



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final de Grado
Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

Caracterización de la vegetación nativa en la cuenca alta del Arroyo Chucul

LENCINA CARLOS GASTÓN
DNI: 31104321

Director: MSc. María José Rosa
Co-Director: Mic. Valeria Santa

Río Cuarto - Córdoba
Mayo 2017

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	I
INDICE DE TABLAS	II
INDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	3
HIPOTESIS	4
OBJETIVO	4
MATERIALES Y METODOS	5
Descripción de área de estudio	5
Caracterización edáfica	6
Caracterización climática	6
Análisis de precipitaciones	7
Caracterización de la Vegetación	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
Análisis de componentes estructurales	13
Determinación de biomasa por metodología por metodología de corte, secado y pesado	17
Determinación de biomasa mediante el NDVI	19
CONCLUSION	22
BIBLIOGRAFIA	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Escala de rangos de valores	9
Tabla 2: Posición geográfica de las repeticiones	12
Tabla 3: Variación estacional de los índices estructurales	14
Tabla 4: Composición de las especies de la comunidad, familia, ciclo de vida, Estacionalidad, hábitos de crecimiento	15
Tabla 4: Valores de NDVI promedio para cada punto de muestreo	18

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geografía de la zona de estudios	5
Figura 2: Imagen satelital del área del estudio	5
Figura 3: Precipitaciones medias mensuales. Período 1967-2010	6
Figura 4: Precipitación media y precipitación ciclo Abril 2012-Marzo 2013 para La Cautiva	7
Figura 5: Diferencia de precipitaciones entre la media y el periodo Abril 2012-Marzo 2013	7
Figura 6: Posición geográfica de las repeticiones	12
Figura 7: Variación mensual de los índices estructurales	13
Figura 8: Variación estacional de los índices estructurales	14
Figura 9: Distribución mensual de la biomasa según compartimientos	16
Figura 10: Variación mensual de la cobertura	17
Figura 11: Correlación anual NDVI-BV	19
Figura 12: Correlación Mayo NDVI-BV	19
Figura 13: Correlación Junio NDVI-BV	19
Figura 14: Correlación Julio NDVI-BV	19
Figura 15: Correlación Agosto NDVI-BV	19
Figura 16: Correlación Septiembre NDVI-BV	20
Figura 17: Correlación Octubre NDVI-BV	20
Figura 18: Correlación Noviembre NDVI-BV	20
Figura 19: Correlación Enero NDVI-BV	20
Figura 20: Correlación Febrero NDVI-BV	20
Figura 21: Correlación mensual BV-NDVI	21

RESUMEN

En este trabajo se caracteriza la estructura y dinámica productiva de un relicto de pastizal natural de la cuenca alta de arroyo Chucul. A tal efecto se midió la cobertura, altura, fenología, frecuencia de aparición de las especies y los Índices de Diversidad, Riqueza, Equitatividad y Predominio. Por otro lado se midió la producción de materia seca desde marzo de 2012 hasta abril del 2013, en donde se analizaron 10 muestras. Dichas muestras de 0,25 m² fueron tomadas cada 30 metros de separación. Estos datos de producción fueron correlacionados con valores de NDVI correspondiente a los sitios de muestreo.

Los componentes de la estructura del pastizal no muestran diferencias significativas respecto del índice de Diversidad, Predominio y Equitatividad para las diferentes estaciones del año. La Riqueza presenta diferencias significativas.

En cuanto a la dinámica anual del pastizal, la biomasa generada presenta dos picos máximos de productividad durante los meses de Septiembre y Febrero no coincidiendo con las máximas precipitación en el período analizado. La baja producción de biomasa obtenida en los meses de invierno condice con la reducción de las precipitaciones.

También se evaluó la estimación de biomasa a partir de datos satelitales y la correlación Biomasa Verde medida mediante regresiones entre esta y el NDVI (índice de vegetación normalizado). La correlación anual entre la BV media y el NDVI para este trabajo arrojó como resultado un valor de 0.0034 el cual es inferior al rango de confiabilidad (0.66), para que la utilización del método sea efectiva para las condiciones experimentales de este estudio.

