

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo final de grado
Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo
Modalidad: Proyecto

**"Análisis de la producción primaria medida y estimada por
sensores remotos en la Cuenca del arroyo Chucul"**

POLONI, GERMAN FEDERICO

DNI: 31334918

Director: Noemí Mónaco
Co-Director: Valeria Santa

Río Cuarto - Córdoba
Octubre de 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **Análisis de la producción primaria medida y estimada por
sensores remotos en la Cuenca del arroyo Chucul**

Autor: German Poloni
DNI: 31334918

Director: Noemi Monaco
Co-Director: Valeria Santa

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión
Evaluadora:

Ing Agr. Noemi Monaco _____

Ing Agr. Cesar Núñez _____

Ing Agr. Maria Jose Rosa _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco mucho a mi familia por darme su apoyo y estímulo incondicional en mi formación como persona y profesional.

También agradezco a mi esposa que estuvo siempre a mi lado, amigos y compañeros de la carrera que con la ayuda de ellos me hicieron llegar a esta instancia. También a la UNRC y los docentes de la cátedra de Ecología que me brindaron herramientas para mi formación profesional y a la Reserva laguna La Felipa por ceder el lugar en donde se realizó el muestreo.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|------|
| DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS | I |
| ÍNDICE GENERAL | II |
| ÍNDICE DE TABLAS | IV |
| ÍNDICE DE FIGURAS | V |
| RESUMEN | VI |
| SUMMARY | VII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| ANTECEDENTES | 3 |
| HIPÓTESIS | 5 |
| OBJETIVOS | 5 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| Descripción del área de estudio. | 6 |
| Características del ambiente y de sus suelos. | 7 |
| Características geomorfológicas. | 7 |
| Diseño del muestreo. | 8 |
| Datos biológicos de superficie | 9 |
| Datos de satélite | 9 |
| Correcciones geométricas | 9 |
| Correcciones radiométricas | 9 |
| Generación de índices | 9 |

| | |
|-------------------------------|----|
| Análisis de resultados | 10 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 11 |
| CONCLUSIONES | 26 |
| BIBLIOGRAFÍA | 27 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------|--|-----------|
| TABLA N° 1. | Composición de las especies de la comunidad. P-E: Primavera-estival, OI: otoño-invernal. | 13 |
| TABLA N° 2. | Variación de los valores estructurales de La Felipa. | 17 |
| TABLA N° 3. | Cobertura vegetal, suelo desnudo y mantillo en la comunidad del pastizal. | 19 |
| TABLA N° 4. | Biomasa de la vegetación presente en el pastizal. | 21 |
| TABLA N° 5. | Alturas de las especies en cada mes del muestreo. | 22 |
| TABLA N° 6. | Cálculos de la PPN durante el muestreo del pastizal | 24 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| FIGURA N° 1. | Mapa de localización geográfica del ensayo. | 6 |
| FIGURA N° 2. | Diferencia de precipitaciones a lo largo del año del muestreo. | 11 |
| FIGURA N° 3. | Diferencia de precipitaciones en las diferentes estaciones del año del muestreo. | 12 |
| FIGURA N° 4. | Variación de precipitaciones en el año de muestreo | 12 |
| FIGURA N° 5. | Variación de los valores estructurales de La Felipa. R: riqueza; P: predominio; E: equitatividad y H: diversidad. | 18 |
| FIGURA N° 6. | Distribución de la biomasa según compartimentos. | 20 |
| FIGURA N° 7. | Altura de las especies y promedio general de todas las especies. | 23 |
| FIGURA N° 8. | Valores de biomasa verde y NDVI en La Felipa. | 25 |

RESUMEN

Para estudiar la biomasa y su dinámica en pastizales naturales, se pueden encontrar diferentes métodos: cosecha directa, estimación visual, medida de la altura, volumen de las plantas, fotografías y el uso de las imágenes satelitales mediante sensores remotos. Estos últimos instalados comúnmente sobre plataformas espaciales permiten calcular una serie de índices, de los cuales el más utilizado es el NDVI (Índice de Vegetación Normalizado), que sirve para estimar la cantidad, calidad, y desarrollo de la vegetación y se calcula a través de la proporción del luz solar absorbida por el forraje para la fotosíntesis, la cual está muy relacionada con la producción de forraje. Consecuentemente con esta hipótesis se realizó un muestreo en un establecimiento rural de la localidad de Uchacha, desde marzo de 2012 hasta abril del 2013.

Se evaluó el comportamiento de las variables estructurales como cobertura, altura, fenología y los Índices de Diversidad, Riqueza, Equitatividad y Predominio del pastizal natural. Se observó un aumento de riqueza y diversidad en la primavera, presentando diferencia significativa con respecto a las demás estaciones. En otoño, invierno primavera y verano los resultados de la diversidad fueron de 0,71 0,64 0,89 y 0,76 respectivamente. En cuanto al predominio y la equitatividad no presentaron diferencia significativa para ninguna de las fechas de muestreo, para el predominio los valores fueron 0,24 0,28 0,18 y 0,21. La equitatividad fue 0,75 0,71 0,81 y 0,75. La biomasa correspondiente a primavera (189,6 g/m²) es el mayor de todos los muestreos coincidiendo con el de NDVI (0,079) correspondiente al ciclo anterior.

Palabras claves: pastizales naturales, producción primaria, sensores remotos y correlación.

SUMMARY

Studies applied to the knowledge of biomass and its dynamics in natural grassland can use different methods: direct harvest, visual estimation, height measure, the volume of plants, photographs and the use of satellite images captured through remote sensors. The remote sensors are commonly installed on space platforms which enable us to calculate some indexes, the NDVI is the most widely used. These indexes are used to estimate the quantity, quality and the vegetal development and they are calculated by the proportion of sunlight absorbed by the fodder for the photosynthesis, which is related to the fodder production. Considering this, a sampling was performed in the area of Ucacha town, from March 2012 to April 2013.

We have examined the behavior of structural variables such as the mulch, the height, the phenology and the Index of Diversity, Richness, Equity and Predominance of natural grassland. We observed an increase in the Diversity and Richness during the spring, presenting a remarkable difference compared to the other seasons. The results of the diversity were: autumn 0,71; winter 0,64; spring 0,89 and summer 0,76. In relation to the predominance and equity they did not show significant difference in any of the seasons. In the case of the predominance the results were 0,24 0,28 0,18 and 0,21 and the equity 0,75 0,71 0,81 and 0,75. The biomass in spring (189,6 g/m²) is higher in all the samplings which coincides with the NDVI (0,079) in the previous cycle.

Key Words: grassland, production primary, remote sensing and correlation.

INTRODUCCIÓN

Se denomina pastizal natural a cualquier área que produce forraje, ya sea éste en forma de gramíneas, arbustos, herbáceas o una mezcla de éstas (Huss, 1986). Según la Fitogeografía de Cabrera para la región sur de Córdoba, los pastizales naturales están compuestos por especies leñosas (árboles y arbustos) con gramíneas y otras especies herbáceas, (Cabrera, 1976). Dado que la mayor proporción de pastizales naturales y seminaturales se encuentran en manos privadas, la comunidad de productores tienen un papel importante en su conservación.

En la actualidad los pastizales naturales son reemplazados por agricultura, la cual posee ventajas competitivas, desde el punto de vista económico con respecto a las producciones animales; a pesar de esto los sistemas ganaderos de cría, permanecen, en el esquema productivo y están sustentados fundamentalmente por los mismos, que constituyen la base forrajera principal para la alimentación del ganado (Pueyo *et al.*, 2003). Conocer los cambios estacionales de la composición florística del pastizal, la calidad, la dinámica de la biomasa, la magnitud de la producción y las características del medio ambiente, son elementos útiles en la planificación del uso racional de los recursos que aporta el sistema con el fin de optimizar su manejo (Pueyo *et al.*, 2005).

En cuanto al manejo de áreas naturales se deben incluir dos conceptos básicos, primero la producción ganadera que otorga sustentabilidad económica a las empresas rurales, y segundo la conservación del recurso natural (pastizal) debido a la importancia de este recurso como fuente de alimentación para cría bovina que permite la continuidad de esta producción en el tiempo (Aguilera, 1999).

La sustentabilidad del pastizal natural dentro de rangos aceptables de producción, calidad y diversidad, demanda de la disponibilidad de mayores conocimientos sobre los controles de la producción en esos ambientes.

Dentro de los estudios aplicados para el conocimiento de la biomasa y su dinámica en pastizales naturales se pueden encontrar diferentes metodologías: cosecha directa, estimaciones visuales, medida de altura, volúmenes de los pastos, fotografías, uso de imágenes satelitales.

Por medio de sensores remotos instalados comúnmente sobre plataformas espaciales se construye una serie de índices denominados índice de vegetación. El NDVI (Índice de Vegetación Normalizado), es uno de los índices utilizados y permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación y se calcula a través de la proporción de luz solar absorbida por la biomasa verde para la fotosíntesis, la cual está muy relacionada con la producción de forraje. La hierba verde refleja poca radiación en el rojo (R) y mucha radiación en el infrarrojo cercano (IRC) del espectro electromagnético (Oesterheld *et al.*, 2003).

Asimismo es posible calcular las diferencias en el índice de vegetación entre diferentes periodos con el objetivo de monitorear la variación temporal del índice de vegetación. A partir de esta información es posible relacionar los datos recolectados a campo de un mes en particular con los obtenidos a través del NDVI (Di Bella, 1997).

ANTECEDENTES

En nuestro país una larga historia de pastoreo continuo sin pautas racionales de manejo ocasionaron la degradación de pastizales naturales, que en la actualidad se manifiesta por: la disminución de especies de Poáceas invernales perennes, el incremento de especies planófilas y herectófilas de malezas, el atraso en la producción de primavera temprana y menor producción de forraje de las comunidades de vegetales (Agnusdei *et al.*, 1991)

Viglizzo (1989) y Gonella (1998), consideran que la intensificación de los sistemas de producción es una realidad y una necesidad indiscutible; pero plantean que deben implementarse en un marco de sustentabilidad biológica mediante la preservación de los recursos naturales para hacerlos perdurables en el tiempo, y con mayores beneficios económicos.

La PPN de los ecosistemas puede ser calculada a través de diferentes métodos, los que pueden ser agrupados en dos categorías: destructivos y no destructivos. La metodología tradicional se encuentra dentro de los métodos destructivos, y presenta la desventaja de tener limitaciones en la extrapolación de los resultados a grandes áreas.

