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*), se les suman el algarrobo negro (*Prosopis nigra*), el algarrobo blanco (*Prosopis alba*), entre otras. Se trata, en general, de un bosque semixerófilo con árboles que se encuentra en las posiciones altas e intermedias del terreno (Ginzburg *et al.* 2005).

En los **pastizales** de campos altos crecen numerosas especies herbáceas, entre las que predominan gramíneas como la paja colorada (*Andropogon lateralis*), la cola de zorro (*Schizachyrium spicatum*) y el espartillo dulce (*Elionurus muticus*). Mientras que en campos más bajos se encuentran los ambientes acuáticos representados por los **esteros**, **las cañadas** y **las lagunas**. En dichos lugares, se encuentran la paja amarilla (*Sorghastrum setosum*), la paja boba (*Paspalum intermedium*), la paja de techar (*Panicum prionitis*), el pirí (*Cyperus giganteus*), el junco (*Schoenoplectus californicus*), entre otros (Ginzburg *et al.* 2005).

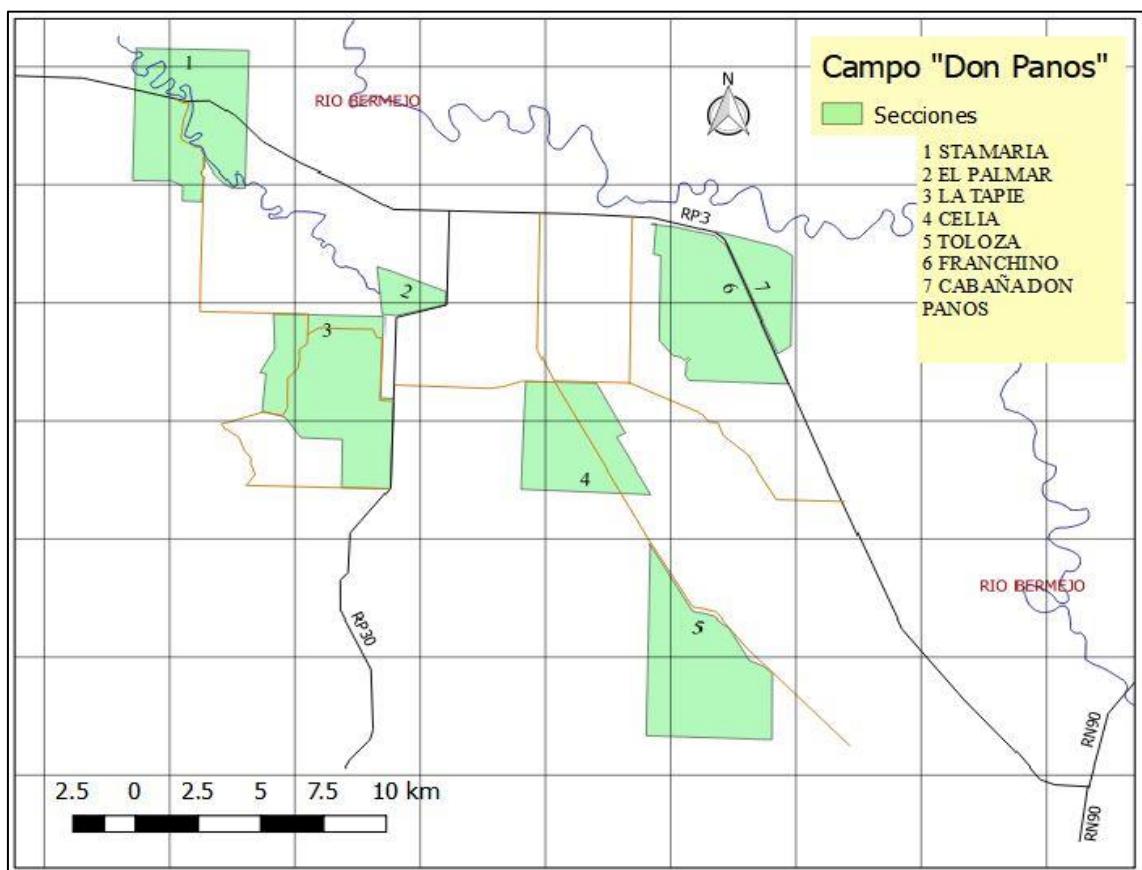


Figura 1: Imagen correspondiente al campo “Don Panos”, con sus respectivas secciones demarcado con polígonos color verde. Construido a partir del software QGIS

CARACTERÍSTICAS DE GOOGLE EARTH ENGINE

Los elementos que la componen son: un panel central, y dos laterales. En el central, se ve el editor de código, el cual trabaja con lenguaje JavaScript. Por encima de él se puede observar una barra de herramientas, con opciones para guardar el script actual (**Save**), ejecutarlo (**Run**) o borrar el mapa (**Reset**), un buscador de datos, en el cual se encuentra información sobre distintas colecciones de imágenes.

El panel izquierdo tiene tres pestañas: la primera, **Scripts**, donde podemos acceder a códigos propios y compartidos con nosotros. La segunda, **Docs**, están los documentos de la API y funciona como un manual de usuario. La tercera pestaña, **Assets** (administrador de archivos), se usa para cargar y administrar datos propios (raster, Shapefile o archivos en formato de texto).

En el panel derecho observamos tres pestañas también, **Inspector**, **Console**, **Tasks**. La pestaña **Inspector**, admite consultas de manera interactivamente en el mapa; **Console**, se utiliza en la pre visualización de variables, resultados parciales, entre otros; y **Tasks**, se utiliza para exportar archivos, el usuario elige resolución, tamaño de las imágenes, formato lugar de almacenamiento de las mismas.