ABSTRACT

In this work the structure and productive dynamics of a natural grassland relict of the upper basin of the Chucul stream are characterized. The coverage, height, phenology, frequency of occurrence of species and the Diversity, Wealth, Equity and Predominance Indices were measured for this purpose. On the other hand, dry matter production was measured from March 2012 to April 2013, where 10 samples were analyzed. These samples of 0.25 m² were taken every 30 meters of separation. These production data were correlated with NDVI values corresponding to the sampling sites.

The components of the pasture structure do not show significant differences with respect to the Diversity, Predominance and Equity index for the different seasons of the year. Wealth presents significant differences.

As for the annual dynamics of the pasture, the biomass generated presents two maximum peaks of productivity during the months of September and February not coinciding with the maximum precipitation in the period analyzed. The low production of biomass obtained in the winter months agrees with the reduction of the precipitations.

We also evaluated the biomass estimation from satellite data and the Green Biomass correlation measured by regressions between this and the NDVI (normalized vegetation index). The annual correlation between the mean BV and the NDVI for this work resulted in a value of 0.0034 which is lower than the reliability range (0.66), so that the use of the method is effective for the experimental conditions of this study.

INTRODUCCION

Los pastizales naturales son uno de los tipos de vegetación más extensos del planeta, ocupando aproximadamente la cuarta parte de la superficie terrestre. Dicha vegetación se compone principalmente de un estrato herbáceo dominado por pastos pertenecientes a la familia de las poaceas, acompañadas también es vegetación leñosa (*Bilenca y Miñarro, 2004*). El 70 % de la superficie de la Argentina está cubierta por vegetación nativa obedeciendo principalmente a limitaciones de suelo y clima, que imposibilitan la introducción de especies cultivadas (*Beguet, 2002*).

La importancia que poseen los sitios conformados por vegetación natural es tanto económica como medio ambiental, dado que conforman importantes fuentes forrajeras para distintas producciones tanto cárnicas como lecheras, y a su vez contribuyen al secuestro de CO₂ de la atmosfera, control de la erosión y fuente de material para la mejora genética, insectos polinizadores, enemigos naturales de numerosas plagas, etc. (*Bilenca y Miñarro, 2004*).

La mala utilización de los pastizales, principalmente por el sobre pastoreo, cambios en el uso de la tierra, además del cambio climático, han llevado a que no sean explotados adecuadamente, ocasionando con frecuencia bajos niveles productivos, pérdida de cobertura y diversidad vegetal (*Medina et. al., 2008*). Para una correcta conservación y utilización de los pastizales, es necesario hacer diferentes estimaciones a lo largo del tiempo, dichas estimaciones generan información básica sobre la dinámica y la productividad de los pastizales, permitiendo diseñar técnicas de manejo ecológicas y económicamente sustentables (*Medina et. al., 2008*).

Los pastizales se caracterizan a través de diferentes variables que permiten definir su estructura. Estas variables son la composición de especies, clasificación según formas de vida (Raunkier et al., 1934), la frecuencia de aparición, la cobertura vegetal (Braun Blanquet 1979), fenología, diversidad (Magurran et al., 1988), predominio (Odum 1972) y equitatividad (Pielou 1975).

Los métodos para realizar las estimaciones son varios, desde estimaciones visuales y muestreos a campo, los cuales frecuentemente consumen mucho tiempo y en grandes áreas de pastizal a relevar el muestreo a campo no siempre es exitoso, hasta la utilización de fotografías aéreas y el uso de sensores remotos ubicados sobre satélites (*Medina et. al., 2008*).