Los métodos no destructivos provocan poco o ningún daño en la vegetación, y es por ello que han cobrado importancia. Las técnicas de teledetección proveen información de los objetos en a una escala tal que permiten contextualizar regionalmente el área de estudio, y pueden ser efectivamente utilizados para obtener información regional o a nivel global (Kale *et al.*, 2002). Los primeros antecedentes de estudios de la vegetación con NDVI, en áreas naturales y cultivadas, provienen de los satélites LANDSAT (Boyd, 1986).

El NDVI ha mostrado tener una fuerte relación con la biomasa (Tucker, 1977; Gerberman *et al.*, 1984; Ripple, 1985; Sellers, 1985), el índice de área foliar (IAF) (Curran, 1983; Asrar *et al.*, 1984; Baret *et al.*, 1989) y la PPN (Prince, 1991; Paruelo *et al.*, 1997).

Debido a la efectividad de la integración de los NDVI secuenciales en detectar y cuantificar los patrones de cambio interanuales de PPN, la integración de los NDVI se ha convertido en una herramienta principal para el estudio de esta (Ricotta *et al.*, 1999).

Los estudios de vegetación con sensoramiento remoto se basan en el análisis de la radiación reflectada por la cobertura vegetal en longitudes de ondas específicas, que proporcionan señales fuertes de la vegetación y un adecuado contraste con el fondo: suelo, agua, rocas, etc. (Tucker y Sellers, 1986). El NDVI calculado a partir de la reflectancia en el Rojo Visible y el IRC mostró una alta correlación con la cobertura vegetal y su producción primaria (Tucker y Sellers, 1986; Box *et al.*, 1989; Kennedy, 1989).

Estudios anteriores han encontrado una clara correlación entre PPN y NDVI para un único tipo forestal en el norte de EEUU (Chen, 1995). Rueter y Bertolami (2005), en investigaciones realizadas en la provincia de Chubut encontraron una correlación altamente

significativa entre el NDVI y la cobertura vegetal. En un área aledaña a la zona cuyos resultados se presentan aquí, Santa *et al.* 2013 encontraron correlaciones aceptables entre los datos de biomasa verde obtenida a campo y los valores de NDVI.

El programa LANDSAT ha proporcionado una gran cantidad de datos de observación terrestre para satisfacer un amplio rango de necesidades desde 1972 (Williams *et al.*, 2006). Desafortunadamente, la discontinuidad temporal y espacial de datos durante los 35 años de funcionamiento de LANDSAT parece ser inevitable.

Los datos obtenidos con esta tecnología pueden ser usados como una importante herramienta para determinar cantidad de biomasa y épocas de mayor velocidad de crecimiento de un pastizal. Estos datos facilitan el manejo de lotes de pastoreo ya que pueden ser analizados estacionalmente indicando las épocas de mayor aporte de biomasa, teniendo así un correlato con la posibilidad de regulación de lotes con el uso de cortes y pastoreos.

Montani *et al.*, (2005), analizaron el pastoreo como regulador de cambios en el pastizal natural, observando un incremento en la diversidad, producido por el aumento de equitatividad de gramíneas, perennes y una alta relación de fitomasa verde seco.

Hack *et al.* (2003) compararon un pastoreo rotativo intensivo con pastoreo continuo y observaron que el sistema de pastoreo intensivo provocó cambios en el tapiz, aumentando su rendimiento y estabilidad.

También Fernández Grecco e Hidalgo (1993), en un ensayo realizado en La Pampa deprimida bonaerense, con rodeo de cría, y haciendo una utilización diferencial de los potreros observaron un mejoramiento del pastizal natural a través de cambios en la composición botánica con un incremento de especies de buen valor forrajero y la disminución de las no forrajeras o malezas.

En tanto Ansin *et al.* (2005), en un estudio sobre la estructura y condición forrajera en un pastizal con diferentes manejos, observaron que con un pastoreo planificado había una mayor contribución de especies de buen valor forrajero, mayor cobertura vegetal total, mayor biomasa, mayor mantillo, y una condición buena del pastizal.

Considerando la influencia de los factores abióticos, Pereyra Machin (2003), asegura que los pastizales naturales, en general, tienen un comportamiento con productividad mínima en invierno, un pico de producción en primavera seguido por otro en otoño, y en verano es variable dependiendo del tipo de suelo y del régimen pluviométrico. Esta característica responde a la proporción de especies en el tapiz; en suelos superficiales la proporción de suelo cubierto oscila entre el 70 y 80% con una proporción de especies estivales del 58 al 67%. Al aumentar la profundidad del suelo se encuentran gramíneas de mayor productividad (*Paspalum sp.*; *Schyzachirium sp.* y *Poa sp.*), con algunas leguminosas y la cobertura del suelo es mayor a un 90%, con una presencia de especies estivales del 80%.

HIPÓTESIS

- Existe una correlación significativa entre los datos de biomasa verde obtenidos a campo y los datos de índice verde obtenidos a través de teledetección, en un área semi inundable en la reserva natural La Felipa

OBJETIVOS

- Realizar una revisión bibliográfica de la vegetación presente en el lugar y su productividad.
- Registrar mensualmente datos climáticos y confeccionar curvas correspondientes a los registros pluviométricos. Ubicar el suelo del establecimiento de acuerdo a la descripción realizada en las cartas de suelo
- Determinar la dinámica del pastizal y su productividad en distintos períodos de tiempo para el rango de muestreo establecido: marzo 2012-marzo 2013.
- Contrastar la productividad obtenida a partir de datos de biomasa medidos a campo en el periodo 2010-2011 con valores de NDVI obtenidos de imágenes satelitales.
- Proporcionar tablas descriptivas de la productividad en el tiempo como herramienta de uso por los productores agropecuarios para la toma de decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Este trabajo se desarrollo durante un ciclo de trece meses desde el las fechas 22/03 del año 2012 al 8/4 del año 2013, en un establecimiento agropecuario ubicado a 15 kilómetros al sur de la localidad de Ucacha ($33^{\circ}00' - 33^{\circ}20' S$ y $63^{\circ}30' - 64^{\circ}00' W$), departamento de Juárez Celman, provincia de Córdoba; en un campo de pasturas naturales. (Figura 1).

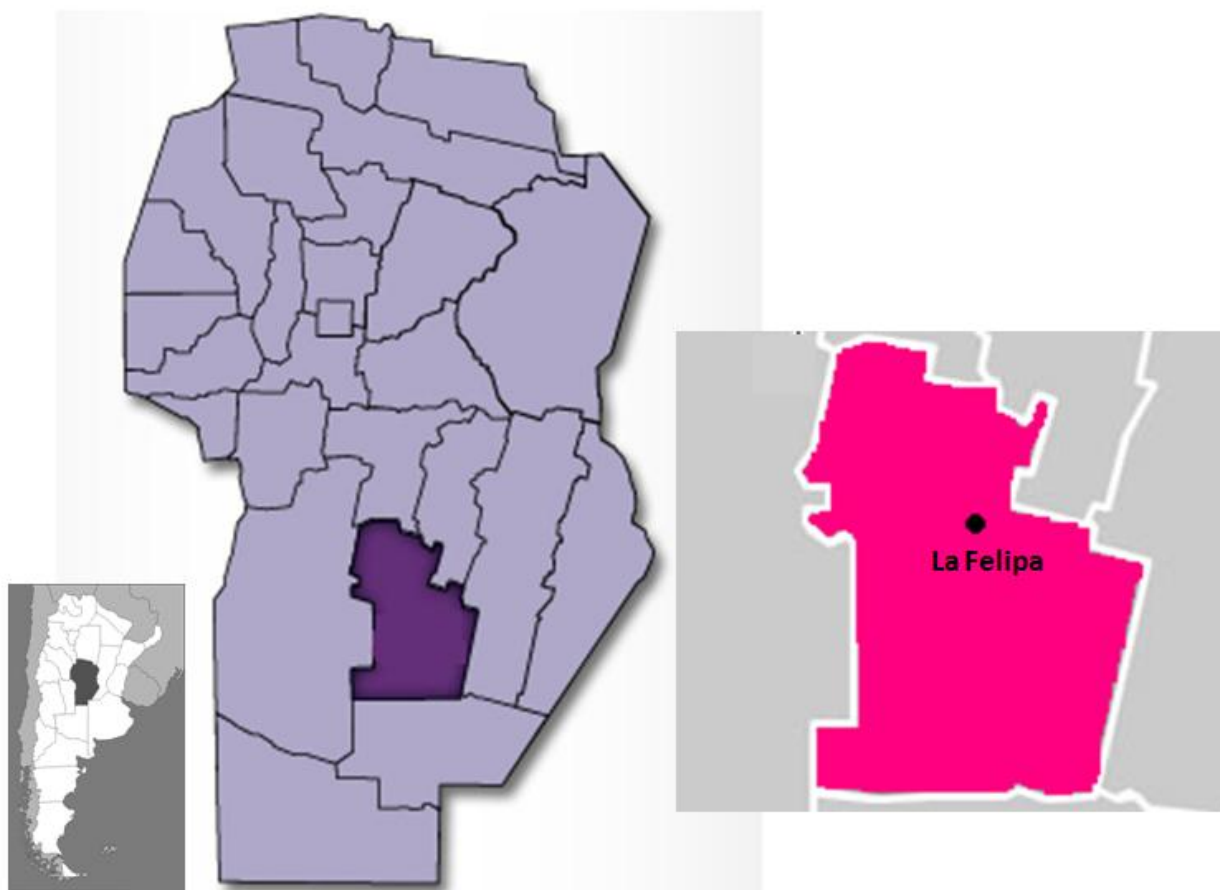


Figura N° 1: Mapa de localización geográfica del ensayo

Características del ambiente y de sus suelos

Características geomorfológicas

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de la provincia geomorfológica Llanura Chaco-pampeana y dentro de esta, en la Región Eólica- Loessica sub-húmeda y en la Asociación Geomorfológicas.

Forma parte de un paisaje compuesto, con suelo franco arenoso bajo uso agrícola ganadero y con cubetas de deflación alargadas en dirección noreste-sudeste con lagunas someras. Son suelos hidromórficos afectados por salinidad y alcalinidad sódica, drenaje impedido y la freática fluctuando próxima a la superficie (Jarsum, 1993), siendo el orden molisol el predominante.