Figura 2: Imagen de la plataforma online de Google Earth Engine. Donde se observa las partes constituyentes de la misma.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS

❖ Digitalización de mapas

A partir de Google Earth Pro (GEPro) y Quantum Gis (QGIS) se elaboró el plano de la Sección “Cabaña Don Panos”. La misma, fue realizada a partir de interpretación visual de imágenes de alta resolución de GEPro y con la ayuda de un antiguo plano del campo. A partir de esto, se demarcaron los límites perimetrales de cada uno de los potreros, obteniéndose polígonos georreferenciados. Luego, estos fueron unidos en QGIS con el fin de obtener un único archivo en formato shp.

A partir del plano se observa la composición de la sección “Cabaña Don Panos”, la misma cuenta con un total de 30 potreros, considerando las unidades del potrero rotativo (Figura 3). Los potreros que no pertenecen al rotativo, presentan un tamaño promedio de 23,9 has y una alta variabilidad. Se pueden observar potreros con 138 has (potrero 1) como así también en rangos de 40 has a 60 has, y otros con menos de 25 has (Tabla 1).

Tabla 1: Potreros de la sección Cabaña Don Panos, con sus correspondientes superficies.

Número de potreros	Superficie ocupada (Has)
1	138
2	61
3	51,9
4	23
5	37
6	47,6
7	41,6
8	39
9	40
10	60
11	15
12	6
13	6
21	6
28	6,9
29	32
30	4

Por otro lado, el potrero rotativo está constituido por 13 unidades, las cuales abarcan un total de 83 has. Las mismas, fueron divididas de forma tal que presente una superficie similar. En promedio, su superficie fue de 6.3 ha, con máximos 8ha y mínimos de 5.7ha (Tabla 2). Este potrero se utilizó para estimar la productividad primaria neta aérea durante esta pasantía.

Tabla 2: Unidades pertenecientes al potrero rotativo con las superficies correspondientes a cada uno.

Número de potreros	Superficie ocupada (Has)
14	7,5
15	7
16	6,5
17	6,2
18	6
19	8
21	6
22	6
23	6,5
24	6,3
25	5,7
26	5,6
27	5,7

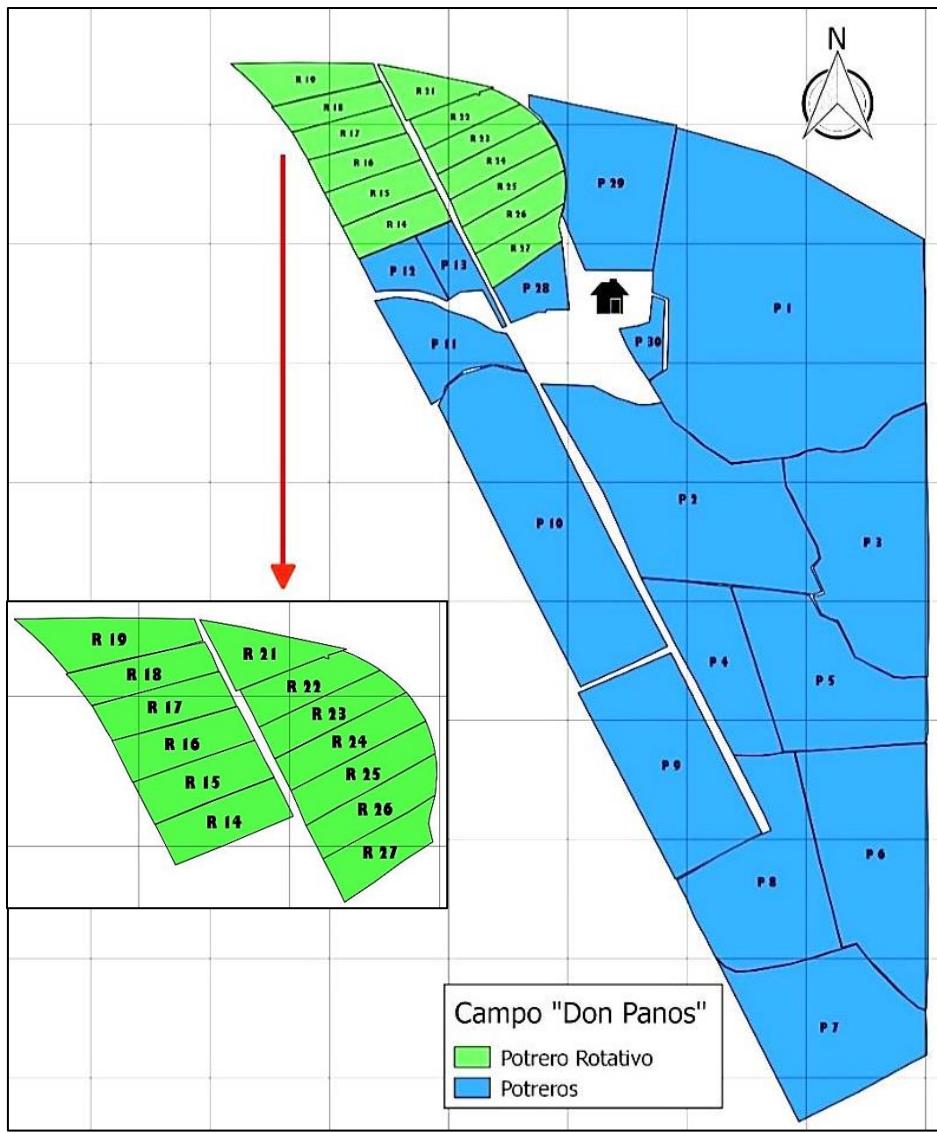


Figura 3: Sección Cabaña Don Panos con sus respectivos potreros. Elaborado con QGIS.