La estimación de biomasa a través de Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), permite evaluar grandes áreas de pastizal y en diferentes momentos, evitando la evaluación "in situ", ya que en muchas ocasiones realizar la observación directa a campo puede ser dificultosa, debido a impedimentos para recorrer adecuadamente el lote (*Gagliardi, 2009*). La utilización de imágenes satelitales que se basan en el uso de bandas espectrales generadas de sensores remotos ubicados en satélites, que captan determinadas longitudes del espectro

electromagnético. El mismo puede explicarse como las diferentes longitudes de onda reflejadas por los distintos componentes existentes sobre la superficie terrestre (*Chuvienco., 1996*).

Un satélite dispone de sensores que registran la radiación reflejada por la superficie terrestre en distintas longitudes de onda, esta radiación es recibida y decodificada. Las diferentes coberturas de la superficie terrestre reflejan diferentes longitudes de onda, el agua refleja escasa radiación solar, el suelo desnudo refleja gran parte de la radiación solar, la vegetación que esta fotosintetizando refleja escasa radiación solar en la región roja del espectro electromagnético y una alta proporción en la región del infrarrojo cercano.

La característica espectral de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas roja y el infrarrojo cercano, permitiendo separar la vegetación sana de otras cubiertas. Cuando la vegetación sufre algún estrés por plaga o sequía, o senescencia su reflectividad se reduce en el infrarrojo cercano y aumenta en el rojo, siendo menor el contraste entre ambas. Podemos concluir que cuando mayor sea la diferencia entre las reflectividades infrarroja y roja, mayor vigor presentara la cubierta observada (*Chuvienco., 1996*). A partir de esta diferenciación y el uso de sensores remotos específicos para las diferentes longitudes de onda se construye el NDVI (*Di Bella, 1997*).

Cuando el NDVI se calibra con muestreos a campo o establecimiento, se puede utilizar exitosamente para estimar biomasa y por lo tanto, la receptividad. Sin embargo, estas estimaciones son de carácter regional diferenciando zonas de distinta productividad y estimando la receptividad ecosistemica de los recursos forrajeros, con lo cual es necesario generar modelos para las distintas regiones que se deseen estudiar (*Medina et. al., 2008*).

La determinación de las diferentes variables estructurales y la estimación de la producción total de biomasa de una comunidad vegetal nativa, acompañada del uso del NDVI basado en imágenes satelitales nos permite establecer acciones para obtener el máximo provecho a nivel de productividad sin afectar el importante efecto ecológico-ambiental que estos poseen.

ANTECEDENTES

De acuerdo a valores registrados por Salera (2014) en un área del SO de la provincia de Córdoba, el 57 % de las especies anuales son otoño-invernales, 56% de las especies son exóticas, de las cuales el 71,4 % son primavera-estivales. Se observa un incremento de riqueza (R), diversidad (H) y equitatividad (E) a partir de septiembre hasta principios del verano.

La productividad de la vegetación de los pastizales naturales es considerada de poco valor cuando es comparada con la de los cultivos, sin embargo merece destacarse que en esos ecosistemas la producción primaria está sujeta a un fuerte control físico (suelo, precipitaciones, etc.) (Mengui et al., 2000)

Frecuentemente necesitamos conocer la producción de pasto tanto entre años como entre estaciones, permitiendo así una planificación forrajera que ayude a la toma de decisiones de manejo, analizar resultados productivos y comprender los factores que limitan la producción.

Una forma de medir la disponibilidad para esta planificación forrajera es a través de corte, secado y pesado de biomasa. Diversos autores han encontrado valores de biomasa verde que van desde 1.3 y 3.2 gr/m² en los meses de invierno hasta 154 gr/m² en los meses de verano; los valores de biomasa aérea total van desde los 2.5 a 4 gr/m² hasta los 194 gr/m² para los meses de invierno y verano respectivamente. Poloni (2014).

Otra forma de medir esta productividad es a través de modelos que utilizan el valor de NDVI. Medina et al. (2008) afirma que el NDVI es una buena herramienta para estimar la biomasa. Un coeficiente de 0.66 entre la biomasa del pastizal y sus respectivos valores de NDVI, se considera como aceptable, dada la variabilidad de las condiciones como ser el tipo de suelo, composición botánica, clima, etc. Medina et al. (2008).

