

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

Trabajo final

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA AEREA DE UNA PROMOCION DE
ESPECIES INVERNALES ESTIMADA MEDIANTE CORTES E IMÁGENES
SATELITALES EN EL NORTE DE LA PAMPA DEPRIMIDA**

Alumno: Villanueva Manuel Antonio

Carrera: Ingeniería Agronómica

N° de Legajo: 26104/8

DNI: 34.126.115

Correo electrónico: manuvillanueva_29@hotmail.com

Tel: 02314-15407454

Directora: Ing. Agr. Esp. enProd. Anim. Mariel Oyhamburu. Curso de Forrajicultura y Praticultura.

Fecha de entrega: 29 de noviembre de 2018.-

INDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	7
HIPOTESIS	7
MATERIALES Y METODOS	8
Ubicación del área de estudio y características climáticas	8
Metodología y mediciones	8
Estimación de la productividad primaria neta aérea	9
Composición florística	10
Análisis estadístico	11
RESULTADOS	12
Régimen hídrico	12
Régimen térmico	13
Biomasa aérea total, biomasa verde, biomasa muerta, biomasa de latifoliadas y de broza	14
Productividad primaria neta aérea	17
Composición florística	18
DISCUSIÓN	21
CONSIDERACIONES FINALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
BIBLIOGRAFIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RESUMEN

La promoción de especies invernales genera un aumento de oferta forrajera de buen valor nutritivo a fines de otoño e invierno. El objetivo fue comparar la productividad primaria neta aérea (PPNA) obtenida mediante cortes e imágenes satelitales y los cambios producidos en la composición florística en una promoción de especies invernales a lo largo de tres años consecutivos. La promoción se realizó en “El Amanecer” (UNLP) en el mes de febrero, durante 2012, 2013 y 2014. Para el cálculo de la PPNA se utilizaron los cortes de biomasa de un área clausurada e imágenes satelitales. Se realizaron censos florísticos estacionales en los que se registró el número especies (NE), la cobertura vegetal total (CVT), cobertura vegetal verdes de gramíneas (CVG) y leguminosas (CVL), de latifoliadas (CL), de suelo desnudo (SD) y de broza (B). Se calculó el índice de diversidad (H). La biomasa total (BT) no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años. La PPNA estimada por el método de corte fue de 9760 kgMS/ha, 8513,6 kgMS/ha y 10306,5 kgMS/ha para los años 2012, 2013 y 2014 respectivamente y la PPNA estimada mediante imágenes satelitales fue de 6565 kgMS/ha, 6107 kgMS/ha y 6702 kgMS/ha para los mismos años respectivamente. La correlación entre ambos métodos arrojó un valor elevado ($r = 0,99$). El NE y H fueron significativamente menores ($p < 0,05$) en 2013 y no presentaron diferencias significativas entre 2012 y 2014. La CVT fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el año 2013 respecto de 2012 y no se encontraron diferencias significativas con el año 2014. La CVG fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en 2013 y sin diferencias entre los años 2012 y 2014. La CVL y CL fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en 2014 y sin diferencias entre los años 2013 y 2012. El SD no presentó diferencias significativas entre los años y la B fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en 2012 respecto del año 2014 y no hubo diferencias significativas entre los años 2013-2012 y entre 2014-2013. La aplicación de herbicidas genera cambios en la composición florística del pastizal y la PPNA estimada a partir de cortes de biomasa aérea presentó una correlación directa con la información brindada por los sensores remotos.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne bovina es una actividad importante para la economía Argentina representando el 35-40% del Producto Bruto Agropecuario Nacional. La Región Pampeana es el área ganadera por excelencia, contiene el 53% de la población vacuna nacional y se produce el 80% de la carne del país (Rearte, 2007).

La Pampa Deprimida, principal zona ganadera de la región, cuenta con una superficie de 95.000 km² de pastizales naturales y se caracteriza por ser una ganadería extensiva, sustentada en el aprovechamiento de los pastizales naturales, con escasa participación de pasturas implantadas, verdeos y otras fuentes de alimentación. Las especies nativas y/o naturalizadas componentes de los diferentes ambientes de pastizal presentan buen valor nutritivo y, por lo tanto, el rodeo de cría puede, en general, satisfacer sus requerimientos a lo largo del año (Cahuépe & Hidalgo, 2005).

Los cambios en el uso de la tierra en la Pampa Deprimida comenzaron lentamente en la década de 1960 y esos procesos se aceleraron hacia la década de 1970 (Barsky & German, 2009; Manuel-Navarrete *et al.*, 2009). En los últimos 15 años, la presión de la agricultura y los valores de la carne han generado un giro en la situación productiva de la zona, pasando de ser un área netamente de cría, a ser de recría e invernada de ciclo corto basada principalmente en pastizales naturales, con casi el doble de la carga animal histórica por hectárea (Vázquez *et al.*, 2006). Se ha realizado una simplificación en el uso complejo del agroecosistema acompañado por un aumento en el uso de insumos agroquímicos; los herbicidas han sido utilizados para reemplazar pastizales templados por cultivos reduciendo la biodiversidad en los agroecosistemas. Las pasturas y los cultivos forrajeros anuales fueron reemplazados por trigo-soja u otros cultivos, con lo cual, la consecuencia directa fue la reducción de las tierras asignadas para la producción de forraje en la zona fértil y aumento de la carga animal en las zonas menos fértiles de la Pampa Deprimida (Rodríguez & Jacobo, 2010).

La escasez de forraje durante el invierno restringe la capacidad de carga animal de los sistemas ganaderos basados en pastizales naturales (Deregibuset *al.*, 1995). Sin embargo, este déficit puede ser atenuado con la utilización de gramíneas de ciclo otoño-inverno-primaveral, permitiendo solucionar parcialmente este problema (Defeo, 2014). La promoción de especies invernales, como raigrás (*Lolium multiflorum*, L) puede ser una práctica recomendada para aumentar la oferta y la calidad de forraje durante los meses críticos haciendo más estable la producción de pasto y de carne a lo largo del año (Oyhamburuet *al.*, 2000). Para su realización se deben considerar tres

elementos: verificar la presencia de plantas de raigrás y otras especies invernales en el potrero; eliminación de la competencia para favorecer su germinación; y fertilizar con nitrógeno y fósforo con el fin de mejorar la disponibilidad de nutrientes y promover el crecimiento de especies invernales (Fernández, 2014).

La utilización de promociones de especies invernales permiten tener un forraje de muy buena calidad nutricional y de manera económica, por largo tiempo (De Batista & Costa, 2004). Los resultados de Agnelli *et al.*, (2014) aseveran esta afirmación porque han medido, en promociones de especies invernales de 10 años, ganancias de peso vivo en vaquillonas AA para servicio a 15 meses de 620 a 800 g/día.