Predominan las condiciones moderadas con una estación de crecimiento prolongada apta para especies estivales e invernales (Pascale y Damario, 1988), No obstante estas condiciones medias, la región esta expuesta a la incertidumbre producida por la variabilidad anual en la ocurrencia de heladas y en la presencia de sequías de diferente frecuencia y severidad. De acuerdo con registros próximos al área de estudio el promedio anual de lluvias es del orden de los 780mm (Ravello y Seiler, 1978; Jarsum, 1993) y tiene un marcado régimen de distribución monzónico. El régimen térmico está caracterizado por una temperatura máxima media de 29 °C y una mínima media de 16,9 °C en enero, y de 15,3 °C y 3 °C respectivamente en julio.

Desde el punto de vista florístico, varios autores coinciden en incluir al sudeste de provincia de Córdoba en el distrito pampeano occidental de la Provincia fitogeográfica Pampeana (Cabrera, 1976; Luti *et al.*, 1979; León y Anderson, 1983; Bianco *et al.*, 1987; Burkart *et al.*, 2000). A su vez, Luti *et al.* (1979), lo considera dentro de la vegetación de bañados y lagunas y Bianco *et al.* (1987), dentro de llanuras bien drenadas. El área de estudio corresponde a un pastizal de gramíneas cespitosas, perennes cuyas especies dominantes son *Distichlis spicata* (L.) Greene, *Distichlis laxifolia* Haekel, *Poa ligularis*, Nees ap Steudel y *Poa resinulosa* Nees ap Steudel. En sitios más altos *Chloris halophila* Parodi, *Eustachys retusa* Kunth; *Cynodon dactylon* y especies de los géneros: *Poa* sp, *Hordeum* sp y *Schyzachirium* sp. En las áreas donde la napa freática está más cerca de la superficie encontramos *Muhlenbergia asperifolia* (Nees et Meying) Parodi, *Juncus acutus* L., *Cortaderia selloana* (Schu't) Asch. Et. Graegner (*Arundo selloana* Schultes), *Typha latifolia* L, *Scirpus* sp y *Cyperus corimbosus*. Esta comunidad vegetal se halla expuesta a inundación temporaria por cortos periodos de tiempo, mostrando en su estructura características de comunidades de ambientes alcalinos.

Diseño de muestreo

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado. En cada fecha de muestreo se realizaron 10 muestreos georeferenciados de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²), durante 13 meses, desde el 22 de marzo del año 2012 hasta el 8 de abril del año 2013.

En cada muestreo se registró composición florística, cobertura vegetal total (CV) y por especie, cobertura de suelo desnudo (CSD) y de mantillo (CM), *sensu* Braun Blanquet (1979). A partir de estos datos se determinó Riqueza (R), Diversidad (H) mediante el índice de Shannon-Wiener (1963); Predominio (P) mediante Simpson (Odum, 1972) y Equitatividad (E) según Pielou (1975). Además, se cosechó biomasa aérea en pie, cortándose a 3 cm del suelo con tijera de tusar y se recolectó el mantillo (BM). La biomasa se separó en laboratorio por compartimentos: monocotiledóneas (BM) y dicotiledóneas (BD), ambas, se separaron de acuerdo a su estadio fenológico en verde (BV), o seco (BS). Tanto el material separado como el mantillo se llevaron a estufa a 60 °C hasta peso constante. A partir de la BV se calculó la productividad primaria neta (PPNA): $Bv2-Bv1 / (t2-t1)$ referida al tiempo transcurrido entre una fecha de muestreo y otra. (Singh *et al.*, 1975). Los resultados se presentan por fechas de muestreo y agrupados por estaciones de la siguiente manera: Otoño: marzo, abril y mayo; Invierno: junio, julio y agosto; Primavera: setiembre, octubre y noviembre; Verano: diciembre, enero y febrero. Los resultados de la biomasa se agruparon por morfotipos: mono (M) y dicotiledóneas (D) y por compartimentos verde (BV) y seco (BS). Para el análisis de resultados se utilizó el Paquete estadístico del programa Infostat (Di Renzo *et al.*, 2008). Para determinar el grado de variabilidad entre fechas de muestreo se realizó el análisis de varianza y cuando se encontró diferencia entre las fechas se aplicó la prueba de medias de rango múltiple de Duncan y el test de Tuckey. La normalidad de los datos fue verificada previamente.

Atendiendo a los inconvenientes surgidos por problemas de funcionamiento en el satélite LANSAT 5 en el periodo de estudio, y teniendo en cuenta los objetivos planteados para el presente trabajo: se utilizaron para calcular la correlación entre los datos de biomasa y el NDVI, datos obtenidos de imágenes del área de estudio del ciclo anterior al período de muestreo.

Para determinar la correlación existente entre los valores de biomasa obtenidos a campo y el índice obtenido a partir de las imágenes se utilizó:

Datos biológicos de superficie

Se utilizaron los valores de la PPN de los sitios, en cada una de las estaciones. Los datos fueron obtenidos por otros integrantes del equipo del proyecto de investigación al que está vinculado este proyecto de tesis en el ciclo 2009-2010.

Datos de Satélite

Se utilizaron imágenes satelitales LANSAT 5, para cada sitio y para cada estación a evaluar (primavera 2009, verano, otoño, invierno 2010). Las mismas fueron georeferenciadas. Luego se realizaron correcciones atmosféricas para poder realizar los análisis multitemporales, finalmente se generaron los índices de vegetación.

Correcciones geométricas

Se realizó la georeferenciación de las imágenes apoyados en una imagen sintética HSV 453 - 8 de una imagen LANDSAT 7 descargada gratuitamente de la Universidad de Maryland que se usó como verdad del terreno.

Correcciones radiométricas

Las correcciones radiométricas tendientes a llevar los valores de radiancia en el sensor a reflectancia en superficie, se realizó con el módulo FLAASH del programa ENVI 4,7.

Generación de índices

La firma espectral de la vegetación muestra diferencias claras entre la vegetación sana y vigorosa, y la vegetación dañada o seca. En el primer caso los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía en la región del visible, principalmente en la banda que corresponde al rojo, y reflejan casi toda la energía en el IRC. Cuando la vegetación está dañada y seca su reflectividad disminuye en el IRC y aumenta en el Visible, por lo que el contraste entre bandas será menor. Este comportamiento radiométrico de la vegetación permite su caracterización a través del cociente entre los niveles digitales de los píxeles, almacenados entre dos bandas de la misma imagen. En este principio se apoyan los índices de vegetación. En este trabajo se utilizó el valor de NDVI, que se obtuvo de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{R_{IRC} - R_R}{R_{IRC} + R_R}$$

donde R_{IRC} y R_R indican las reflectividades en la banda de IRC y el R del visible, respectivamente.

Análisis de resultados

Se explorarán las relaciones funcionales y el ajuste entre NDVI obtenido de datos satelitales y de campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el transcurso del ensayo la sumatoria de precipitaciones mensuales fue de 1199 mm, siendo levemente superior a la media histórica (1939-2013: 820,55 mm) con una media mensual de 92,23 mm, observándose que exceptuando abril y noviembre de 2012, y febrero, marzo y abril de 2013, los restantes meses estuvieron por debajo de la media (Figura 2, 3 y 4).

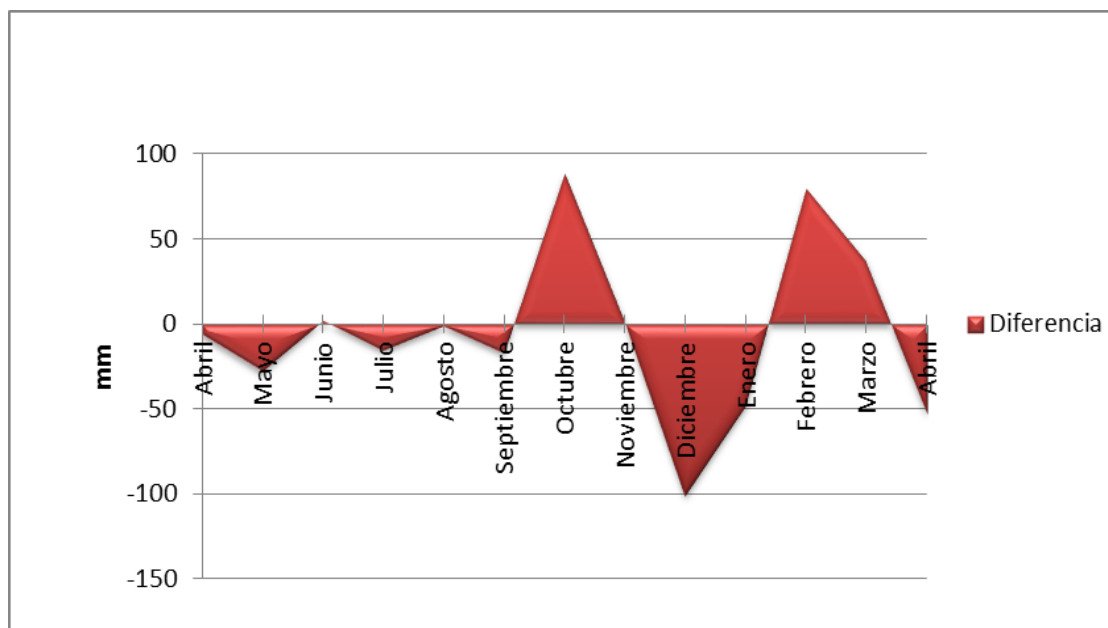


Figura N° 2: Diferencia de precipitaciones a lo largo del año de muestreo.

En el periodo motivo de este ensayo, se producen déficit hídricos en el lapso de abril a septiembre, siguiendo el patrón normal de precipitaciones para esta estación. Mientras que las escasas precipitaciones en el periodo de noviembre a enero apareció como un fenómeno no habitual para el área en estudio y la época del año.