Oosterheld et al. (2003) pudo describir a través de NDVI la variación estacional e interanual de porciones de campos naturales y pasturas de agropiro.

Existe una correspondencia entre la estructura vegetal, la producción forrajera y su reflectancia que permiten integrar el procesamiento de imágenes satelitales con relevamientos tradicionales a campo para la estimación de receptividad ganadera que contemplen homogeneidad espacial en la vegetación. Los resultados obtenidos por Blanco et al. (2003) en la región de Los Llanos en La Rioja, ponen de manifiesto: a) las clases espectrales son consistentes con las clases de vegetación observadas a campo, b) el índice verde no es consistente con la disponibilidad forrajera en sitios de alta cobertura vegetal, es decir, cuando en el área de estudio existe la mezcla de los 3 diferentes estratos herbáceos, c) detectar comunidades vegetales y estimar disponibilidad forrajera de cada una de ellas mejora la consistencia del índice verde como estimador.

HIPOTESIS

Existen diferencias en la diversidad de especies vegetales y su biomasa, que se encuentran en un pastizal nativo, en las diferentes estaciones de año.

Existe una correlación entre los datos de biomasa verde obtenidos a campo y datos de índice verde obtenidos a través de teledetección.

OBJETIVOS

- 1 Caracterizar la estructura de un relicto de pastizal natural.
- 2 Determinar la dinámica productiva de un pastizal en distintos períodos de tiempo
- 3 Relacionar la productividad del pastizal con valores de NDVI.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de área de estudio:

La metodología empleada en el proyecto destinado a la tesis se basa en realizar muestreos en un relicto de pastizal natural de 21 has, ubicado a 18 km al norte de la ciudad de Río Cuarto, y 12 km al noroeste de la localidad de Chucul. La zona de estudio está enmarcada entre las coordenadas $64^{\circ}16'30.97''$ W- $33^{\circ}56'14.59''$ bis S y $64^{\circ}16'23.63''$ W- $32^{\circ}57'08.98''$ S bid, sobre el arroyo Chucul.

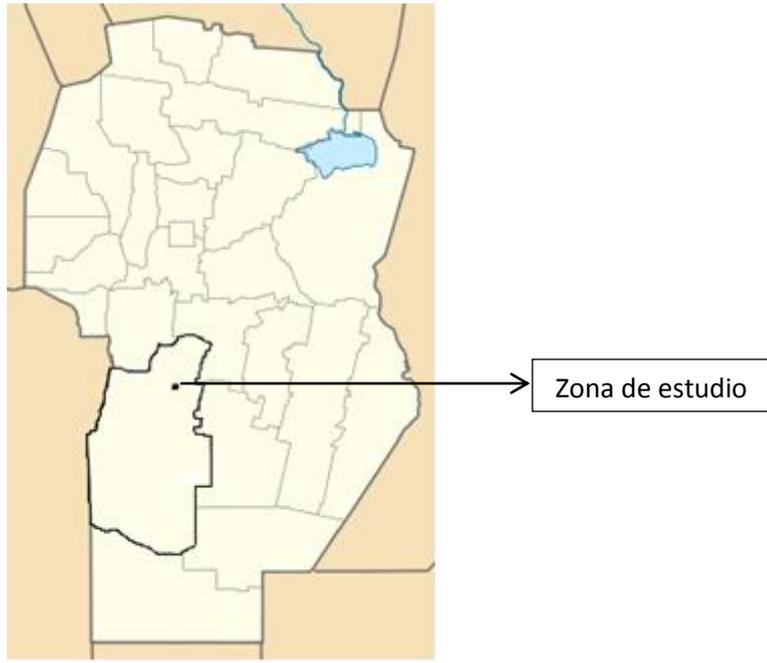


Figura 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio.



Figura 2: Imagen satelital del área del estudio.

Caracterización edáfica

El área de estudio pertenece a la serie Alpa Corral. La cual es un Haplustoléntico, profundo, bien drenado, que se ha desarrollado a partir de materiales loésicos franco limoso.