Para que este recurso cumpla con la función de aportar forraje de calidad durante el invierno es importante conocer la dinámica de la biomasa y de la productividad primaria neta aérea (PPNA), para evaluar la receptividad del mismo, garantía de que los sistemas sean sustentables (Golluscio, 2009) y la composición florística porque refleja la diversidad y la riqueza de especies presentes, para el mantenimiento estructural y funcional del mismo (Gliessman, 2002).

Para estimar la PPNA hay diferentes métodos dentro de ellos se destacan los clásicos modelos climáticos simples basados en un número limitado de datos; que relacionan la productividad con la temperatura o la precipitación y son frecuentemente utilizados para estimación regional (Gómez & Gallopin, 1991). Otros métodos la estiman en función de la tasa de rotación de la biomasa del recurso forrajero. En las praderas y estepas con rotación de biomasa rápida, uno de los mejores métodos para estimar PPNA es cosechar la biomasa en el pico de la temporada de crecimiento. Modificaciones a este método incluyen varias cosechas de biomasa en toda la temporada de crecimiento. En el cual se estima tanto mínimo y máximo de biomasa, a través de la diferencia entre dichos valores de biomasa; y supone un aumento monótono de la biomasa a partir de un mínimo a un máximo valor de una separación en el tiempo de los procesos de producción y senescencia (Flombaum & Sala, 2007).

Por último, dos métodos, uno basado en la hipótesis del aumento de biomasa monótona y suma todas las diferencias consecutivas de los puntos mínimos y los pico máximos. Para lo cual requiere de múltiples estimaciones a lo largo de la estación de crecimiento en lugar de una o dos como los métodos anteriores. El otro, se fundamenta en una serie de momentos de biomasa verde, material muerto en pie y broza. Usando un conjunto de datos en la cual la biomasa verde se separa entre las especies que lo componen, el material muerto en pie y la broza no son diferenciadas entre especies y la PPNA se estima a partir de la sumatoria de los incrementos positivos (Sala & Austin, 2000; Oesterheld *et al.*, 2014).

Si bien los métodos tradicionales de estimación de la biomasa a través del corte, secado y pesado de material vegetal son muy precisos (a pesar de que pueden acumular ciertos errores) representan un gran costo en términos de tiempo y recursos; además generan pequeñas áreas de disturbio que alteran la condición natural del agroecosistema (Pucheta *et al.*, 2004).

Para disminuir lo antedicho se ha puesto énfasis en nuevas tecnologías tales como la teledetección, las cuales demuestran que las imágenes satelitales son muy útiles como una herramienta para valorar la productividad en un espacio geográfico de gran magnitud en distintos momentos del año. Dentro de la teledetección, el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) es un estimador lineal de la fracción de radiación fotosintéticamente activa absorbida por los tejidos fotosintéticos de las plantas (Santa *et al.*, 2013). Este índice, combinado con cierta información climática, permite conocer la radiación absorbida por una pastura o verdeo, y estimar su productividad (Oesterheld *et al.*, 2005; Oesterheld *et al.*, 2014).

A pesar del aumento en el uso de las imágenes satelitales en los últimos años, son pocos los trabajos que utilizan las dos metodologías (cortes e imágenes) lo cual hace necesario realizar este tipo de estudios para generar nuevos conocimientos que permitan mejorar la utilización de los recursos forrajeros.

OBJETIVOS

Comparar la productividad primaria neta aérea (PPNA) obtenida mediante cortes e imágenes satelitales y los cambios producidos en la composición florística en una promoción de especies invernales a lo largo de tres años consecutivos.

HIPOTESIS

La PPNA obtenida a partir de cortes de biomasa aérea presentará una correlación directa con la información brindada por los sensores remotos, siguiendo la distribución de las precipitaciones y a su vez se esperan cambios en la composición florística del recurso.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el establecimiento “El Amanecer”, partido de Magdalena cercano a la localidad de Vieytes, ubicado al noreste de la Pampa Deprimida en la llanura plana (57° 07' O; 35° 01' S), provincia de Buenos Aires. El mismo es propiedad de la Universidad Nacional de La Plata y está administrado por las Facultades de Ciencias Agrarias y Forestales y de Ciencias Veterinarias. Cuenta con una superficie de 254 hectáreas; la actividad principal es la cría bovina sobre pastizal natural y la recría de vaquillonas para servicio a 15 meses en promoción de especies invernales y pasturas perennes.

Características climáticas

El clima zonal es templado húmedo, con una precipitación media anual de 1000 mm, con régimen isohigro. La temperatura media anual es de 15,9°C con máxima absoluta de 37,4°C en enero y mínima absoluta de -4,1°C en junio. El periodo libre de helada es de 7 meses, desde el mes de octubre a abril.

Metodología y mediciones

La promoción de especies invernales se realizó todos los años en el mes de febrero, durante el 2012 se aplicaron 5 l/ha de glifosato, 1 l/ha de 2,4 DB y se fertilizó con 100 kg/ha de superfosfato triple (SPT) y con 70 kg/ha de urea en macollaje. En el 2013 se aplicaron 1,8 kg/ha de glifosato y 1 l/ha de 2,4 D en febrero y 1 l/ha de 2,4 DB en el mes de abril; y se fertilizó con 100 kg/ha de urea. En el 2014 se aplicaron en marzo 1 l/ha de 2,4 DB y 400 cc/ha de 2,4 D éster y 200 cc/ha de Dicamba en el mes de abril. Se fertilizó con 90 kg/ha de urea en macollaje. Los datos de los análisis de suelo fueron los siguientes (tomados a 15 cm): para 2012 la cantidad de fósforo fue 11,3 ppm, los nitratos 36,2 ppm, la materia orgánica 4,3% y el pH 6; para el año 2013 la cantidad de fósforo fue 17,8 ppm, los nitratos 34,5 ppm, la materia orgánica 5% y el pH 5,8 y para 2014 la cantidad de fósforo fue 13,1 ppm, los nitratos 12,2 ppm, la materia orgánica 3,8% y el pH 6.

Se utilizaron datos de cortes para comparar la biomasa y los valores de productividad primaria neta aérea (PPNA) obtenidos de un área clausurada (10 m de ancho por 20 m de largo) en la promoción de especies invernales durante los años 2012, 2013 y 2014.

Para los mismos se habían realizado 5 cortes de 0,25 m² al ras del suelo, distribuidos al azar, desde mayo a diciembre, aproximadamente cada 30 días; siendo el inicio el 2 de mayo para el año 2012, 10 y 16 del mismo mes para los años 2013 y 2014 respectivamente. El material cosechado fue separado en 4 fracciones, biomasa

verde (BV), biomasa muerta (BM), biomasa de latifoliadas (BL) y broza (B), y se colocaba en estufa para secar a 60°C hasta peso constante.

Estimación de la productividad primaria neta aérea

Por el método de corte: Con los valores obtenidos de los cortes de biomasa se estimó la PPNA como la sumatoria de los incrementos de la biomasa verde, a la cual se le sumarán los incrementos de material muerto en pie y los incrementos de broza, considerando que ambos ocurrirán al mismo tiempo (Sala & Austin, 2000).