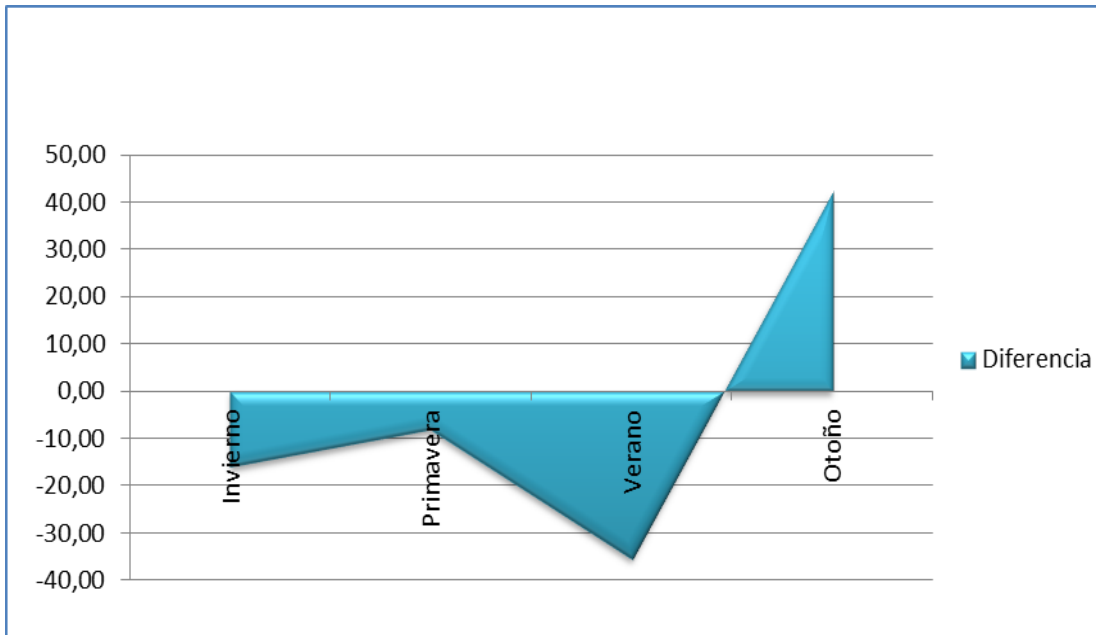


Figura N° 3: Diferencia de precipitaciones en las diferentes estaciones del año de muestreo.

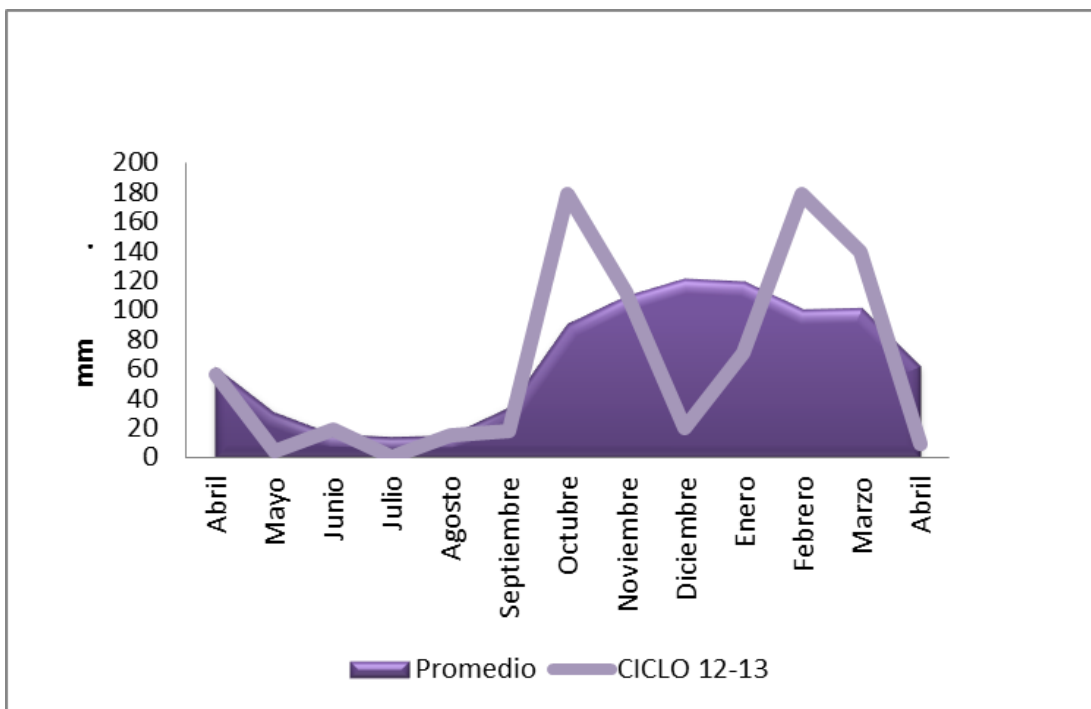


Figura N° 4: variación de precipitaciones en el año de muestreo

Composición y descripción de las comunidades vegetales

Las comunidades vegetales, estudiadas en el presente trabajo, están integradas por especies características de pastizales naturales, correspondientes a zonas con inundaciones periódicas, sin disturbios asociados al laboreo y con utilización como fuente de recurso ganadero, sólo una estación al año.

En la tabla siguiente se realiza la caracterización de las especies, teniendo en cuenta: Nombre botánico, nombre vulgar, Familia, morfotipo, ciclo de vida, estacionalidad, hábito de crecimiento y niveles de tolerancia a la sal, apareciendo la síntesis de dicho análisis en la tabla N° 1.

Tabla N° 1: Composición de las especies de la comunidad. P-E: Primavera-estival, O-I: otoño-inverna.

| Espece | Nombre vulgar | Familia | Morfotipo | Ciclo de vida | Estacionalidad | Habito de crecimiento | Tolerancia a la sal |
|-------------------------------|---------------------------|----------------|-----------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Adesmia muricata</i> | Arvejilla | Fabáceas | D | A | P-E | Terófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Agrostis montevidensis</i> | Pasto ilusión | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | no |
| <i>Aster squamatus</i> | Rama negra de los bañados | Asteráceas | D | P | P-E | Terófitas | Halófitas |
| <i>Bacharis coridifolia</i> | Mio.Mio romerillo | Asteráceas | D | P | P-E | Geófitas | Halófitas |
| <i>Carduus acanthoides</i> | Cardo | Asteráceas | D | A | P-E | Terófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Chenopodium sp.</i> | Quinoa | Chenopodiáceas | D | A | P-E | Terófitas | Halófitas |
| <i>Chloris halophita</i> | Chloris | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Chloris retusa</i> | Chloris | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Conyza bonariensis</i> | Rama negra | Asteráceas | D | A | I-P | Terófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Cynodon dactylon</i> | Gramón | Poáceas | M | P | P-E | Geófitas | Halófitas facultativa |

| <i>Descurainia argentina</i> | <i>Altamisa colorada</i> | Crucíferas | D | A | P-E | Terófitas | no |
|---------------------------------|------------------------------|----------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>Dichondra repens</i> | <i>Oreja de ratón</i> | Convolvuláceas | D | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| Especie | Nombre vulgar | Familia | Morfotipo | Ciclo de vida | Estacionalidad | Habito de crecimiento | Tolerancia a la sal |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> | <i>Pasto cuaresma</i> | Poáceas | M | P | P-E | Terófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Diplachne uninervia</i> | <i>Triguillo</i> | Poáceas | M | P | P-E | Terófitas | Halófitas |
| <i>Distichlis laxifolia</i> | <i>Pelo de chancho</i> | Poáceas | M | P | P-E | Geófitas | Halófitas |
| <i>Distichlis spicata</i> | <i>Pelo de chancho</i> | Poáceas | M | P | P-E | Geófitas | Halófitas |
| <i>Eragrostis lugens</i> | <i>Pasto ilusión</i> | Poáceas | M | A | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Hordeum stenostachys</i> | <i>Centenillo</i> | Poáceas | M | P | O-I | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Lepidium bonariense</i> | <i>Mastuerzo loco</i> | Crucíferas | D | B | O-I | Terófitas | no |
| <i>Medicago lupulina</i> | <i>Lupulina</i> | Fabáceas | D | A | P-E | Terófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Melilotus albus</i> | <i>Trébol de olor blanco</i> | Fabáceas | D | B | O-I | Terófitas | no |
| <i>Muhlenbergia asperifolia</i> | <i>Pasto rueda</i> | Poáceas | M | P | P-E | Geófitas | Halófitas |
| <i>Poa resinulosa</i> | <i>Poa</i> | Poáceas | M | P | O-I | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Paspalum notatum</i> | <i>Hierba bahia</i> | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas |
| <i>Paspalum quadrifarium</i> | <i>Paja colorada</i> | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Paspalum</i> | <i>Gramilla</i> | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|------------------|----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|
| <i>vaginatum</i> | <i>blanca</i> | | | | | | |
| <i>Plantago lanceolata</i> | <i>Llantén</i> | Plantagináceas | D | A | O-I | Terófitas | Halófitas facultativa |
| Especie | Nombre vulgar | Familia | Morfotipo | Ciclo de vida | Estacionalidad | Habito de crecimiento | Tolerancia a la sal |
| <i>Galium richardianum</i> | <i>Tomatillo</i> | Rubiáceas | D | P | O-I | Hemicriptófitas | no |
| <i>Salicornia ambigua</i> | <i>Jume</i> | Chenopodiáceas | D | P | P-E | Geófitas | Halófitas |
| <i>Senecio pampeanus</i> | <i>Sombra de liebre</i> | Asteráceas | D | A | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Setaria geniculata</i> | <i>Cola de zorro</i> | Poáceas | M | A | P-E | Hemicriptófitas | Halófitas facultativa |
| <i>Suaeda argentinensis</i> | <i>Plumerito</i> | Chenopodiáceas | D | P | P-E | Fanerófitas | Halófitas |
| <i>Spergula ramosa</i> | <i>Arenaria</i> | Caprifoliáceas | D | A | O-I | Hemicriptófitas | Halófitas |
| <i>Sporobolus indicus</i> | <i>Pasto alambre</i> | Poáceas | M | P | P-E | Hemicriptófitas | no |

Esta tabla fue elaborada teniendo en cuenta a Menghi *et al.*, 1998.

Según lo descripto en la Tabla N° 1, la riqueza florística para La Felipa totalizó 34 especies relevadas, distribuidas en 11 familias. La cobertura vegetal de Monocotiledóneas representó el 78,69 % mientras que la de Dicotiledóneas representó el 21,30%.

Tomando como referencia el ciclo de vida tenemos un porcentaje de 33,35% de especies anuales de las cuales el 23,52% son primavera estivales y 76,48 % son otoño invernales, 5,8% bianuales las cuales son otoño invernales y 61,76% perennes de las cuales el 52,94% son primavera estival y un 47,05% otoño invernales.