❖ Clasificación ambiental

Con el objetivo de identificar los sectores ocupados por pastizales, la clase que nos interesaba estimar su productividad, se decidió actualizar una clasificación ambiental que la empresa había realizado. Esto se debía a que en la misma no se reflejaba el aumento de los renovales y los cambios de uso del suelo que sufrió el campo en los años posteriores a su elaboración. Para llevar a cabo esta tarea, se realizó una clasificación supervisada. Este tipo de clasificación requiere un amplio conocimiento del terreno y puntos georreferenciados con la cobertura verdadera que presentan, ya que las clases deben ser

definidas a priori. Para ellos, se realizó un recorrido de todos los sectores de la sección, utilizando como primer guía el plano antiguo de la empresa.

Se identificaron 3 clases dominantes: **monte**, **pastizal** y **renoval**. En la clase monte (Figura 4), se observa dos estratos, el más alto, representado por ejemplares de *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis balansae*, *Prosopis spp*, y el más bajo se observa *Celtis Tala* y *Gleditsia amorphoides*, entre otros. En la clase pastizal (Figura 5) se encuentran ejemplares de *Andropogon lateralis*, *Elionurus muticus*, *Sorghastrum setosum* y distintas especies del género *Paspalum sp*, que son acompañadas de abundante ciperáceas en las regiones más inundables. En la clase renoval (Figura 6), se caracteriza por ser regiones de pastizales colonizados por malezas leñosas, dentro de este grupo, se encontró fueron *Acacia Caven*, *Acacia Aroma* y *Baccharis latifolia*.

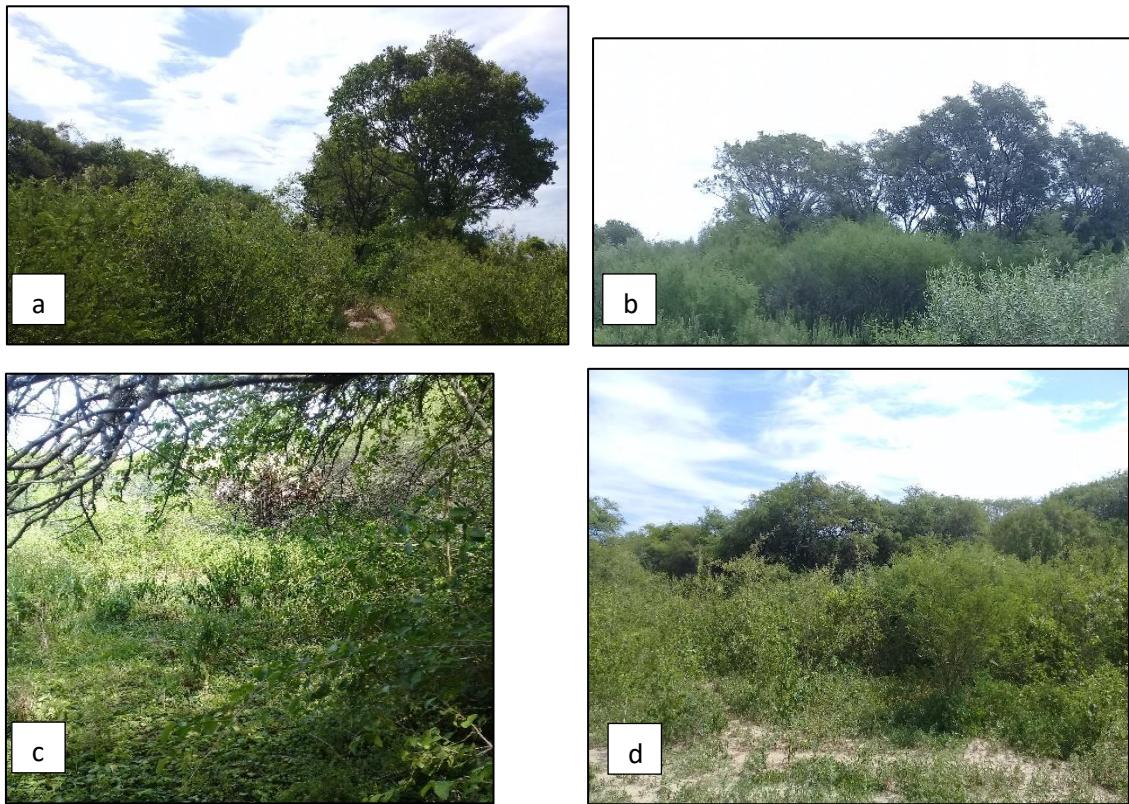


Figura 4: La clase monte se puede dividir en tres estratos, el estrato alto se observa en las fotos “a” y “b” con ejemplares de *Aspidosperma*. El estrato medio se observa en la foto “c” la cual está representado por *Celtis Tala*, *Acacia Aroma*. En la foto “d” se aprecia como son las entradas a los montes de la zona.