Por el método de las imágenes satelitales: Se utilizó información provista por sensores remotos de observación terrestre, datos climáticos y de uso de la tierra; basados en un modelo ecofisiológico. Según este modelo, la PPNA en un periodo de tiempo determinado puede ser calculada como: $PPNA \text{ (kg/ha/mes)} = RFAA \text{ (MJ/ha/mes)} \times EUR \text{ (kgMS/MJ)}$.

Donde RFAA es la cantidad de radiación fotosintéticamente activa proveniente del sol que es absorbida por la vegetación, y el EUR (eficiencia en el uso de la radiación) la proporción de esa energía que es convertida en nuevos tejidos. Actualmente se estima la EUR de los distintos recursos forrajeros en base a calibraciones empíricas muy ajustadas entre la RFAA y la productividad estimada a campo mediante cortes de biomasa.

La RFAA es un dato que se obtuvo de estaciones meteorológicas, la cual depende de la radiación fotosintéticamente activa incidente y de la fracción de esta que es absorbida por el canopy ($fRFA$). Esta última variable se estima a partir de datos mensuales generados por el sensor MODIS, que registra esta información desde el año 2000. Para ello se utilizan relaciones conocidas y paramétricas localmente entre índices de vegetación y $fRFA$. Los índices de vegetación se basan en la propiedad de la vegetación verde de reflejar diferencialmente la radiación de distintas longitudes de onda (Paruelo *et al.*, 2005).

Para obtener los datos satelitales se utilizó la información precisa de la ubicación del establecimiento y del recurso a estudiar para evaluar mediante las coordenadas geográficas (Latitud, Longitud) o mediante la interface visual que se encuentra al ingresar al siguiente sitio web: http://daac.ornl.gov/cgi-bin/MODIS/GLBVIZ_1_Gib/modis_subset_order_global_colt5.pl. Haciendo uso del zoom de la imagen se pudo ubicar el recurso promoción de especies invernales; una vez seleccionado el sitio, se especificaron ventanas cuadradas o rectangulares desde un pixel de 100 km de lado. En este caso se usó de un pixel con una resolución de 250m x 250m (6,25 ha), generados cada 16 días; seguidamente se solicitó la opción Vegetación Índices NDVI, EVI. Luego se especificó la cobertura temporal de los datos

solicitados que en este caso fue el rango comprendido entre los años 2012, 2013 y 2014 y finalmente enviaron la información requerida vía mail.

Con los datos de NDVI obtenidos se procedió a convertirlos a radiación fotosintéticamente activa que es absorbida por la vegetación (fPAR); para ello se hizo uso de la siguiente ecuación, en la cual se considera el mínimo valor entre el resultado de la ecuación y 0,95 (calibrada para recursos forrajeros de la Región Pampeana): $fPAR = \min\left[\frac{(1+NDVI)}{(1-NDVI)} \cdot \frac{(11,62-1,55)}{(11,62-1,55)} - \frac{(1,55)}{(11,62-1,55)}, 0,95\right]$.

El producto fPAR x PAR se denomina APAR, que representa el PAR que está siendo absorbido por la vegetación verde; el cual se encuentra comprendido entre los valores 400 y 700 nm y representa el 45% de la radiación total incidente. El PAR se obtuvo del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, Brasil,) <http://satelite.cptec.inpe.br/radiacao/?j=es#/Glseries/GLpentad>. Para estimar la EUR se utilizaron datos de publicaciones en diferentes fuentes bibliográficas, en este caso se utilizó el valor de 1; además la PPNA estimada a partir de cortes de biomasa se relacionó linealmente con la radiación fotosintéticamente activa absorbida por la vegetación (APAR= fPAR x PAR).

Finalmente, una vez obtenidos los datos de fPAR, PAR y EUR con la correspondiente extensión y resolución temporal y en las unidades correspondientes, se calculó la PPNA a través de la siguiente ecuación (Garbulsky, 2012): $PPNA(g\ MS.m^{-2}.día^{-1}) = fPAR \times PAR (MJ.m^{-2}.día^{-1}) \times EUR (g\ MS.MJ^{-1})$.

Composición florística

La descripción de la composición florística se realizó en la clausura mediante el promedio de tres censos fitosociológicos por cada estación (otoño, invierno y primavera) empleando el método de Braun Blanquet, durante los tres años. En cada censo se registraron el número especies (NE), cobertura vegetal total (CVT), cobertura vegetal verde de gramíneas (CVG) y cobertura vegetal verde de leguminosas (CVL), cobertura de latifoliadas (CL) de suelo desnudo (SD) y de broza (B) en una superficie de 25m². Con los datos de cobertura de cada especie, se calculó la proporción relativa de cada una a lo largo de todo el ciclo y con los mismos datos el índice de Shannon-Wiener (1949) para evaluar la diversidad florística de cada estación y tratamiento, según la siguiente fórmula: $H = -\sum p_i \ln p_i$; donde H es diversidad y p_i es la proporción de cada una de las especies presentes en cada sitio censado.

Análisis estadístico

Con la información obtenida, tanto de los cortes de biomasa como la aportada por las imágenes satelitales se procedió a realizar una correlación de Pearson (coeficientes/probabilidades) entre ambas estimaciones de la PPNA.

Los censos florísticos y la biomasa se analizarán mediante ANOVA y las medias se compararon mediante el test Tukey ($p < 0,05$) con un diseño completamente aleatorizado ($n=3$).

RESULTADOS

Régimen hídrico

Las precipitaciones promedio registradas en el establecimiento durante el periodo 1999-2011 (últimos doce años) fueron de 976 mm. En el año 2012 todos los meses, excepto febrero, agosto, octubre y diciembre, fueron menores comparados con los valores promedio; en 2013 (excepto abril, mayo, julio, septiembre y noviembre) fueron menores al promedio; y en 2014 (excepto enero, febrero, mayo, julio, septiembre, octubre y noviembre) fueron menores que los valores promedio (Figura 1).