Suelo de lomas onduladas, algo excesivamente drenado, profundo (+ de 100 cm), medianamente bien provisto de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio, pendiente leve (-0.5;1%), alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Baja capacidad de retención de humedad y ligera susceptibilidad a la erosión eólica. Índice de productividad del suelo: 20. Aptitud de uso: VI. (Agencia Córdoba Ambiente-INTA, 2006)

Caracterización climática

Predominan en la región las condiciones moderadas y benignas de temperatura y humedad con una estación de crecimiento prolongada, apta para especies estivales e invernales (Pascale y Damario, 1988). No obstante estas condiciones medias, la región está expuesta a la incertidumbre producida por la variabilidad anual en la ocurrencia de heladas y por la presencia de sequías de diferente frecuencia y severidad. A continuación se observan las precipitaciones medias mensuales para el período 1967-2010:

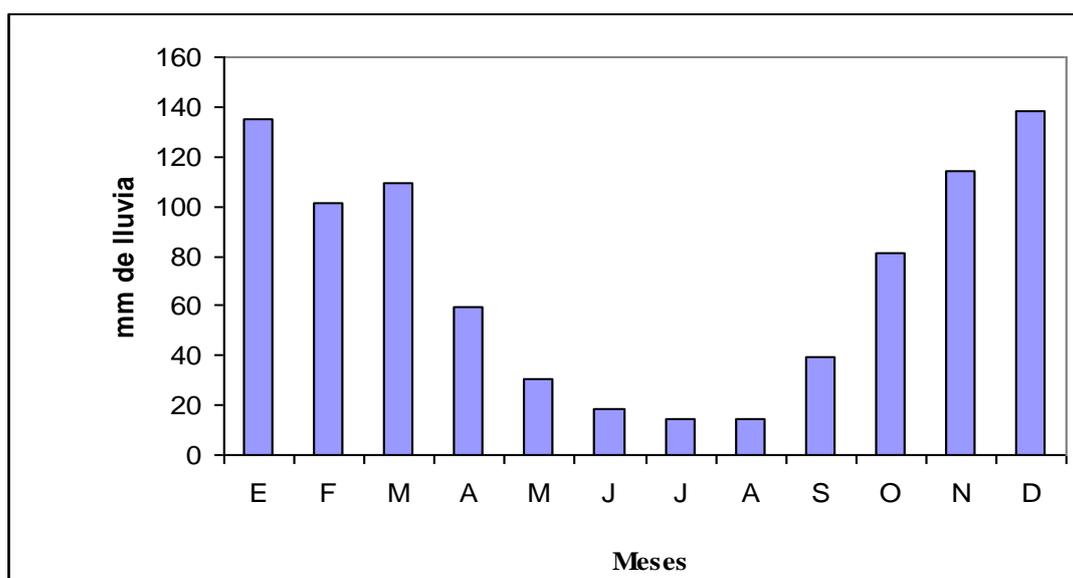


Figura 3: Precipitaciones medias mensuales. Período 1967-2010. Fuente: datos provistos por el productor Ricardo Boldetti.

Como se observa en la figura 3, según el régimen de distribución de precipitaciones de tipo monzónico, las lluvias están concentradas en un 50% en los meses de verano, el 30% en otoño, el 16% en la primavera y el resto durante el invierno, determinando una estación invernal seca, siendo el intervalo de tiempo entre noviembre y marzo las épocas de mayores lluvias, mientras que desde abril a septiembre se producen los menores registros.

Análisis de precipitaciones

El registro de precipitaciones en el periodo que transcurre el ensayo (Abril 2012-Marzo 2013) no es diferente al régimen de precipitaciones que define a la región, se registró precipitaciones por 1020 mm, promediando 85 mm mensuales, observándose un milimetraje superior en 170 mm con respecto a la serie 1967-2013 (Figura 5).