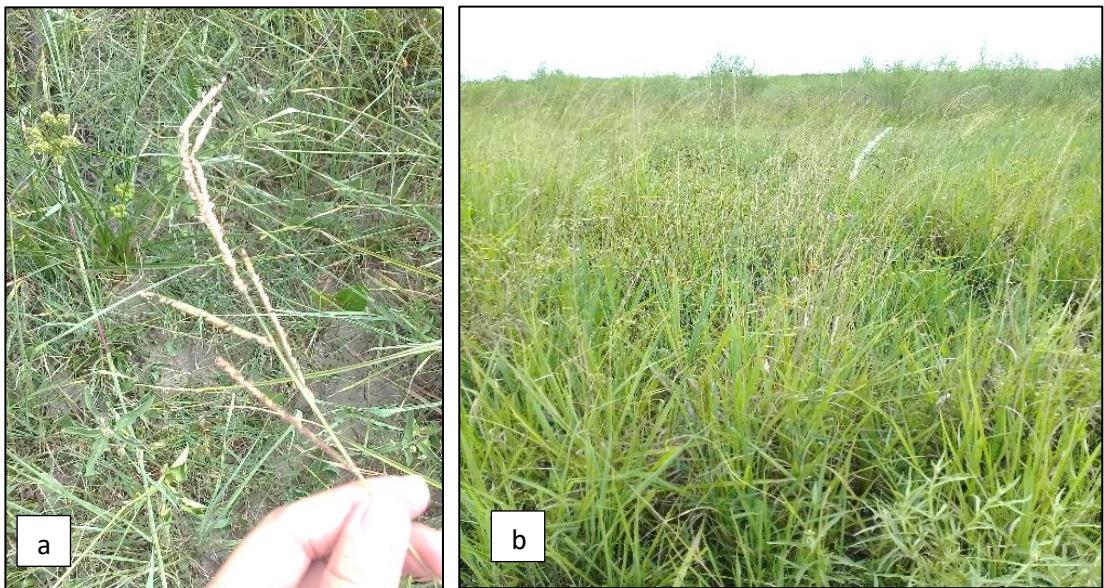


Figura 5: Ejemplares de la clase pastizal, el cual se observan especies presente en la zona, que son aprovechados por el ganado. En la foto “a” se observa ejemplares de paspalum, ciperáceas y en la foto “b” ejemplares en estado juvenil de paja.



*Figura 6: Ejemplares que corresponden a la clase renoval, considerados como malezas leñosas. En la foto “a” se pueden ver ejemplares de *Acacia Aroma* y en la foto “b” se puede ver más clara el ejemplar conocido como *Baccharis*.*

Una vez definida las clases, se comenzó con el desarrollo del Código en la plataforma de GEE. Primero, se definió el área de estudio, importando planos de la sección realizados anteriormente. Luego, se trabajó con el producto “Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A”. En esta colección, las imágenes ya están corregidas radiométricamente, geográficamente y atmosféricamente. Por lo tanto, cada banda genera datos de reflectancia a nivel de superficie. Cada imagen, se caracteriza por presentar 13 bandas espectrales y una resolución espacial de 10m². Las bandas, van desde visible (VNIR) e infrarrojo cercano (NIR) hasta onda corta infrarrojo-rojo (SWIR).

Se realizaron filtros espaciales, temporales y espectrales (Di Bella *et al.* 2013). El filtro espacial, se basa en seleccionar solo los píxeles que se encuentran dentro de los límites de la sección “Don Panos”. El filtro temporal, se basa en acotar la información a un periodo de tiempo determinado, en este caso se utilizaron imágenes correspondientes al periodo 2018-2019; y dentro de este, fueron descartadas todas las imágenes que tenían más de un 5% de coberturas de nubes. El filtro espectral se realizó con las bandas 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11 y 12 ya que ellas interactúan con la vegetación. El uso de todas ellas es posible por la alta capacidad de procesamiento que tiene GEE. Es interesante destacar, que cuanta más información tenga el algoritmo para entrenamiento mejor es la clasificación.

Luego, se hizo una transformación espectral de tipo puntual, porque la misma permite evaluar individualmente el valor de cada píxel y combinarlos mediante una función matemática o lógica, para de esta manera reducir una colección de imágenes a una sola imagen. (Di Bella *et, al* 2013). La expresión utilizada fue la mediana porque de esta manera la imagen resultante sea representativa de la región, como resultado se obtuvo una imagen de 10 bandas. En la cual, el valor de cada pixel se correspondía con la mediana de la reflectancia para cada una de las bandas, en el periodo de tiempo evaluado.

Se marcaron distintos puntos a partir de la herramienta *geometry* presente en la plataforma sobre el plano antes construido. Cada punto, se correspondía con las clases establecidas previamente durante la recorrida de los potreros. Luego, se identificaron, mediante interpretación visual de la imagen creada anteriormente (composición color real R:4, G:2, V:3 y falso color compuesto R: 11, G:8A V:4(ver Figura 7)) y se le asignaron a cada punto la clase. La plataforma GEE cuenta con distintos algoritmos de Machine Learning (aprendizaje automático) de clasificación como lo son CART (Classification and

Regression Trees, (Breiman *et al* 1984)), Random Forest, entre otros. Para esta pasantía, se utilizó CART, con el cual se entrena al clasificador con información espectral de las clases marcadas anteriormente (*geometry*). CART toma la información espectral y realiza el análisis de los pixeles, para a partir de ella establecer como está compuesta la cobertura de la sección.