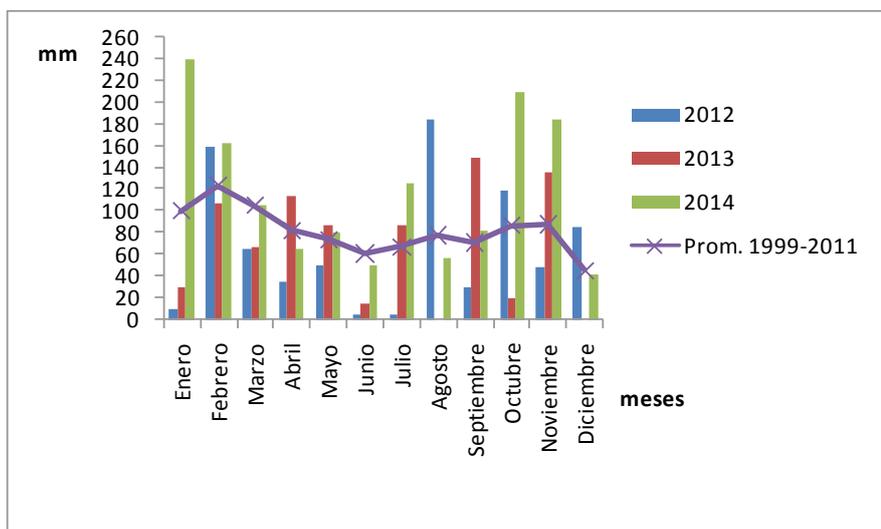


Figura 1: Promedio de precipitaciones mensuales (mm) de los últimos 12 años (1999-2011) y de 2012, 2013 y 2014 en el Establecimiento El Amanecer.

En los años 2012, 2013 y 2014 se registraron 798, 812 y 1405 mm respectivamente y en la Figura 2 se observa su distribución mensual.

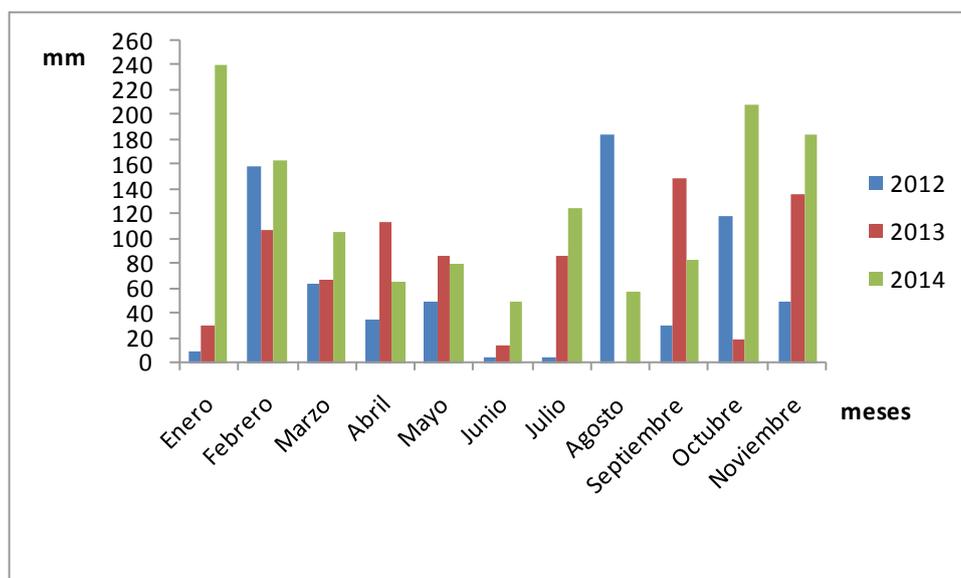


Figura2: Precipitaciones (mm) mensuales registradas durante los años 2012, 2013 y 2014 en el Establecimiento El Amanecer.

Régimen térmico

En las Tablas 1 y 2 se indican las temperaturas medias registradas en los años de estudio 2012, 2013 y 2014(Servicio Meteorológico Nacional, Estación meteorológica de La Plata).

Tabla 1: Temperaturas medias (°C) mensuales registradas en los años 2012, 2013 y 2014.

Meses/Años	Temperaturas (°C)		
	2012	2013	2014
Enero	26,1	24,0	24,7
Febrero	25,1	23,1	21,3
Marzo	21,1	18,7	19,0
Abril	17,4	17,9	16,2
Mayo	16,9	13,7	10,0
Junio	11,1	11,0	10,3
Julio	8,5	10,2	10,2
Agosto	12,8	10,7	12,7
Septiembre	15,0	12,7	14,2
Octubre	17,8	16,8	18,2
Noviembre	21,4	19,8	18,8
Diciembre	23,7	25,6	21,3

Tabla 2: Temperaturas mínimas(°C) mensuales registradas en los años 2012, 2013 y 2014.

Meses/Años	Temperaturas (°C)		
	2012	2013	2014
Enero	18,1	17,4	18,1
Febrero	18,1	16,7	17,3
Marzo	15,1	12,0	14,1
Abril	10,2	11,3	11,7
Mayo	10,1	8,4	4,5
Junio	5,5	4,5	5,2
Julio	3,5	4,6	4,6
Agosto	10,0	4,1	7,3
Septiembre	11,4	7,5	9,5
Octubre	13,8	11,4	13,4
Noviembre	14,7	14,1	13,5
Diciembre	17,0	18,4	15,8

Biomasa aérea total, biomasa verde, biomasa muerta, biomasa de latifoliadas y de broza

Los valores medios registrados de biomasa aérea total (kgMS/ha) y de los diferentes compartimentos para los tres años se observan en la Tabla 3.

Tabla 3: Biomasa verde (BV), biomasa muerta (BM), biomasa de latifoliadas (BL), broza (B) y biomasa aérea total (BT), expresado en kgMS/ha, de los tres años.

Años	BV(kgMS/ha)	BM(kgMS/ha)	BL(kgMS/ha)	B (kgMS/ha)	BT(kgMS/ha)
2012	16792	10952	30,4	2896	30670,4
2013	18397,9	9866,3	218	866,7	29348,9
2014	25238,2	7826,5	350,2	1582,7	34997,6

Los valores promedios de los cortes realizados en los tres años de los compartimentos separados de biomasa se observan en la Tabla 4.

Tabla 4: Promedio de los cortes realizados en los diferentes años de biomasa verde (BV), biomasa muerta (BM), biomasa de latifoliadas (BL), broza (B) y biomasa total (BT) expresado en kgMS/ha.

Años	BV (kgMS/ha)	BM (kgMS/ha)	BL (kgMS/ha)	B (kgMS/ha)	BT (kgMS/ha)
2012	3768	272	14,4	488	4542,4
2012	2760	1072	0	656	4488
2012	1864	1168	0	104	3136
2012	712	3040	0	0	3752
2012	1160	2208	0	0	3368
2012	2504	1104	6,4	776	4390,4
2012	4024	2088	9,6	872	6993,6
2013	1486,7	446,7	9,3	0	1942,7
2013	2433,3	1133,3	6	0	3572,6
2013	1806,7	1373,3	0	0	3180
2013	2786,7	1880	6	126,7	4799,4
2013	1998,5	1096,7	0	33,3	3128,5
2013	3475,6	2268,9	0	306,7	6051,2
2013	4410,4	1667,4	196,7	400	6674,5
2014	1579,2	571,4	109,5	0	2260,1
2014	1866,7	1020	91,3	0	2978
2014	2584	900	11,6	0	3495,6
2014	2826,8	564	2,8	256	3649,6
2014	4651,5	1890	8	200	6749,5
2014	5540	1871,1	44	186,7	7641,8
2014	6190	1010	83	940	8223

La biomasa verde (BV) no presento diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012, 2013 y 2014 (Tabla 5).