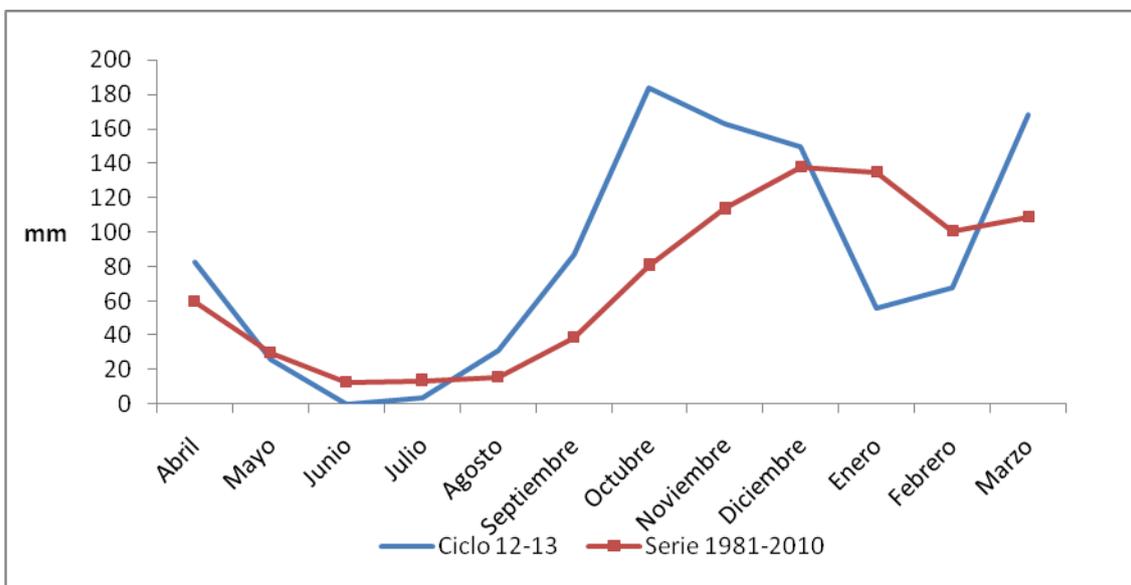


Figura 4: Precipitación media y precipitación ciclo Abril 2012-Marzo 2013 para La Cautiva.

Como puede apreciarse en la figura 4, existen variaciones en la distribución de las precipitaciones en el periodo comprendido entre los meses de Agosto-Diciembre 2012 con precipitaciones superiores a la media, e inferiores a la media entre los meses de Diciembre 2012-Febrero 2013 (Figura 5).