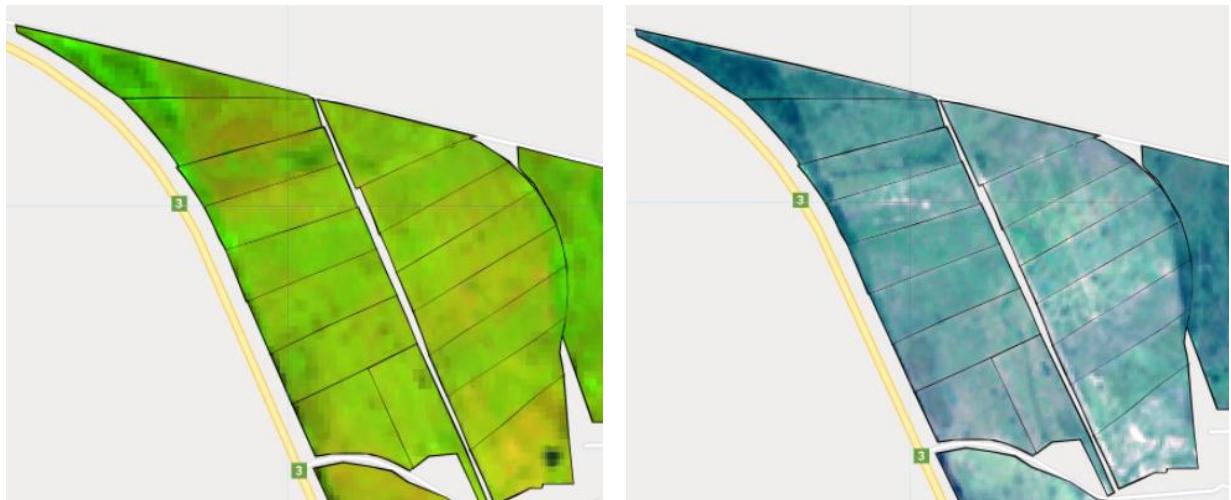


Figura 7. Recortes del visualizador de GEE, izquierda: composición Falso color (R:11 G: 8A V:4. Derecha: composición color verdadero (R:4 G:3 V:2).

En la figura 8, se observa cómo están distribuidas las clases en el periodo 2018-2019 en la sección estudiada. La clase **monte** ocupa una superficie de 76 ha, encontrándose en el potrero 3 en su totalidad mientras que en los potreros 1, 2, 5, 7 y 8 solo está en forma parcial. De igual manera, se observa presencia de monte en los límites de los potreros 9 y 10. La clase **renoval**, se encuentra presente en la mayoría de los potreros, ocupando una superficie aproximada de 301 ha. El potrero 10 es el más afectado por esta clase, como así también el potrero 2. De manera parcial se lo observa en los potreros 1, 8 y 9. La clase **pastizal** se encuentra distribuida por toda la sección, representa una superficie de 338 ha. En mayor proporción se lo observa en el potrero rotativo y 11 ocupando toda la superficie de ellos. Mientras que en otros potreros como lo son 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, y 29 se puede ver como esta clase está presente, pero en menor medida.

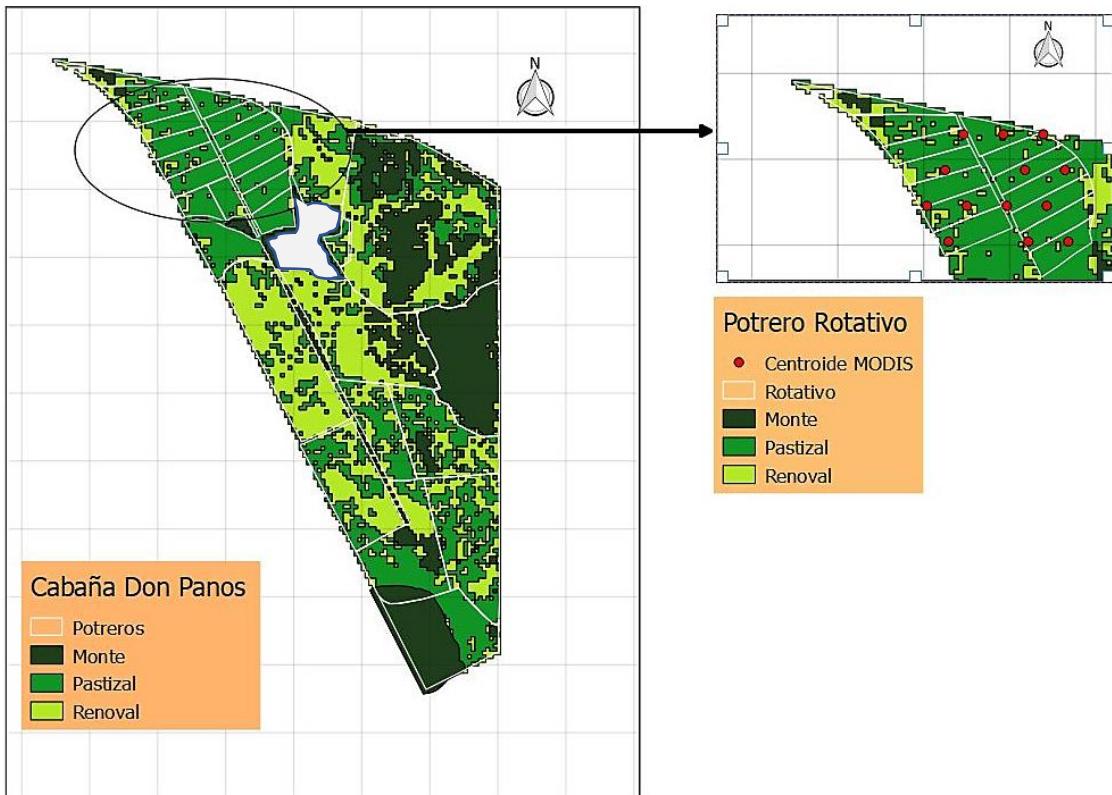


Figura 8: A la izq. Clasificación ambiental sección Cabaña Don Panos, realizada a partir de Qgis.

A la derecha potrero rotativo, con su respectiva división y Centroides pixel MODIS.

❖ Estimación de Productividad Primaria Neta Aérea

Para estimar la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA) de la clase **pastizal**, como se mencionó anteriormente se tomó al potrero rotativo como elemento de estudio. Empleando la plataforma GEE, el mapa de la clasificación y el producto de MODIS (“*MOD13Q1.006 Terra Vegetation Index 16-Day Global 250m*”), ya que proporciona valores de índices de vegetación (NDVI, EVI, SAVI) por píxel. Se utilizó la capa del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Dicha colección, proporciona productos cada 16 días. Estos productos son formados por los valores de reflectancia más altos observados en dicho periodo.