Tabla 5: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de biomasa verde (BV) expresadas en kgMS/ha para los distintos años.

Años	BV (kgMS/ha)
2012	2398,9 ± 534,1 a
2013	2628,3 ± 534,1 a
2014	3605,5 ± 534,1 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La biomasa muerta (BM) no presento diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012, 2013 y 2014 (Tabla 6).

Tabla 6: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de biomasa muerta (BM) expresadas en kgMS/ha para los distintos años.

Años	BM (kgMS/ha)
2012	1564,6 ± 268,9 a
2013	1409,5 ± 268,9 a
2014	1118,1 ± 268,9 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La biomasa de latifoliadas (BL) y la biomasa de broza (B) no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012, 2013 y 2014 (Tabla 7).

Tabla 7: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de biomasa de latifoliadas (BL) y de biomasa de broza, expresadas en kgMS/ha para los distintos años.

Años	BL (kgMS/ha)	B (kgMS/ha)
2012	4,3 ± 18,7 a	413,71 ± 115,2 a
2013	31,1 ± 18,7 a	123,81 ± 115,2 a
2014	50,0 ± 18,7 a	226,10 ± 115,2 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

La biomasa total (BT) no presento diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012, 2013 y 2014 (Tabla 8).

Tabla 8: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de biomasa total (BT) expresadas en kgMS/ha para los distintos años.

Años	BT (kgMS/ha)
2012	4381,7 ± 710,1 a
2013	4192,7 ± 710,1 a
2014	4999,6 ± 710,1 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Productividad primaria neta aérea

La productividad primaria neta aérea (PPNA) estimada mediante los valores obtenidos de los cortes de biomasa fue de 9760 kgMS/ha, 8513,6 kgMS/ha y 10306,5 kgMS/ha para los años 2012, 2013 y 2014 respectivamente y fue superior en promedio en un 32 % a la PPNA estimada por imágenes, cuyos valores fueron de 6565 kgMS/ha, 6107 kgMS/ha y 6702 kgMS/ha para los mismos años (Figura 3).

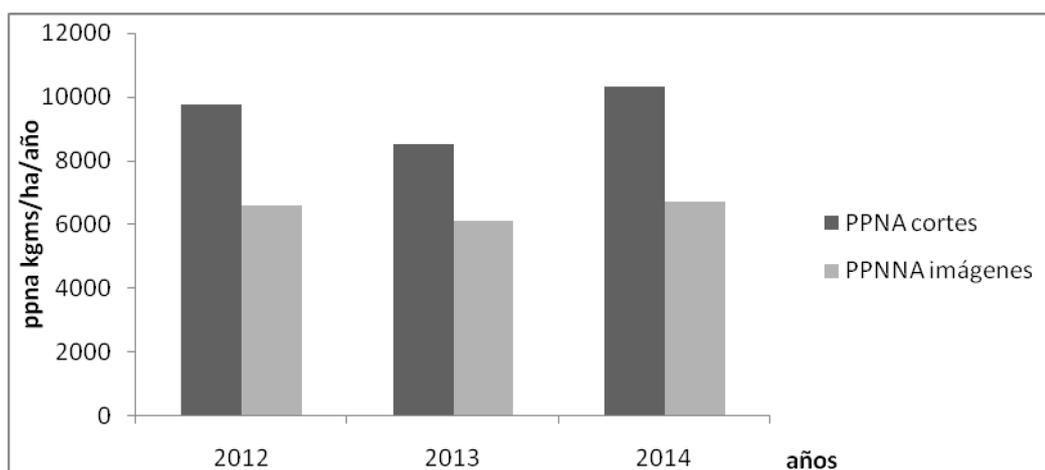


Figura 3: Productividad Primaria Neta Aérea (kgMS/ha/año) estimada mediante cortes e imágenes, para los años 2012, 2013 y 2014.

Con los datos de PPNA estimada mediante cortes e imágenes se obtuvo un coeficiente de correlación elevado ($r=0,99$) con una probabilidad de error del 8 % ($p=0,08$). Estimación mediante cortes: 1,00 0,08. Estimación mediante imágenes satelitales 0,99 1,00.

Entre las variables comparadas el valor 0,99 indica que la asociación entre ambas variables es positiva, es decir, a medida que aumentan los valores de cortes aumentan los valores de imágenes y viceversa). Su magnitud, cercana al valor 1, muestran alta asociación lineal.

Composición florística

El número de especies (NE) fue significativamente menor ($p < 0,05$) en el año 2013 y no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012 y 2014 (Tabla 9).

Tabla 9: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de número de especies para los distintos años.

Años	Número de especies
2012	4,5 ± 0,5 b
2013	3,0 ± 0,5 a
2014	6,0 ± 0,4 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El porcentaje de cobertura vegetal total promedio fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el año 2013 respecto de 2012 y no se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012-2014 y 2013-2014 respectivamente (Tabla 10).

Tabla 10: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de cobertura total expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Cobertura total (%)
2012	70,9 ± 2,9 a
2013	81,6 ± 2,6 b
2014	78,6 ± 2,4 ab

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El porcentaje de cobertura de gramíneas promedio fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el 2013 e igual en los años 2012 y 2014 (Tabla 11).

Tabla 11: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de cobertura de gramíneas expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Cobertura de gramíneas (%)
2012	68,6 ± 3,1 a
2013	79,4 ± 2,8 b
2014	67,8 ± 2,6 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El porcentaje de cobertura de leguminosas y de latifoliadas promedio fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en el 2014 e igual en los años 2013 y 2012 (Tabla 12 y 13).

Tabla 12: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de cobertura de leguminosas expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Cobertura de leguminosas (%)
2012	0,6 ± 0,8 a
2013	1,5 ± 0,7 a
2014	8,3 ± 0,7 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 13: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de cobertura de latifoliadas expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Cobertura de latifoliadas (%)
2012	1,8 ± 0,4 a
2013	0,7 ± 0,3a
2014	3,0 ± 0,3 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El porcentaje de suelo desnudo (SD) no presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años (Tabla 14).

Tabla 14: ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de suelo desnudo (SD) expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Suelo desnudo (%)
2012	7,9 ± 1,9 a
2013	5,7 ± 1,7 a
2014	10,1 ± 1,6 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El porcentaje de broza (B) fue significativamente mayor ($p < 0,05$) en 2012 respecto del año 2014. No se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2013-2012 y entre 2014-2013 (Tabla 15).

Tabla 15:ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de broza expresadas en porcentaje para los distintos años.

Años	Broza (%)
2012	21,6 ± 3,0 b
2013	12,6± 2,7 ab
2014	11,7 ± 2,6 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) fue significativamente ($p < 0,05$) menor el año 2013 y no presento diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los años 2012-2014 (Tabla 16).