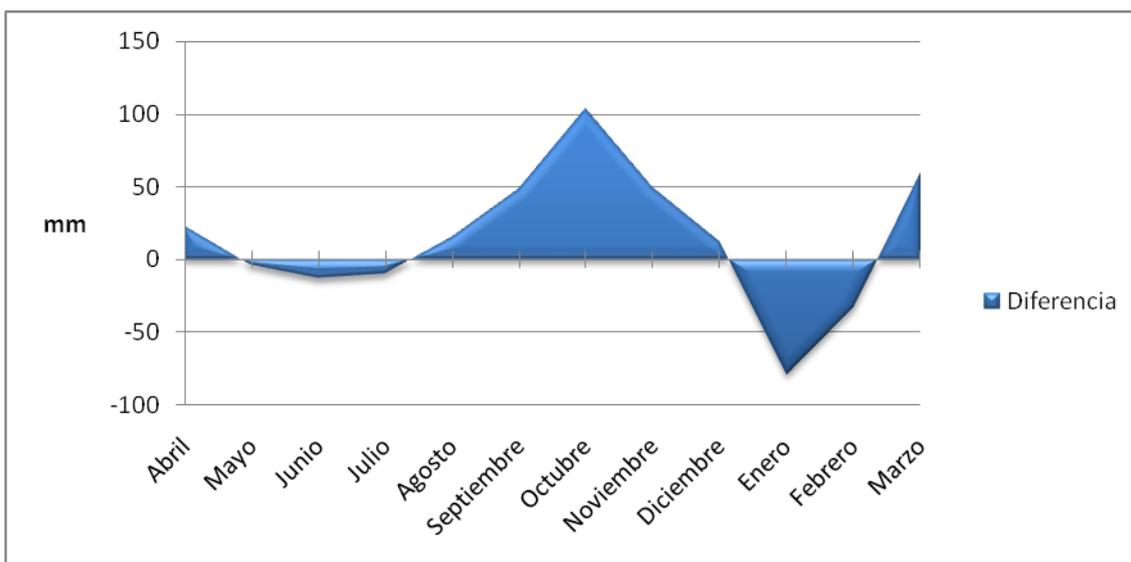


Figura 5: Diferencia de precipitaciones entre la media y el periodo Abril 2012-Marzo 2013.

Caracterización de la Vegetación

Según Cabrera (1976), el área del ensayo corresponde al “Dominio chaqueño de la provincia Fitogeográfica del Espinal” de la provincia de Córdoba. Originalmente la región estuvo cubierta por una estepa gramínea, al igual que el resto de la región fitogeográfica del espinal (Cabrera et al., 1976). Actualmente se halla muy transformada por la actividad agrícola, y la vegetación nativa se presenta como islas de extensión variable, asociada a suelos que por razones edáficas y topográficas no son aptos para uso agrícola. Las formaciones leñosas características han desaparecido casi por completo. En el estrato herbáceo predominan las gramíneas cespitosas, perennes, cuya distribución va a responder generalmente a los distintos tipos de suelos y la topografía. En los sitios más altos son frecuentes especies del género *Chloris*, *Stipa*, *Poa* y *Schizachysium*. En las depresiones intermedias, predominan las comunidades de *Distichlis* sp. (pastos salados), *Cynodon*, *Poa*, *Muhelebergia* y *Juncus* en matas aisladas y con napas freáticas más cercana a la superficie encontramos *Cortaderia selloana*, *Typha latifolia*, *Scirpus* sp. y *Cyperus* sp.

La variación gradual en el relieve desde partes altas hasta los espejos de agua condiciona la variación espacial de otros factores ecológicos como la salinidad, la profundidad de la freática, la duración y profundidad de la inundación, y el desarrollo del suelo. Este conjunto de factores interactúan constituyendo un gradiente ambiental complejo que influye sobre la presencia y abundancia de las especies de las diferentes comunidades vegetales.

También en estos ambientes de pastizales sub-húmedos es una característica común la aparición de espacios con diferente biomasa y composición de especies son sometidos a cargas ganaderas moderadas o altas.

El área de estudio cuenta con tres comunidades vegetales:

1-Bosques de Algarrobo: las especies arbóreas dominantes, combinadas en distintas formas son *Prosopis nigra* (Algarrobo negro), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Celtis erhembergiana* (tala), *Geoffroea decorticans* (chañar), *Acacia caven* (espinillo). Entre las especies arbustivas se destaca *Atamisque aemarginata* (atamisque) y otras. Diversas gramíneas de los géneros *Stipa*, *Setaria*, *Paspalum*, etc, integran la comunidad.

2-Bosques de Tala: son bosques xenófilos de poca altura y densidad variable. Predomina *Celtis* (tala). Esta especie ha sido muy perseguida para la obtención de leña pero como sus tocones brotan fácilmente el bosque se regenera con individuos ramificados desde la base. Otras especies arbóreas constantes son *Acacia caven* (espinillo), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Jodina rombifolia* (sombra de toro), *Phytolacea dioica* (ombú) y *Sambucus australis* (sauco). Como elementos arbustivos característicos pueden citarse *Cassiaco rymbosa*, *Cestrum parquii*, *Colletias pinosissima* y *Acacia bonaerensis* entre otras.

3-Estrato herbáceo donde crecen varias gramíneas, como *Melicamacra*. Entre las dicotiledóneas herbáceas tenemos la *Blumenbachia urens* y las orquídeas *Cyclopogo nelatus*.