La estimación de la productividad primaria aérea de un recurso forrajero se basa en el modelo originalmente planteado por Monteith (1972). Este, establece que la productividad primaria neta aérea (PPNA) (ecuación 1), está determinada por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa absorbida (RFAA) y la eficiencia con que esa energía es transformada en materia seca aérea (EUR) (Paruelo *et al.* 2011).

$$PPNA \text{ (kg MS.mes}^{-1}.\text{ha}^{-1}) = RFAA \text{ (MJ. mes}^{-1}.\text{ha}^{-1}) . EUR \text{ (kg MS. MJ}^{-1}) \quad Ecuación 1$$

La RFAA es el producto entre la radiación fotosintéticamente activa incidente (RFA) y la fracción de ésta que es absorbida por las hojas verdes (fRFA) (Paruelo *et al.* 2011). La (fRFAA) fue estimada como una función no lineal del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) (Grigera *et al.* 2007). En el modelo empírico propuesto por Grigera *et al.* (2007), se asignaron absorción nula (fRFAA=0) a valores de NDVI medidos en áreas sin cobertura (suelo arado o rastrojo de cosecha) y absorción máxima (fRFAA=0.95) a valores de NDVI de áreas con alta cobertura (pasturas con índice de área foliar mayor a 3). Generando así la ecuación que determina el valor de fRFAA a partir de NDVI:

$$fRFAA = \min \left[\frac{SR}{(SR_{max}-SR_{min})} - \frac{SR}{(SR_{max}-SR_{min})}; 0,95 \right] \quad Ecuación 2$$

Donde SR = $(1 + NDVI) / (1 - NDVI) = qred / qnir$

Y SRmax = 11,62; SRmin = 1,55.

Los datos de radiación solar incidente ($MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$), son utilizados para calcular la RFA. Dicho dato, fue obtenida de “*Data Access Viewer*” una plataforma de la Agencia espacial Norte Americana (NASA). La misma, cuenta con un registro diario de radiación, solo se debe ubicar el área en estudio, periodo de tiempo, establecer los parámetros de búsqueda y el formato de salida de los datos.

La radiación máxima promedio fue de $25,60\ MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$ y la mínima promedio fue de $9,64\ MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$ (Figura 9). Durante el año, esta presenta un periodo creciente de junio a diciembre, donde se produce el pico y luego decrece hasta el mes de mayo (Figura 9).

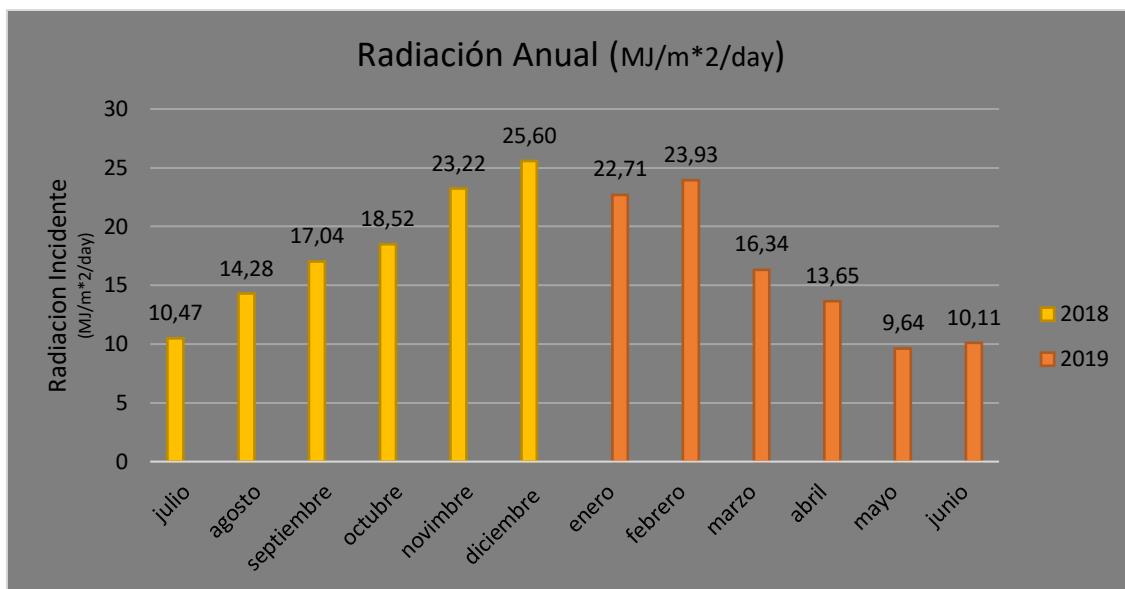


Fig. 9: Promedio de radiación anual incidente de la sección Don Panos, obtenida a partir de “Data Access Viewer” para el periodo 2018-2019.

La EUR representa la eficiencia de conversión de energía en biomasa, es una medida de la cantidad neta de carbohidratos sintetizados o tejidos generados por unidad de energía solar absorbida (Oyarzabal *et al.* 2011). Esta varía entre tipos de vegetación, años y estaciones. Para esta pasantía se aplicó el valor de EUR para vegetación C₄ (EUR = 0,5+(2,06/45)) según el meta análisis realizado por Druille *et al.* (2019).

Analizando el potrero rotativo durante el periodo 2018/2019, se estimó una producción total de 4821,725 kg/ha/año. Los meses más productivos fueron diciembre (2018) y enero (2019) (Figura 10). Asimismo, se puede observar el marcado bache invernal típico de los pastizales dominados por especies C₄. En julio y agosto del año 2018 se observó las menores tasas de producción (225,46 kg/ha/mes). A medida que pasaron los meses se registra un aumento de la producción, hasta alcanzar las tasas máximas en los meses de diciembre-enero (1143,81 kg/ha/mes). Los pastizales de esta zona presentan una alta variabilidad interanual, la cual debe ser tenida en cuenta a la hora del manejo del pastoreo, buscando estrategias para subsanar el bache invernal.