Tabla 16:ANOVA y test de Tukey correspondiente a las medias de diversidad específica (H) para los distintos años.

Años	H
2012	0,9 ± 0,1 b
2013	0,5 ± 0,1 a
2014	1,1 ± 0,1 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

La productividad primaria neta aérea explica el 80 por ciento de la variabilidad espacial de la carga animal. Por lo tanto no solo el valor de la PPNA es importante sino que el conocimiento de la variabilidad a través de los años y su distribución estacional posibilita una planificación forrajera sobre bases más sólidas. Es así que los datos obtenidos de las imágenes satelitales brindan una medida de la variación de la productividad primaria neta aérea entre años y dentro de un mismo año (Lizzi *et al.*, 2007). En este trabajo se busca comparar la PPNA determinada por cortes e imágenes y conocer la variabilidad de la misma.

La BT y los diferentes compartimentos de la biomasa no presentaron diferencias en los tres años. Estos resultados se asocian a las compensaciones que se dieron en los distintos componentes de la BT, tal como lo menciona Rodríguez & Cayssials (2011), en ausencia de pastoreo, la biomasa muerta en pie se acumula, ya que las gramíneas en general no poseen mecanismos de abscisión de las hojas y las hojas muertas permanecen adheridas a la planta por largos períodos de tiempo hasta que finalmente caen y pasan a formar parte de la broza. La cantidad de BV para el año 2012 fue 6% menor que en el 2013 y 66% menor que en el 2014. A pesar que en mayo y junio del año 2012 la BV para ambos meses fue 60% mayor que el año 2013 y 38% mayor que el año 2014; esto se dio por que las temperaturas mínimas del mes de mayo principalmente para el año 2012 fue 1,2 °C más que en 2013 y 5,6 °C más que en 2014 y mayores que el promedio.

La diferencia de BV se acentúa más entre el año 2012 y 2013 que la diferencia entre el año 2012 y 2014, posiblemente debido a la influencia clave de las precipitaciones, del mes de febrero para desencadenar la germinación. Fernández (2014) encontró que cuando las precipitaciones de verano son menores el crecimiento del recurso es lento y coincide con Pose *et al.*, (2005) que relacionan positivamente las precipitaciones del año anterior, para paisajes llanos de la Pampa Deprimida, donde el equilibrio hídrico de verano parece ser un importante regulador de la cobertura, señalando además, que las lluvias de marzo actúan positivamente sobre la biomasa aérea.

La BM inicial del año 2012 es 83% menor que la del año 2013 y 110 % menor que la del 2014. Esto permite que el raigrás germine con menor competencia e intercepte mayor cantidad de luz que llega a la cubierta del suelo. Es así que semillas, que son partes del stand, por falta de condiciones óptimas de germinación y de competencia no desarrollan naturalmente (Eirin, 2008), mostrando un retraso en la producción de biomasa.

Para los meses invernales de julio, agosto y septiembre tanto la BT como la BV alcanzan valores similares en los tres años, a pesar de que las temperaturas mínimas y las precipitaciones son diferentes. A mediados de la primavera se observa como la BT para los años 2013 y 2014 superan a la del año 2012 gracias a las mayores precipitaciones, a pesar de encontrarse distribuida de manera diferente en los mismos meses; para luego culminar con BT similar en los tres años. Lo mismo ocurrió para la BM donde las especies van avanzando en el ciclo y con ello aumenta la senescencia foliar, concordando con Fernández, 2014.

La PPNA generalmente presenta grandes variaciones anuales, difíciles de monitorear debido a dificultades metodológicas. Los métodos tradicionales se basan en cortes de biomasa, proceso costoso en el tiempo y que demanda mucho esfuerzo (Baeza *et al.* 2011), pero no por ello menos precisos. Los valores de PPNA mediante corte estimados en este trabajo, en todos los años, fueron superiores a lo encontrado por Fernández (2014) para este recurso durante el año 2011, esto se debe a que en los años 2012, 2013 y 2014 las precipitaciones anuales fueron mayores y la distribución diferente a las ocurridas en el año de estudio del mencionado autor. Oyhamburu *et al.*, 2013 estimó valores de PPNA para los años 2011-2012 mayores a los encontrados en este trabajo aún cuando las precipitaciones de los años 2013 y 2014 fueran mayores a las ocurridas en los años 2011 y 2012. Cuando se comparan las precipitaciones anuales con respecto al promedio 1999-2011 solo el año 2014 es mayor, los otros dos años arrojan valores inferiores a 976 mm que es el valor promedio histórico.

Los valores de PPNA fueron mayores a los encontrados por Herrero (2007) en *Lolium multiflorum* implantado y fertilizado con diferentes fuentes de nitrógeno.

La correlación entre la PPNA estimada por corte e imágenes presentó un valor elevado, muy distinto al obtenido por Santa *et al.* 2013, en un pastizal de Córdoba con una asociación del 0,5; posiblemente debido a los altos porcentajes de cobertura total, ya que la cantidad de radiación que es reflejada por la superficie en longitudes de onda correspondientes al rojo y al infrarojo cercano se relaciona directamente con la cantidad de biomasa verde sobre la superficie y por lo tanto con la PPNA (Paruelo *et al.* 2005; Baeza *et al.*, 2011). Oyhamburu *et al.* 2013 registraron en una clausura de promoción de especies invernales, una alta cobertura total (más del 85%), y dada por pocas especies de gramíneas y broza, mientras que bajo pastoreo la cobertura total es de gramíneas, dicotiledoneas y suelo desnudo, estos dos componentes se incrementan en detrimento de las gramíneas y la broza. Santa *et al.*, 2013 encontraron que la correlación es menor cuando existen áreas de suelo desnudo.

Los valores de PPNA estimado por imágenes satelitales son un 32% menores que los obtenidos mediante corte, posiblemente asociado a la sensibilidad de reflectividad del suelo donde se sitúan las plantas; en zonas donde la cobertura vegetal es baja la reflectividad correspondiente a un pixel en la banda infraroja y en la banda roja vendrían determinados fundamentalmente por el suelo, con una pequeña variación debido a la presencia de la vegetación. Dando como resultado, un índice de vegetación con valores muy similares al suelo desnudo siendo imposible determinar la presencia de vegetación (Sanchez Rodríguez *et al.*, 2000); si bien las coberturas vegetales de este trabajo son altas, la superficie abordada por un pixel es de 6,5 hectáreas mientras que la clausura donde se llevó a cabo la estimación de PPNA por corte representa 0,02 ha; o sea un 71% menor. Con lo cual el pixel estaría registrando datos de una superficie perturbada por el pastoreo animal; tal como lo mencionan Oesterheld *et al.*, 2011 una de las dificultades viene dada por la resolución del sensor utilizado para estimar la fRFA, donde cada pixel cubre una área y por lo tanto no se puede diferenciar que sucede dentro del pixel. Siendo un inconveniente cuando se intenta conocer la PPNA de pequeñas unidades de manejo, como sería el caso de la clausura que se está evaluando en este trabajo.