Las formas de vida se analizaron según (Raunkier, 1934). Se contabilizaron un 35,29% de terófitas, 44,11% hemicriptófitas, 17,6% de geófitas y un 2,9% para las fanerofitas. En cuanto a la tolerancia de la salinidad tenemos 35,29% de halófitas, 47,05% de halófitas facultativas, y el 17,64% no presentan tolerancia según los registros realizados (Cantero *et al.*, 1996).

Análisis de variables estructurales.

La composición de especies del pastizal condiciona su potencial como recurso forrajero incidiendo directamente en la productividad del mismo, por ejemplo a través del reemplazo de especies palatables por malezas de menor o ningún valor forrajero (De León, 2003).

Landi y Galli (1984), hacen referencia a que las acciones humanas relacionadas con la utilización del pastizal derivan en modificaciones en la comunidad vegetal. La clave del manejo del pastizal natural es el conocimiento de las bondades y limitaciones del recurso forrajero (Martín, 2004). La proporción de especies con características forrajeras similares o “tipos productivos” (Rosengurtt, 1979) es uno de los indicadores que se utilizan para determinar la “condición” de un pastizal, es decir su estado o grado de degradación (De León, 2004) y por lo tanto, su potencial productivo.

Una forma de identificar esas variaciones es determinando los índices de Diversidad, Equitatividad y Predominio, cuyos valores se encuentran en la tabla N° 2.

Tabla N° 2: Variación de los valores estructurales de La Felipa

| Fechas | Estación | Riqueza | Predominio | Diversidad | Equitatividad |
|------------|-----------|---------|------------|---------------|---------------|
| 22/03/2012 | Otoño | 7 b | 0.24196 ns | 0.68657407 b | 0.75804 ns |
| 23/04/2012 | | 10 b | 0.24844 ns | 0.699701768 b | 0.75156 ns |
| 04/06/2012 | | 12 b | 0.23532 ns | 0.766793825 b | 0.76468 ns |
| 07/07/2012 | Invierno | 10 b | 0.29913 ns | 0.64472767 b | 0.70087 ns |
| 04/08/2012 | | 10 b | 0.26378 ns | 0.699265272 b | 0.73622 ns |
| 29/08/2012 | | 6 b | 0.28463 ns | 0.595681009 b | 0.71537 ns |
| 26/09/2012 | Primavera | 13 a | 0.24834 ns | 0.768495293 a | 0.75166 ns |
| 31/10/2012 | | 14 a | 0.1247 ns | 1.004505826 a | 0.8753 ns |
| 30/11/2012 | | 15 a | 0.17141 ns | 0.916874024 a | 0.82859 ns |
| 21/12/2012 | Verano | 15 b | 0.20288 ns | 0.89351545 b | 0.79712 ns |
| 05/02/2013 | | 10 b | 0.23005 ns | 0.726797454 b | 0.76995 ns |
| 07/03/2013 | | 12 b | 0.20258 ns | 0.819382253 b | 0.79742 ns |
| 08/04/2013 | | 9 b | 0.33651 ns | 0.636413764 b | 0.66349 ns |

Letras distintas significan una diferencia mayor al 5%, ns: diferencias no significativas

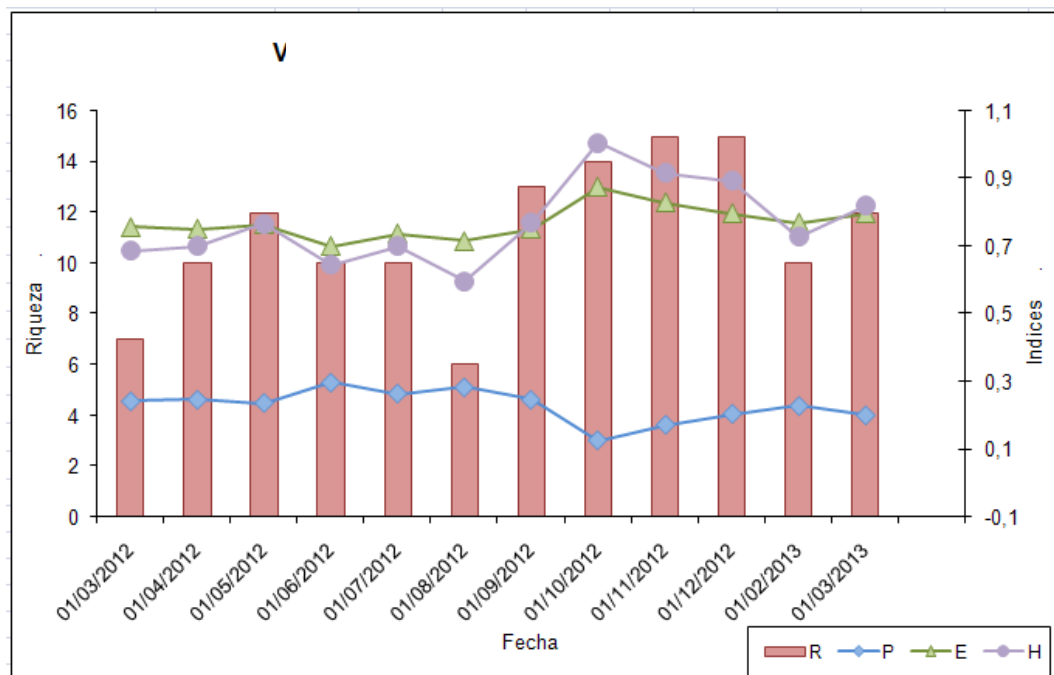


Figura N° 5: Variación de los valores estructurales de La Felipa. R: riqueza; P: predominio; E: equitatividad y H: diversidad.

Si analizamos los resultados por estaciones de la tabla N° 2 y figura N° 5, se observa un aumento de Riqueza (R) y Diversidad (H) en la Primavera, presentando diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a las demás estaciones. El Predominio (P) y la Equitatividad (E) no presentaron diferencias significativas para ninguna de las fechas de muestreo. Similares valores fueron encontrados por (Menghi *et al.*, 1998; Mónaco *et al.*, 2005; Montani *et al.*, 2007; Montani *et al.*, 2009; Rosa, 2009; Salvucci *et al.*, 2011)

Según se observa, los valores de Diversidad más altos entre setiembre y diciembre, estarían fuertemente influenciados por la Riqueza de especies mientras que en marzo y agosto siendo escasa la Riqueza, la distribución de la cobertura de las especies existentes sería lo que define los valores de Diversidad. De setiembre a diciembre se da la aparición y crecimiento de todas las especies primavero-estivales cuyo número es superior a las otoño-invernal. Asimismo los valores de Predominio tienen un comportamiento más regular a lo largo del año, con incrementos en otoño y descensos en primavera asociados a las mismas variables que la Diversidad (Riqueza y distribución de coberturas). La Equitatividad se mantiene de manera muy regular a lo largo de todo el muestreo con oscilaciones muy similares a la Diversidad.

Tabla N° 3: Cobertura vegetal, suelo desnudo y mantillo en la comunidad del pastizal

| Fechas de muestreo | Estación | % Cobertura vegetal | % Suelo desnudo | % Mantillo |
|--------------------|-----------|---------------------|-----------------|------------|
| 22/03/12 | Otoño | 89.5 b | 3.76 ns | 14.75 ns |
| 23/04/12 | | 78.25 b | 21.25 ns | 0.51 ns |
| 4/6/2012 | | 76.75 b | 23 ns | 6.01 ns |
| 7/7/2012 | Invierno | 54.5 b | 16.75 ns | 4.75 ns |
| 4/8/2012 | | 48.03 b | 20.25 ns | 13.51 ns |
| 29/08/12 | | 63.51 b | 10.75 ns | 7.5 ns |
| 26/09/12 | Primavera | 98.2 a | 15.26 ns | 6.25 ns |
| 31/10/12 | | 85.35 a | 34.75 ns | 0 ns |
| 30/11/12 | | 91.5 a | 29 ns | 0.52 ns |
| 21/12/12 | Verano | 93.25 a | 6,75 ns | 0 ns |
| 5/2/2013 | | 100.02 a | 20.76 ns | 2.25 ns |
| 7/3/2013 | | 75.5 a | 12.75 ns | 1.03 ns |
| 8/4/2013 | | 59 a | 3.54 ns | 1.03 ns |

Letras distintas significan una diferencia mayor al 5%, ns: diferencias no significativas

La Cobertura Vegetal (CV) obtenida como suma de toda las especies presentes en todas las unidades de muestreos, tabla N° 3, aumentó a partir de setiembre hasta enero, presentando diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto al O y al I. La mayor Cobertura de Mantillo (CM) se observa en otoño-invierno no presentando diferencia significativa ($p < 0.05$) a lo largo del año. La Cobertura de Suelo Desnudo (CSD) aumenta durante los meses de primavera sin presentar diferencia significativa entre las fechas de muestreo (Figura 5). En una de las unidades de muestreo (unidad 5), se observó suelo desnudo durante todo el año debido a la presencia de afloramiento salino. Los ciclos de inundación y la variación estacional modifican la CV y la CSD determinando en que momento del año el pastizal puede ser utilizado para pastoreo. Similares valores encontrados por Menghi *et al.* (1998); Montani *et al.* (2007); Montani *et al.* (2009); Rosa (2009); Salvucci (2011).

La mayor biomasa verde de monocotiledóneas (BVM) se dio en P-V (figura 6); la mayor biomasa verde de dicotiledóneas (BVD) se dio en la P, en ambos casos presentando diferencias significativas ($p < 0.05$) con el resto de las estaciones coincidente con los resultados obtenidos por Menghi *et al.* (2000), donde las variables funcionales y estructurales cuantificadas

muestran respuestas positivas al incremento de temperatura y precipitaciones debido a la variación estacional

La biomasa seca de mono y de dicotiledóneas (BSM y BSD) si bien fueron mayores en verano no presentaron diferencias significativas a lo largo del año (tabla 4); similares valores encontrados por Facelli *et al.* (1987); Risser (1995), Sala *et al.* (1986), Pucheta (1995), Mengui *et al.* (1998), Menghi (2000); Rosa *et al.* (2009); Fantino *et al.* (2010). La productividad primaria neta anual fue de 2.35 gr/m²/día. La biomasa total anual fue de 2136.10 gr/m².