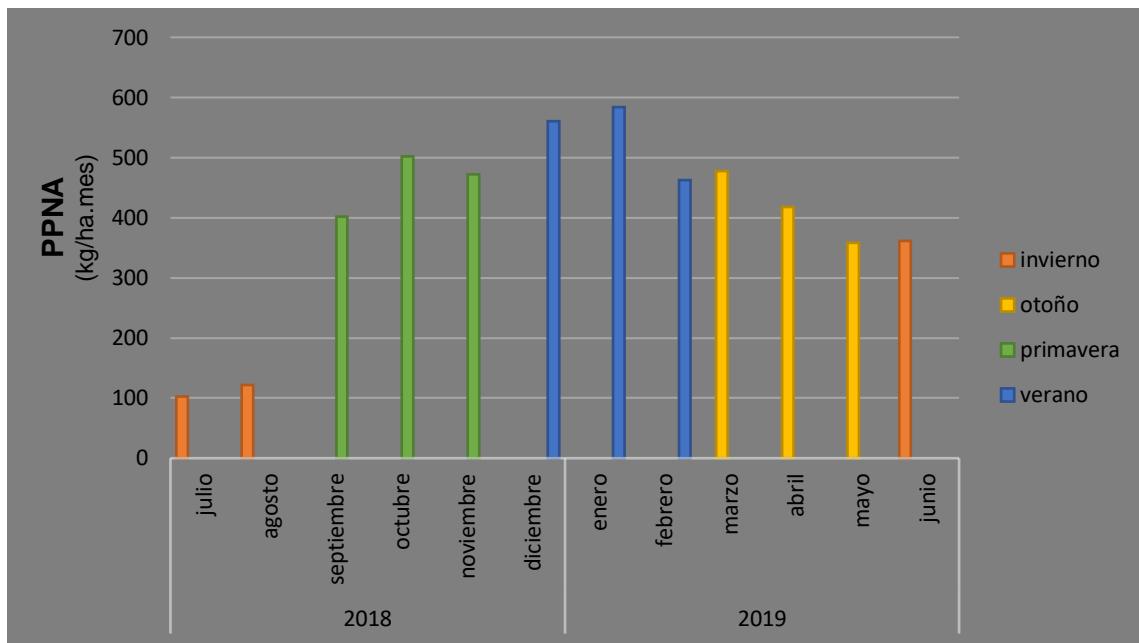


Fig. 10: Distribución de la PPNA para el año 2018-2019 del potrero Rotativo de la sección “Cabaña Don Panos”.

En el invierno del 2018 el rotativo presentó una producción total de 586,725 kg/ha/mes (Figura 11). Luego, durante la primavera, hubo un marcado aumento de la productividad alcanzando valores de 1375,227 kg/ha/mes. En el periodo del verano 2019 se observa la mayor producción, registrándose un total de 1606,402 kg/ha/mes. En el otoño del mismo año se pudo identificar una disminución de producción, arrojando un total de 1253.370 kg/ha/mes. Esta información de productividad permite establecer la carga animal adecuada, y la planificación para manejar excesos y déficits del recurso forrajero.

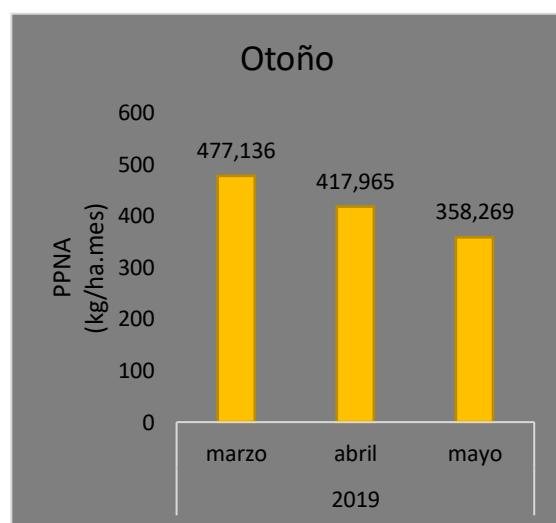
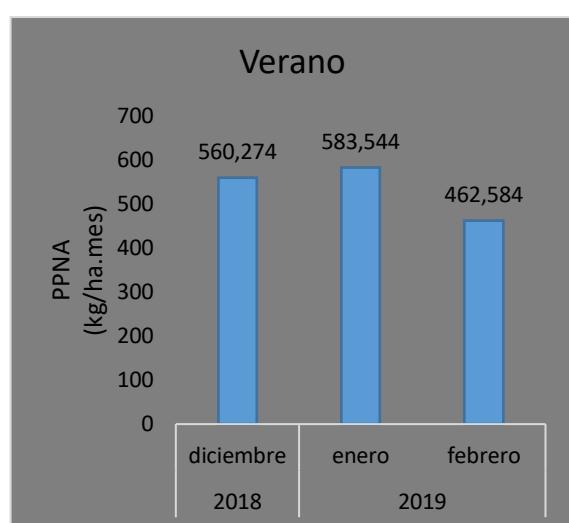
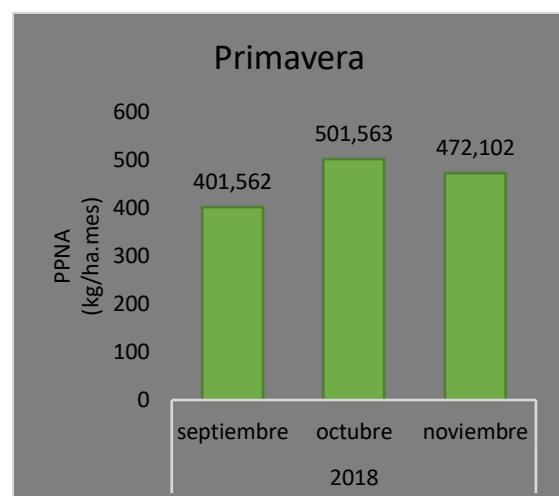
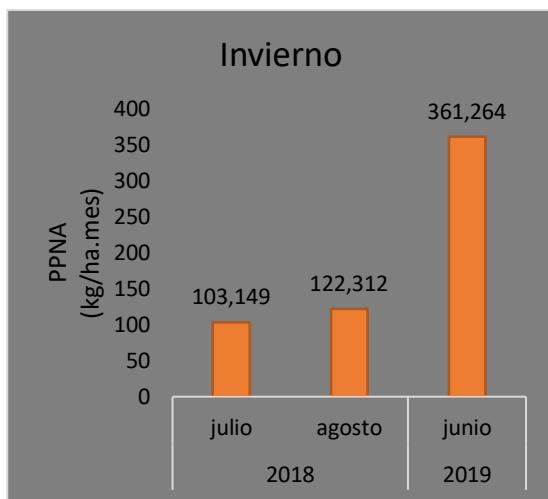