La estructura de la vegetación se describe generalmente a partir de estudios de campos basados en censos florísticos o descripciones fisionómicas. La cobertura total vegetal para el año 2013 fue igual a la de 2014 y mayor a la de 2012 debido a que en este último año se produjo una sequía en los meses invernales de junio y julio que generó la muerte de individuos, sumado a la caída de precipitaciones abundantes en el mes de agosto, esto coincide por lo encontrado por Oyhamburu *et al.*, 2013. No se encontraron diferencias entre los años 2013 y 2014, por la mayor cobertura aportada por raigrás en el primero de estos años y en el segundo por el aporte de gramíneas primavero estivales; es así como, en condiciones naturales existe una complementación estacional marcada entre gramíneas C3 y C4, siendo las primeras dominantes en invierno y las segundas en primavera-verano (Sala *et al.*, 1981). Esto llevó a que la cobertura de gramíneas sea mayor en 2013 respecto de los otros dos. No se observan diferencias entre los años 2012 y 2014 debido que en el primero prevaleció una mayor cobertura de especies latifoliadas durante el año y en el 2014 la cobertura fue dada por especies gramíneas primavero estivales que en el total del año compensó el valor de cobertura total.

La cobertura de leguminosas fue mayor en 2014 debido a que en este año no se utilizó herbicida total para realizar la promoción de especies invernales; realizándose por medio del consumo animal con alta carga animal instantánea y posterior aplicación de herbicidas hormonales. Al igual que Fernández, 2014 se encontró un aumento de la

cobertura de gramíneas anuales y latifoliadas; pero diferente en lo que respecta a la cobertura de leguminosas, donde dicho autor en el año 2011 registró una disminución de las mismas mientras en este trabajo aumentaron para el año 2014.

El SD no mostró diferencias entre los tres años esto probablemente por la distribución espacial y temporal de los difentes compartimentos a los largo del año. Si bien el año 2012 presentó condiciones extremas de sequía y precipitaciones durante el invierno, el suelo permaneció cubierto por el aporte de los compartimentos broza y/o biomasa muerta.

La cantidad de B fue mayor en el año 2012 producto dela escasez de lluvias en los meses de junio y julio que provocó la muerte de un gran número de individuos; asociado a la escasa profundidad del sistema radicaly a una alta vulnerabilidad del raigrás y otras especies invernales anuales al estrés hidrico invernal como manifiestan Oyhamburu *et al.* 2013, sumado a las altas precipitaciones ocurridas en el mes de agosto que acentuo la muerte de las plantas por asfixia de las raíces.Los valores de B de todos los años estudiados fueron mayores alos valores encontrados por Fernández, 2014 en el año 2011. Esto estaría asociado a las mayores precipitaciones ocurridas en los años 2013 y 2014 conrespecto al 2011, lo cual generó un aumento de la BV, BM y por consiguiente de la B.

El numero de especies fue mayor en los años 2012 y 2014 respecto de 2013, predominando en el año 2012 las latifoliadas como por ejemplo:“falsa biznaga” *Ammivisnaga*, “verbena” *Verbena bonariensis*, “cardo chileno”*Carduusacanthoides* “oreja de ratón” *Dichondramicrocalixy* en el año 2014 principalmente especies gramíneas primavera estivales.El menor número de especies durante el año 2013 probablemente está asociadoa la aplicación de herbicidastotales y hormonales,mientras que en el 2014 se usaron herbicidas hormonales que ejecieron mayor presion de selección en detrimento de especies latifoliadas, favoreciendo a las gramíneas.Tal como lo mencionan Rodríguez & Jacobo (2010) el uso de herbicidas en pastizales humedos reduce la diversidad y esto se ve reflejado en el índice de diversidad específica (H)que da un valor menor para el año 2013 respecto a losotros años.Donde la especie dominante fue *raigrás* la cual colonizo la mayor parte del suelo;ya que bajo condicionesde exclusión al pastoreo, una mayor altura yhojas más largas son atributos que confieren a las especies ventajas competitivaspara la captación de luz y son los que se expresan más claramente asociadosa estas condiciones (Rodríguez&Cayssials,2011). Lo mismo fue expresado por Defeo, 2014 donde las gramíneas tienen mayor habilidad competitiva y comienzan a incrementar su biomasa y ocupar así el espacio vertical y horizontal interceptando la llegada de luz al suelo.

CONSIDERACIONES FINALES

La aplicación de herbicidas total y hormonal no selectivo para leguminosas genera cambios en la composición y el número de especies en el pastizal donde predomina la comunidad Pradera húmeda de mesófitas, favoreciendo el establecimiento de especies invernales anuales.

La PPNA obtenida a partir de cortes de biomasa aérea presentó una correlación directa con la información brindada por los sensores remotos, siguiendo la distribución de las precipitaciones y a su vez hubo cambios en la composición florística del recurso permitiendo de esta manera afirmar la hipótesis planteada en este trabajo.

En los últimos años se ha puesto mucho énfasis en las estimaciones de PPNA de recursos forrajeros mediante sensores remotos; aunque es poca la bibliografía que compara dos métodos como en este trabajo, por ello es necesario seguir estudiando el comportamiento de estos recursos mediante el uso de imágenes con sensores que están equipados con resoluciones espaciales más precisas y de superficies menores que se ajustarían mejor a clausuras excluidas al pastoreo.

BIBLIOGRAFIA

- Agnelli, L., A. Mattioda, M. Oyhamburu, R. Refi, F. Renzi & M. Ursino.** 2014. Recría de vaquillonas Angus en promoción de forrajeras invernales bajo dos métodos de pastoreo. 37° congreso AAPA – 2nd Joint Meeting ASAS-AAPA – XXXIX Congreso SOCHIPA. Revista Argentina de Producción Animal Vol. 34 Sup. 1: 213-290. 227 pp.
- 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. Vol. 15 no. 2. Montevideo.
- Barsky, O. & J. Gelman.** 2009. Historia del Agro Argentino. Desde la conquista hasta comienzos del siglo XXI. Editorial Sudamericana. Buenos Aires. 584 pp.
- Braun-Blanquet, J.** 1950. Sociología Vegetal. Acme Agency, 444 pp. Buenos Aires.
- Cauhépè, M. & Hidalgo, L.** 2005. La Pampa Inundable: el uso ganadero como base de la sustentabilidad social, económica y ambiental. pp. 404-412. Libro: La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León. Ed. M. Oesterheld, M. Aguiar, C. Ghera, J. Paruelo (Compiladores). Ed. Facultad de Agronomía, UBA. ISBN 950-29-0902X.
- De Batista, J. & Costa, M.** 2004. Incorporación de leguminosas a verdeos de raygrass anual. Seminario Técnico de Forrajes.
- Defeo, J.E.** 2014. Estructura y funcionamiento de una promoción de especies invernales. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. 34 pp.
- Deregibus, V.A., E.J. Jacobo & A.M. Rodríguez.** 1995. Improvement in rangeland condition of the flooding Pampa of Argentina through controlled grazing. African Journal of Range and Forage Science 12: 92-96.
- Fernández, F.E.** 2014. Composición florística y producción de una promoción de especies invernales en el norte de la Pampa Deprimida. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 24 pp.
- Floumbaum, P. & O.E. Sala.** 2007. A non-destructive and rapid method to estimate biomass and aboveground net primary production in arid environments. Journal of Arid Environment. 69: 352-358.
- Garbulsky, M.** 2012. Estimación de la Productividad Primaria de recursos forrajeros a partir de imágenes satelitales. Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires. Noviembre. pp: 20.
- Gliessman, S.R.** 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica. pp. 229-259.
- Golluscio, R.** 2009. Receptividad ganadera: marco teórico y aplicaciones prácticas. Ayuda didáctica. Ecología Austral 19: 215-232.