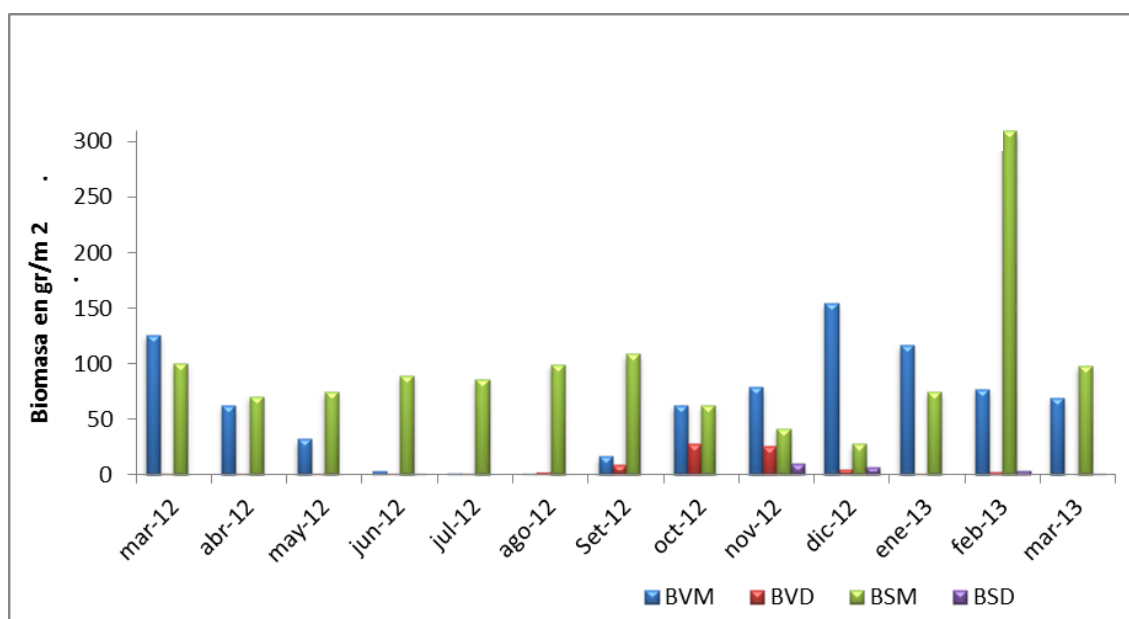


Figura N° 6: Distribución mensual de la biomasa según compartimientos

Tabla N° 4: Biomasa de la vegetación presente en el pastizal

| Fechas | Estaciones | BV mono | BV dico | BS mono | BS dico |
|------------|------------|----------|---------|-----------|---------|
| 22/3/2012 | Otoño | 126 b | 0.58 b | 100 ns | 0 ns |
| 24/4/2012 | | 61.8 b | 0.884 b | 70.2 ns | 0 ns |
| 4/6/2012 | | 32 b | 0.44 b | 74 ns | 0 ns |
| 7/7/2012 | Invierno | 3.24 b | 0.02 b | 89.4 ns | 0.26 ns |
| 4/8/2012 | | 1.36 b | 0.02 b | 86 ns | 0 ns |
| 29/8/2012 | | 0.84 b | 2.1 b | 98.9 ns | 0 ns |
| 26/9/2012 | Primavera | 16.73 a | 8.82 a | 108.76 ns | ns |
| 31/10/2012 | | 62.76 a | 27.52 a | 62.46 ns | 0 ns |
| 30/11/12 | | 78.8 a | 25.34 a | 40.94 ns | 9.84 ns |
| 21/12/2012 | Verano | 154.12 b | 4.66 b | 27.62 ns | 7.02 ns |
| 5/2/2013 | | 116.8 b | 1.02 b | 74.25 ns | ns |
| 7/3/2013 | | 76.74 b | 2.64 b | 309.6 ns | 3.94 ns |
| 8/4/2013 | | 69.20 b | b | 98.02 ns | 0.44 ns |

Letras distintas significan una diferencia mayor al 5%, ns: diferencias no significativas

Como podemos observar hubo una disminución de biomasa verde tanto en dicotiledóneas como en monocotiledóneas desde el comienzo de otoño hasta el invierno. En cuanto a la biomasa seca no hubo cambios significativos de monocotiledóneas

En las estaciones de primavera verano la biomasa verde de las monocotiledóneas aumentó marcadamente, aunque las dicotiledóneas aumentaron hasta mediados del verano y luego se observa una baja biomasa. En cuanto a las monocotiledóneas seco se encontró una baja biomasa hasta mediados del verano y luego una suba hasta fines del otoño del año siguiente debido a que son las que más predominan.

Con respecto a las dicotiledóneas seco no hubo cambios significativos, esto se debe al escaso aporte de biomasa en todas las estaciones, de las mismas, ya que el grupo de especies predominantes de este pastizal es de la familia de las Poáceas.

Tabla N° 5: Alturas de las especies en cada mes de muestreo

| ESPECIES ANALIZADAS | FECHA DE MUESTREO | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|--|
| | 22/3 | 23/4 | 4/6 | 7/7 | 4/8 | 29/8 | 26/9 | 31/10 | 30/11 | 21/12 | 5/2 | 7/3 | 8/4 | |
| | ALTURA DE LAS ESPECIES | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Agrostis montevidensis</i> | 19 | 10 | | | 20 | | | | | | | | | |
| <i>Bacharis coridifolia</i> | 10 | | | 16,66 | | | | | 30 | | | | | |
| <i>Arenaria lanuginosa</i> | | 10 | | | | | | | 12,5 | | | 14 | | |
| <i>Chloris halophila</i> | 25 | 13,5 | 6,75 | 6,25 | 6,25 | | 6,66 | 5,6 | 10,33 | 10 | 13,6 | 10 | 14 | |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> | | | | | | | | | | | | 20 | | |
| <i>Diplachne uninervia</i> | | | | | | | | 27,5 | | 9 | 12,2 | 36 | 10 | |
| <i>Distichlis spicata</i> | 17,14 | 14,66 | 14,16 | 16,42 | 18 | 15 | 20 | 18,5 | 15 | 12,62 | 21 | 14,3 | 20 | |
| <i>Distichlis laxifolia</i> | | 15 | 14,33 | 30 | 20 | 17,5 | 15,66 | 20 | 12,5 | 10,75 | 22,6 | 12,5 | 25 | |
| <i>Eragrostis lungens</i> | | 25,83 | 25 | 20 | 10 | | | | 50 | | 30 | 8,5 | 30 | |
| <i>Lepidum bonaeriense</i> | | 10 | 7 | 15 | | 10 | 13,33 | 12,5 | 12,5 | 8 | | | | |
| <i>Melilotus albus</i> | | | | 5 | 5 | | | 20 | | | | | | |
| <i>Muhlenbergia asperifolia</i> | 12,5 | | 15 | | | | 11,66 | | 15 | | | | | |
| <i>Hordeum stenostachys</i> | | | | | | | 10 | | 30 | | | | | |
| <i>Plantago patagónica</i> | | | 2,5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 13 | 16,7 | 8,67 | 10 | 10 | 15 | |
| <i>Poa resinulosa</i> | 7,5 | | 12,5 | 5 | 8,33 | 10 | 10 | 10 | 13,5 | 25 | | 13,5 | 20 | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|------|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|--|
| <i>Conyza bonariensis</i> | | | | | | | | | 10 | 10 | | | | |
| ESPECIES ANALIZADAS | FECHA DE MUESTREO | | | | | | | | | | | | | |
| | 22/3 | 23/4 | 4/6 | 7/7 | 4/8 | 29/8 | 26/9 | 31/10 | 30/11 | 21/12 | 5/2 | 7/3 | 8/4 | |
| | ALTURA DE LAS ESPECIES | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Spergula salina</i> | | | | | | | | 13,4 | | | | | | |
| <i>Sporobolus indicus</i> | | | | | | | | 30 | | | | | | |
| <i>Setaria parviflora</i> | | | | | | | | | | 15 | 10 | | | |

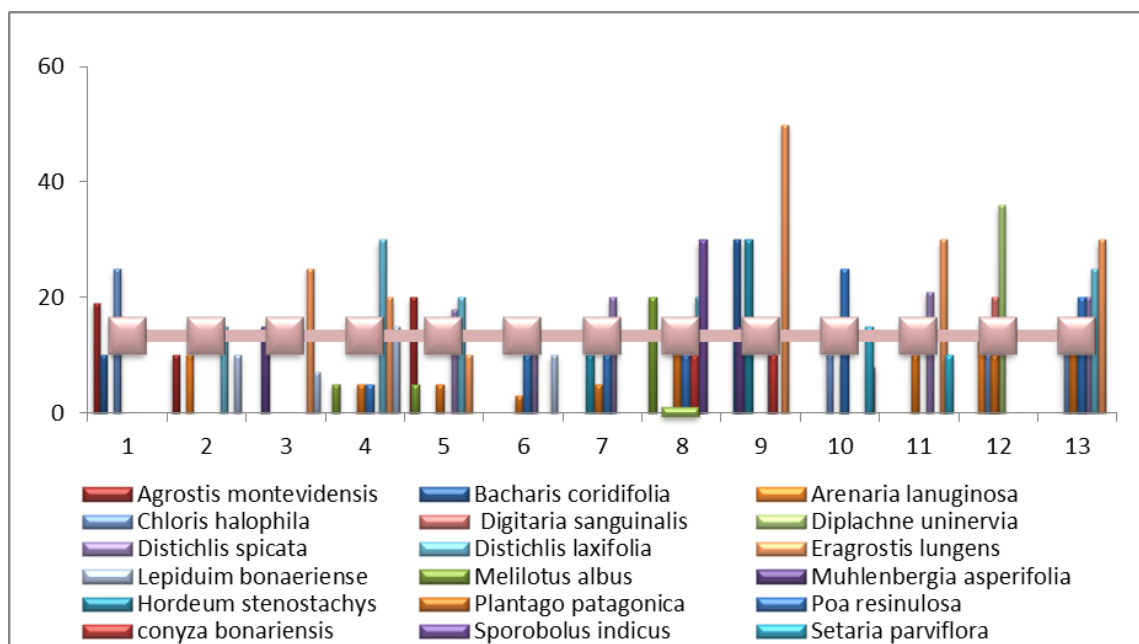


Figura N° 7: Altura de las especies y promedio general de todas las especies

Como se puede observar en el tabla N° 5 y figura N° 7, hubo pocas especies que expresaron su crecimiento en todas las estaciones, Del total de las especies solo: *Chloris halophila*, *Distichlis spicata*, *Distichlis laxifolia*, *Plantago patagonica*, *Poa resinulosa*, crecieron en todas las estaciones, varias de ellas con alta frecuencia de aparición.