Fig. 11: Productividad primaria neta aérea por estación en Kg/ha para el periodo productivo 2018-2019.
A: Invierno 2018. B: Primavera 2018. C: Verano 2018-2019.D: Otoño 2019

CONSIDERACIONES FINALES

Durante esta pasantía he logrado poner en práctica la aplicación de nuevas tecnologías en la producción pecuaria. A partir de ella, pude tomar conciencia de gran demanda la información de calidad y actualizada para poder conocer de manera más detallada la situación de un establecimiento ganadero. De igual manera pude aprender la importancia de tener información de los recursos forrajeros, como ser: su distribución a lo largo del año, el periodo de mayor producción, las especies presentes en los potreros, lo que permite no ir en detrimento de los recursos naturales al momento de producir conservando su propiedades y servicios ecosistémicos. A su vez al cumplir con los objetivos planteados en esta pasantía, he logrado adquirir conocimientos y práctica en la obtención de imágenes satelitales, su procesamiento, sus análisis, y posterior interpretación. Dichos conocimientos, me han dado una gran herramienta para mi futuro desempeño como profesional. El cual, me servirá para contar con mayor información a la hora de tomar decisiones. Finalmente, durante el transcurso de esta pasantía, me he incorporado al plantel de profesionales de la empresa donde pude aprender la importancia del trabajo en equipo e incorporar rutinas de trabajos, las cuales sirvieron para lograr estas metas y afrontar futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- Baeza S, Paruelo J, Ayala W. 2011. Eficiencia en el uso de la radiación y productividad primaria en recursos forrajeros del este de Uruguay. Agrociencia Uruguay - Volumen 15, p. 48-59.
- Chuvieco, E. 1998. Fundamentos de teledetección espacial. 2da Edición Ediciones Rialp S.A. – Madrid. España.
- Di Bella, CM y Alfredo Campos (2013). Capítulo 6: Procesamiento digital de imágenes. Percepción remota y sistemas de información geográfica. Sus aplicaciones en Agronomía y Ciencias Ambientales. Editorial: Hemisferio Sur, p. 135-159.
- Druille, M., Oyarzabal, M., & Oesterheld, M. (2019). Radiation Use Efficiency of Forage Resources: A Meta-Analysis. *Agronomy Journal*, 111(4), p. 1770-1778.
- Ginzburg, R., & Adámoli, J. (2005). Ecorregion chaco húmedo: situación ambiental en el Chaco Húmedo. *La situación ambiental Argentina*, 2005, p. 103-129.
- Grigori, G.; Oesterheld, M.; Pacin F. 2007. Monitoring forage production for farmers' decision making. *Agricultural Systems*. Doi:10.1016/j.agsy.2007.01.001. Elsevier, Amsterdam.
- Martín, B., Galleano, V., Spiller, L.C., Vilche, M.S. y Montico, S. 2011. Evaluación de la productividad primaria de un pastizal templado en Santa Fe, Argentina. *Archivos de zootecnia* vol. 60, núm. 232, p. 966.
- Monteith, J. L. (1972). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of applied ecology*, 9(3), p. 747-766.

- Paruelo, J. M.; Di Bella, C.; Milkovic M. 2006. Percepción remota y sistemas de información geográfica: sus aplicaciones en agronomía y ciencias ambientales. Buenos Aires: Hemisferio Sur.

- Oesterheld, M.; Di Bella, C. M.; Kerdiles, H. 1998. Relation between NOAAAVHRR satellite data and stocking rate in grasslands. Ecological Applications 8, p. 206-212.

- Oesterheld M., Loreti J., Semmartin M. And J.M. Paruelo 1999. Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. p. 287-306. In L. Walker (ed.). Ecosystems of disturbed ground. Elsevier, Amsterdam.

- Oyarzabal, M; Oesterheld, M; Grigera, G; 2011. Bases Ecológicas Y Tecnológicas Para El Manejo De Pastizales, p. 121 - 133. INIA Montevideo – Uruguay. ISBN: 978-9974-38-308-1.

- Paruelo, J.M.; Oyarzabal, M.; Oesterheld M.; 2011. Bases Ecológicas Y Tecnológicas Para El Manejo De Pastizales, p.135 - 161. INIA Montevideo – Uruguay. ISBN: 978-9974-38-308-1.

- Paruelo, J. M., Di Bella, C. M., & Milkovic, M. (2014). Percepción remota y sistemas de información geográfica. Sus aplicaciones en agronomía y ciencias ambientales, p. 290-297.

Paginas Consultadas:

- <https://www.argentina.gob.ar/noticias/agroindustria>
- https://developers.google.com/earth-engine/tutorial_api_06
- <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.