- Gómez, I.A. & G.C. Gallopin.** 1991. Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral*: 1:24-40.
- Herrero, M.A., Sardi, M.A.I., Ormazabal, J.J., Carbó, L.I., Volpe, S., Flores, M., Cariola, A & Gambin, V.** 2007. Respuesta del raigrás anual a diferentes fuentes nitrogenadas y momentos de aplicación. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 27 supl. 1: 113-237. Pp: 113.
- Lizzi, J.M., Deregibus, A.V., Garbulsky, M.F. & Golluscio, R.A.** 2007. Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires. *Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral* 17:217-230. Diciembre 2007, pp: 217-230.
- Manuel-Navarrete, D., G. Gallopin, M. Blanco, M. Díaz-Zorita, D. Ferraro, H. Herzer, P. Lathera, M. Murmis, G. Podestá, G. Rabinovich, E. Satorre & F. Viglizzo.** 2009. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environment, Development and Sustainability* 11:621-638.
- Oesterheld, M., G. Grigera & F. Pacín.** 2005. Nuevos métodos de evaluación de forraje y de respuesta animal. *Uso del Índice Verde*. CREA. Cuaderno Invernada, Capítulo 5.
- Oesterheld, M.; Oyarzabal, M. & Paruelo, J.** 2011. Estimación de la productividad primaria neta aérea a partir de diferencias de biomasa y de integración de la radiación absorbida. *Bases ecológicas y ecológicas para el manejo de pastizales*. PFTA N° 26. 2011, INIA. Capítulo 7.
- Oesterheld, M.; Oyarzabal, M. & Paruelo, J.** 2014. Aplicación de la teledetección y los sistemas de información geográfica al estudio y seguimiento de los sistemas ganaderos. Capítulo 12. pp. 283-301. En J.M. Paruelo, Di Bella, C.D. y Milkovic, M., editores. Ed. Hemisferio Sur. Bs. As.
- Oyhamburu, E.M., Baldo, A. & Silvestrini, M.P.** 2000. Efecto de la aplicación de glifosato sobre la producción y composición florística de un pastizal natural. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. 28 al 31 de marzo del 2000. Montevideo. Uruguay. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 8 (1):3 CD. Mayaguez, Puerto Rico.
- Oyhamburu, E.M., Fernández, F., Villanueva, M., Agnelli, L. y Refi, R.** 2013. Estructura y funcionamiento de una promoción de especies invernales bajo clausura. *Revista Argentina de Producción Animal*. 36° Congreso Argentino de Producción Animal. Corrientes – Argentina. pp. 219.

- Paruelo J., G. Grigera & M. Oesterheld.** 2005. Evaluación de Recursos Forrajeros Mediante Sensores Remotos. Clase en curso de actualización en producción de carne vacuna. Fundacrea.6 demayo de 2005. Disponible en: <http://www.agro.uba.ar/users/oesterhe/extension.php>. Ultimo acceso 15 de febrero de 2015.
- Posse, G., Oesterheld, M., Di Bella, C.M.** 2005. Landscape, soil and meteorological influences on canopy dynamics. *AppliedVegetationScience* 8:49-56.
- Pucheta E., E. Ferrero, L. Heil & C. Schneider.** 2004. Modelos de regresión para la estimación de la biomasa aérea en un pastizal de montaña de Pampa de Achala (Córdoba, Argentina). *Agriscientia* 21(1): 23-30.
- Rearte, D.H.** 2007. La producción de carne de Argentina. INTA, Bs As. Disponible en: http://anterior.inta.gob.ar/balcarce/carnes/prodcarnearg_esp.pdf. Último acceso: mayo de 2013.
- Rodríguez, A.M. & E.J. Jacobo.** 2010. Glyphosate effects on floristic composition and species diversity in the Flooding Pampa grassland (Argentina). *Agricultural, Ecosystems and Environment* 138 (2010) 222-231. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee.
- Rodríguez, C. & V. Cayssials.** 2011. Cambios estructurales en los pastizales asociados a la ganadería. Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales. FPTA N° 26 INIA. Capítulo 4. pp. 69-78.
- Santa, V. Rosa M.J. Mónaco N. & Heguiabehere A.** 2013. Determinación de la correlación entre datos de biomasa obtenidos a campo y NDVI obtenidos por sensores remotos a lo largo de arroyo Chucul. Revista de la UNLPam. Vol 22. Serie supl. 2. Congreso de Pastizales 6300 Santa Rosa – Argentina. Disponible en: <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/rev-agro/v22s1t1a26santa.pdf>. Ultimo acceso: septiembre 2014.
- Sala, O.E & A.T. Austin.** 2000. Methods of Estimating Aboveground Net Primary Productivity. pp. 31-43 en: Sala, OE; RB Jackson; H Mooney & RH Howarth (eds.) *Methods in Ecosystem Science*. Springer, New York.
- Sala, O., A. Deregibus, T Schlichter. & H. Alippe.** 1981. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *Journal of Range Management* 34, 48-51.
- Sánchez Rodríguez E, M.á. Torres Crespo, A. Fernández Palacios Carmona, M. Aguilar Alba, I. Pino Serrato & L. Granado Ruiz.** 2000. Comparación del NDVI con el PVI y el SAVI como Indicadores para la Asignación de Modelos de Combustible para la Estimación del Riesgo de Incendios en Andalucía. *Tecnologías Geográficas para el Desarrollo Sostenible*. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá. pp. 164-174.
- Servicio Meteorológico Nacional.** www.smn.gob.ar. Ultimo acceso octubre 2017.

Vázquez, P.M. & Rojas, M.C. 2006.Zonificación agro ecológica del área de influencia de la E.E.A Cuenca del Salado. Proyecto RIAP. Ediciones INTA. Boletín Tecnológico en impresión. 14 pp.