Las especies de crecimiento en las estaciones de P-V fueron: *Bacharis coridifolia*, *Arenaria lanuginosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Diplachne uninervia*, *Eragrostis lungens*, *Lepiduum bonaeriense*, *Melilotus albus*, *Muhlenbergia asperifolia*, *Setaria parviflora*, *Conyza bonariensis*, *Spergula salina*, *Sporobolus indicus*, *Hordeum stenostachys*. La única especie que no tuvo crecimiento en P-V, pero si en O-I, fue *Agrostis montevidensis*.

En las estaciones de O-I se observó que el crecimiento de las especies fue menor en comparación con las otras estaciones nombradas anteriormente. *Digitaria sanguinalis*,

Diplachne uninervia, *Setaria parviflora*, *Conyza bonariensis*, *Spergula salina*, *Sporobolus indicus*, *Hordeum stenostachys*; no lograron el crecimiento en dicha estación.

Durante todo el año se observó que la especie que mayor altura obtuvo fue *Eragrostis lugens*, en la estación de primavera.

Tabla N° 6: Cálculos de la PPN durante el muestreo del pastizal

| La Felipa | Fechas | Biomasa verde | PPN |
|------------------|---------------|----------------------|------------|
| Otoño | 22/3/2012 | 126 | -1,94 |
| Otoño | 24/4/2012 | 61.8 | -0,74 |
| Invierno | 4/6/2012 | 32 | -0,89 |
| Invierno | 7/7/2012 | 3.24 | -0,06 |
| Invierno | 4/8/2012 | 1.36 | -0,02 |
| Primavera | 29/8/2012 | 0.84 | 0,58 |
| Primavera | 26/9/2012 | 16.736 | 1,35 |
| Primavera | 31/10/2012 | 62.76 | 0,55 |
| Verano | 30/11/12 | 78.8 | 3,76 |
| Verano | 21/12/2012 | 154.12 | -0,88 |
| Verano | 5/2/2013 | 116.8 | -1,38 |
| Otoño | 7/3/2013 | 76.74 | -0,24 |
| Otoño | 8/4/2013 | 69.2006 | |

En la tabla N° 6 se describe la producción primaria neta del pastizal. Con respecto al otoño y el invierno del año 2012 los valores fueron negativos, debido a que las especies siguen su ciclo de crecimiento según el régimen climático de tipo monzónico es decir con el mayor incremento de biomasa en primavera verano. Además por la presencia de algunos animales que se encontraron en el lugar pastoreando redujeron la producción del mismo.

Desde la primavera hasta principios del verano se obtuvo resultados positivos en la PPN debido a la producción especialmente de gramíneas, ya que estas son C4 y poseen un crecimiento mayor que las dicotiledóneas que son C3.

Se obtuvieron resultados negativos de mediados del verano hasta fin del muestreo de otoño debido a las temperaturas no favorables para el crecimiento de las especies y también por la presencia de animales en el pastizal natural. El mayor crecimiento se debería al coincidir el pico de incremento de precipitaciones en el lapso agosto noviembre.

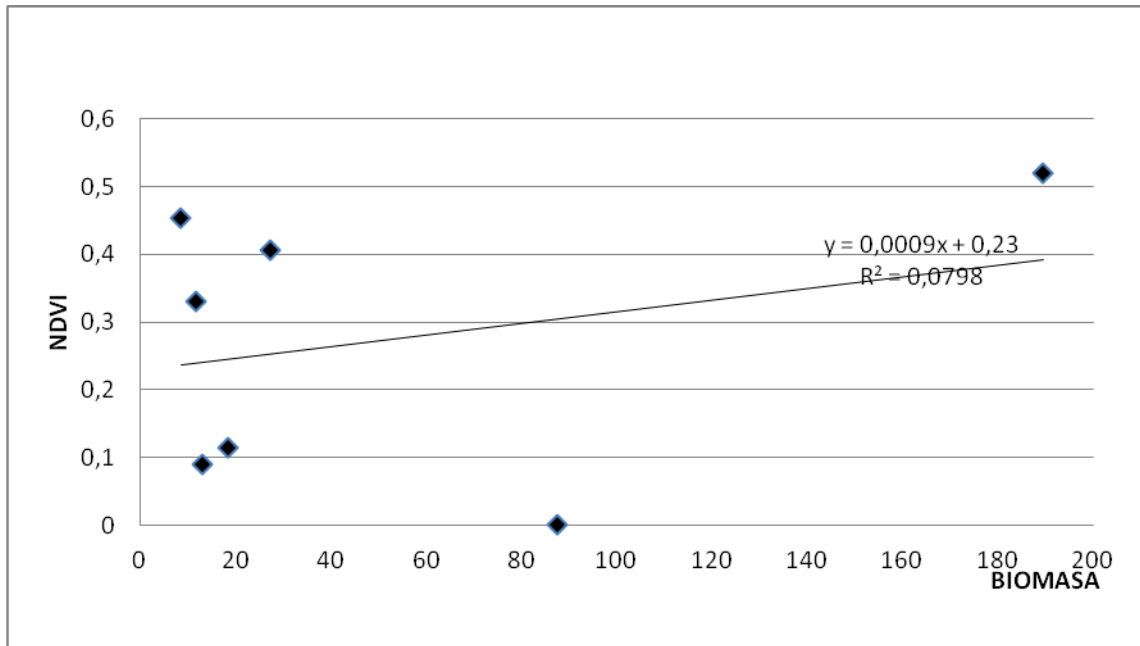


Figura N° 8: valores de biomasa verde y NDVI en la felipa

Por aspectos metodológicos que se plantearon en el apartado material y métodos del presente trabajo, el análisis de correlación entre los datos obtenidos de satélite y biomasa (figura N° 8), fueron realizados con datos del ciclo 2009-2010 del mismo sitio, donde el ciclo de crecimiento y de incremento de la vegetación son estacionalmente similares. Debido a que el valor de R^2 (0.079) obtenido es demasiado bajo, se podría asegurar que no existe correlación entre los valores de biomasa medidos a campo y los valores de NDVI obtenidos.

CONCLUSIONES

El crecimiento más importante de este pastizal se produce según los cálculos obtenidos de la PPN desde inicio de la primavera hasta finales de la misma.

En cuanto al establecimiento de correlación entre biomasa verde y NDVI, el resultado de R^2 es muy bajo, por lo cual representaría una escasa o nula correlación entre dichos valores.

Desde inicios a fines de primavera se recomendaría el uso del pastizal en función de los valores de PPN. Si bien en invierno presentó un pico de crecimiento, especies de gran calidad forrajera, como *Poa resinulosa* tuvieron muy bajo aporte de biomasa, por lo cual no se puede recomendar la utilización del pastizal para producción animal durante esta estación.

BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M G. 1991. **Análisis de gradientes en suelos de áreas bajas del sur de la depresión del salado**. Tesis de magister. Facultad de ciencias Agr. Balcarce. UNMdP. pp 133.
- AGUILERA 1999. **Bosques y pastizales**. Pastizales naturales. Dirección de recursos naturales subsecretaría de asunto agrarios ministerio de la producción gobierno de la Pampa. En: www.dnr.lapampa.gob.ar. 15.02.2012
- ANSIN, O; M OYHAMBURU, M C VECCHIO, M CORDERO y B HEGUY, 2005. **Estructura y condición forrajera de un pastizal alcalino ante diferentes manejos de pastoreo. III Congreso Nacional sobre Manejo de pastizales Naturales – Parana**. pp 105
- ASRAR, G, M FUCHUS, E T KANEMASU y J L. HATFIELD. 1984. **Estimation absorbed photosynthetic radiation and leaf area index from spectral reflectance in wheat**. Agronomy Journal 76:300-306.
- BARET, F, G GUYOT y D J MAJOR. 1989. **Crop biomass evaluation using radiometric measurements**. Photogrammetria 43:241-256.
- BIANCO, D, T KRAUS, D L ANDERSON y J J CANTERO. 1987. **Formaciones vegetales del suroeste de la provincia de Córdoba** (República Argentina) Rev. Universidad Nacional de Río Cuarto. 7(1): pp.5-66.
- BOYD, W. 1986. **Correlation of rangelands brush canopy cover with Landsat MSS data**. J. Range Manage. 39: 268- 271.
- BOX, E, B HOLBEN y V KALB. 1989. **Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity, and CO2 flux**. Vegetation 80: 71 – 89.v
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología*. Ed. Blume. España. pp 820.
- BURKART, R, N O BÁRBARO, R O SÁNCHEZ y D A GÓMEZ. 2000. **Eco-regiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales**. Presidencia de la Nación. Secretaría de recursos naturales y desarrollo sustentable. PRODIA pp. 42.
- CABRERA, A. 1976. **Regiones Fitogeográficas Argentinas**. En: *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II. Fascículo 1. ACME, Buenos Aires.

- CANTERO, J J, A CANTERO y J M CISNEROS. 1996. **La vegetación de los paisajes hidrohalmoráficos del centro de Argentina**. Editorial UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO. Río Cuarto. (Cba) Argentina.
- CHEN, J. 1995. Integrating AVHRR derived NDVI with ecological modelling. *Middle States Geographer* –Vol. 28.
- DE LEÓN, M. 2003. Boletín técnico producción animal EEA. MANFREDI, año 1,2 y 3. http://www.proccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_naturales/00-pasturas_naturales.htm consultado 15/1/2014
- DE LEON, M. (2004). El manejo de los pastizales naturales. INTA EEA Manfredi. Informe Técnico Nro. 2. Córdoba. Argentina
- DI BELLA, C. 1997. **La tecnología satelital como herramienta para el manejo del pastizal natural**. Resúmenes conferencia y conclusiones. 3ra Jornada regional. Congreso de manejo de pastizales naturales, INTA San Cristóbal, Santa Fe.
- DI RIENZO, J A, F CASANOVES, M G BALZARINI, L GONZALEZ, M TABLADA y C W ROBLEDO. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- FACELLI, J M, E D'ANGELA y R J C LEÓN. 1987. **Diversity changes during pionner stages in a subhumidd pampean grassland sucesion**. *Am. Midl. Nat.* **121**: 125-133.
- FANTINO, E, N MONTANI, N MÓNACO, O BOCCO, M J ROSA y A HEGUIABEHHERE. 2010. **Efecto del pastoreo con diferentes tiempos de ocupación sobre los parámetros productivos de un pastizal (SE Córdoba, Argentina Central)** *Pastos XL* (1) 47-63.
- FERNANDEZ GRECO, R y L HIDALGO. 1993. **Evaluación de un sistema de pastoreo en un pastizal de la pampa deprimida Bonaerense**. En: *Revista argentina de producción animal* vol. 13, n 3,4,pp.235-246.
- GERBERMAN, A J, J A CUELLAR y H W GAUSMAN. 1984. Relationship of sorghum canopy variables to reflected infrared radiation for 2 wavelengths and 2 wavebands. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 50:209-214.
- GONELLA, C A. 1998. **Producciones de carne en sistemas pastoriles**. En: *ganadería intensiva II*. Biblioteca del campo, tomo 5. Ediciones Agro tecnológicas SRL. pp. 57-78.

- HACK, C M, C E TOMEI, E M CIOTTI, M E CASTELAN y M POLETTI. 2003. **Dinámica del rendimiento de ms de un pastizal bajo dos sistemas de pastoreo.** En: <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-028.pdf>.
- HUSS, D L. 1986. **Bosques y pastizales.** Pastizales naturales. Dirección de recursos naturales subsecretaria de asunto agrarios ministerio de la producción gobierno de la Pampa. En: www.dnr.lapampa.gob.ar. 15.02.2012
- JARSUM, B. 1993. **Plan Mapa de Suelos.** Hoja 3363-20, en: *Carta de Suelos de la República Argentina.* Uacha. INTA-Agricultura, Ganadería y Recursos Naturales. 72pp. Córdoba (Argentina).
- KALE, M, S SINGH y P ROY. 2002. Biomass and productivity estimation using aerospace data and geographic information system. *Tropical Ecology* 43(1): 123-136.
- KENNEDY, P. 1989. Monitoring the vegetation of Tunisian grazing lands using the Normalized Difference Vegetation Index. *Ambio* 18: 119 – 123.
- LANDI, M y I GALLI. 1984. Introducción al manejo del campo natural en la provincia de Entre Ríos. Boletín Técnico. Serie Producción Vegetal N° 24. INTA EEA Concepción del Uruguay. 20 pp.
- LEÓN, R J C y D L ANDERSON. 1983. **El límite occidental del Pastizal pampeano.** *Tuexenia* 3: pp.67-83.
- LUTI, R, A SOLIS, M GALERA, N FERREYRA, M MORES, M BERZAL, M HERRERA y J C BARERA. 1979. **Vegetación. Geografía física de la Provincia de Córdoba.** En: Vásquez, J.B.; R. Miatello & M. Roque (eds). Boldt. Buenos Aires (Argentina). Pp. 297-368
- MARTIN, B. 2004. Metodología para la caracterización de pastizales naturales del sur de Santa Fe. *Revista Agromensajes* 14. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional de Rosario.
- MENGHI, M y M HERRERA. 1998. Modelo de estados y transiciones para pastizales del valle de inundación del Río Dulce (Depresión de Mar Chiquita, Córdoba, Argentina) *Ecotrópicos* 12(2): 131-140.
- MENGHI, M, N MONTANI, N MÓNACO, M J ROSA y M HERRERA. 1998. **Diversidad y producción primaria en un pastizal inundable no pastoreado en la estepa pampeana** (Argentina central). *Pastos* 28(1), 51-67.

- MENGHI, M. 2000. Reserva Natural de Fauna “Laguna La Felipa. Un encuentro con el paisaje autóctono, sus ecosistemas y comunidades vegetales”. UNRC. Pp 80. Río Cuarto (Argentina).
- MENGHI, M, R SEILER, N MONTANI, N MÓNACO y M J ROSA. 2000. **Variación anual e interanual de la producción de un pastizal inundable en la estepa pampeana** (Argentina central). Relación con la precipitación y temperatura. *Pastos* **XXX** (1): 227-240.
- MONTANI, N, H BEGUET, M J ROSA, O BOCCO y N MÓNACO. 2005. Influencia de sobrepastoreo en variables estructurales y funcionales de un pastizal natural. *Fac. Agr. y Vet. UNRC*. <http://www.produccionbovina.com>. Consultado 6/11/2013.
- MÓNACO, N, N MONTANI y M J ROSA. 2005. **“Respuesta de un pastizal natural a diferentes períodos de uso”**. En: *Res. III Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales*. Oro Verde, Paraná, Entre Ríos. Pag 130
- MONTANI, N, M J ROSA, N MÓNACO y O BOCCO. 2007. **”Influencia de diferentes niveles de disturbios sobre algunos parámetros del pastizal natural”**. En *res IV Congreso Nacional sobre manejo de pastizales naturales*. Villa Mercedes-San Luis.
- MONTANI, N, M J ROSA, A HEGUIABHERE, N MÓNACO y V SANTA. 2009. **“Efecto del pastoreo sobre la estructura de un pastizal natural del SE de Córdoba”**. En *Res: 32º Congreso Argentino de Producción Animal*. Malargue, Mendoza.
- OESTERHELD, M G, F GRIGERA, J PACIN, A LAFONTAINE y J M PARUELO. 2003. **Uso del índice verde en la planificación, el manejo y el análisis de la producción ganadera**. Conferencia en congreso de cría, 09.03 Santa Fe
- ODUM, P E. 1972. **Ecología**. Nueva Editorial Interamericana, México. pp. 639.
- PARUELO, J M, H E EPSTEIN, W K LAUENROTH e I C BURKE. 1997. ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the US. *Ecology* 78:953-958.
- PASCALE, A J y E A DAMARIO. 1988. **Características agroclimáticas de la región pampeana**. *Revista Facultad de Agronomía* **9** (12). 41-64.
- PEREYRA MACHIN, M. 2003. **Pasturas naturales: algunas consideraciones a tener en cuenta**. Instituto plan Agropecuario, Uruguay. En: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/19-pastizales_naturales.htm.
- PIELOU, E C. 1975. *Ecological Diversity*. Jhon Wiley & Sons, Inc., New York. Pp. 165.

PRINCE, S D. 1991. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 12:1313-1330.

PUCHETA, E. 1995. **Efecto del pastoreo sobre la estructura y el funcionamiento de un pastizal natural de montaña del centro de Argentina**. Tesis doctoral. Pp 112. UNC. Córdoba (Argentina).

PUEYO J M, L LACOPINI, Y BONINI, J FONSECA, R LUDI y R GRANCELL. 2003. Productividad del campo natural Publicaciones. EEA INTA Paraná, Entre Ríos.

PUEYO J M, L LACOPINI, Y BONINI, J FONSECA, R LUDI y R GRANCELL. 2005. Productividad del pastizal natural. EEA Concepción del Uruguay.

RAUNKIER, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*, Clarendon, Oxford. Pp. 632. Citado por Silvia D. Matteucci y Aída colma, en **Metodología para el estudio de la vegetación**

RAVELLO, A C y R A SEILER. 1978. Agroclima de la provincia de Córdoba: **Expectativa de precipitación en el curso del año**. *Revista de Investigación Agropecuaria*, 14(3):15-36.

RICOTTA, C, G AVENA y A DE PALMA. 1999. Mapping and monitoring net primary productivity with AVHRR NDVI time-series: statistical equivalence of cumulative vegetation indices. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 54: 325-331.

RIPPLE, W J. 1985. Asymptotic reflectance characteristics of grass vegetation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 43:1915-1921.

RISSER, P. 1995. **Indicators of grssland sustainability: a first approximation in: M Munaasinghe & W Shearer (eds). *Defining and measuring sustainability*: 309-319. UNU**

ROSA, M J, N MÓNACO y N MONTANI. 2009. **Análisis de dos comunidades de pastizales naturales sometidos a diferentes manejos, del sudeste de Córdoba**. XXVIII *Revista de la UNRC*, Córdoba, Argentina.

RUETER B y M BERTOLAMI. 2005. **Evaluación de la productividad, degradación y ritmos bioclimáticos en Ecosistemas Áridos del distrito central, Mediante la utilización de percepción remota**. *Nat. Patagonia*.1:66-72.

SABATTINI R, B MURACCIOLE, S SIONE y S LEDESMA. 2008. *Revista científica Agropecuaria* 12(1): 5-13(2008). Facultad de ciencias Agropecuarias-UNER En: http://www.fca.uner.edu.ar/investigacion/publicaciones/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%2012/rca_12_1_pdf/RCA_146_Sabattini.pdf

- SALA, O E, M OESTERHELD, R J C LEÓN y A SORIANO. 1986. **Grazing effects upon plant community structure in subhumid grassland, of Argentina.** *Vegetation* **67**: 27-32.
- SALVUCCI, M, N MÓNACO, M J ROSA, A HEGUIABEHERE y V SANTA. 2011. **Efecto del pastoreo con diferentes tiempos de ocupación sobre los parámetros estructurales de un pastizal natural** (Ucacha, SE Córdoba, Argentina). *Gestión Ambiental* **22**: 31-41.
- SANTA V; M J ROSA, N MONACO y A. HEGUIABEHERE 2013. Determinación de la correlación entre datos de biomasa obtenidos a campo y NDVI obtenidos por sensores remotos a lo largo del arrollo Chucul. (Pcia. Córdoba).
- SELLERS, P J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis, and transpiration. *International Journal of Remote Sensing* **6**:1335-1372.
- SHANNON, C E y W WIENER. 1963. **The mathematical theory of communication.** **University of Illinois Press.** *Urbana*. Pp 117.
- SINGH, J S, W K LAURENROTH y R K STEINHORST. 1975. Review and assessmet of various techniques for estimating net aerial primary production in grassland from harvest data. *Bot. Rev.*, **41**,181-232.
- TUCKER, C J. 1977. Resolution of grass canopy biomass classes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing***43**:1059-1067.
- TUCKER, C y P SELLERS. 1986. Satellite remote-sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing* **7**(11):1395-1416.
- VIGLIZZO ROBERTO, Z E. 1989. Diversification, productivity and stability of agroecosystems in the semiarid pampas of Argentin. *Agricultural systems* **31**: pp. 279-290.
- WILLIAMS, D L, S GOWARD y T ARVIDSON. 2006. Landsat: Yesterday, today, and tomorrow. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **72**, 1171–1178.