La Caracterización de la estructura del relicto de pastizal natural, se realizó mediante los siguientes índices:

-Lista florística o composición de especies. Con apoyo de especialistas en el tema se identificó científicamente, su origen: nativa (N) o exótica (E), sus ciclos de vida (periodicidad) y según la estación de crecimiento (estacionalidad).

-Clasificación según formas de vida: según (Raunkieret *al.*, 1934), es la manera en que se manifiesta la estructura de un organismo frente a las condiciones adversas del ambiente.

-Cobertura vegetal total (CVT) y por especie (CV), Para el análisis de los valores de cobertura observados a campo se utilizó el método de (Braun Blanquet1979), cuya escala de centro de clases de rangos figura a continuación:

Tabla 1: Escala de rangos de valores (Braun Blanquet, 1979).

Escala	Cobertura (%)	Promedio (%)
+	<1	0,1
1	1 - 10	5
2	10 - 25	17,5
3	25 - 50	37,5
4	50 - 75	62,5
5	75 - 100	87,5

-Fenología: De acuerdo a una categorización en fases establecidas previamente, se asignó (V) al vegetativo verde; (R) al componente Reproductivo (fruto o flor) y a los componentes secos (S).

-Diversidad: A partir del valor de la cobertura por especie se calculó la diversidad, (H') mediante el índice de Shannon-Wiener (Magurran, 1988) según la siguiente fórmula:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

- S – número de especies (la riqueza de especies)
- P_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i):
- n_i – número de individuos de la especie i
- N – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*).

-Predominio: El Predominio (P) se calculó según Simpson (*Odum, 1972*):

$$P = \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \times \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Donde

- S es el número de especies
- N es el total de organismos presentes (o unidades cuadradas)
- n_i es cobertura por especie

-Equitatividad: La Equitatividad (E) se midió según Pielou (1975) como:

$$E = 1 - P.$$

En donde: E (Equitatividad); P (Predominio)

La Determinación la dinámica y la productividad de un pastizal en distintos períodos de tiempo, se realizó mediante:

-Diseño del muestreo: En cada fecha de muestreo se realizaron 10 muestreos al azar de 0,5 x 0,5 m: (0.25 m²), durante 12 meses registrando en cada unidad muestral.

-Determinación de biomasa a campo: Se cortó con tijera de tusar a ras del suelo la biomasa presente y se recolectó el mantillo. En laboratorio se separó la biomasa aérea en compartimentos verde y seco, la biomasa verde, al igual que la biomasa seca, se subdividió en monocotiledóneas y dicotiledóneas. Este material se llevó a estufa durante dos días a 60° para determinar el peso seco. A partir de los valores de biomasa verde (grs/m²) se determinó la producción primaria neta (PPN), la cual se calculó refiriéndose al tiempo transcurrido entre un corte y otro (BV/t.). Y la PPN anual como la sumatoria de los mismos (*Singh et. al. 1975*).

Para establecer la Relación entre la productividad del pastizal con valores de NDVI, se recurrió a:

- Datos de satélite: Para este trabajo se utilizaron imágenes del satélite Landsat 5 descargadas gratuitamente desde el sitio Servicio Geológico de Estados Unidos <http://glovis.usgs.gov> . Los valores generados a partir de las imágenes fueron provistos por la Microbióloga Valeria Santa, enmarcado en el proyecto Determinación De La productividad Primaria Neta con Sensores Remotos y Estimación Escala Puntual en Dos Comunidades del arroyo Chucul (Cba), SECyT 2012-2014.

Se evaluó la estimación de biomasa a partir de datos satelitales y la correlación Biomasa Verde obtenida a partir de la determinación a campo y el NDVI.

En el presente trabajo se utilizaron datos del satélite Landsat 5 TM. El sensor TM está equipado con instrumentos específicos para la teledetección multispectral, que opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La resolución temporal es de 16 días.

Localización georeferencial de las 10 repeticiones ubicadas en el sitio de muestreo:

Tabla 2: Posición geográfica de las repeticiones

1	32° 56' 43" S	6	32° 56' 47" S
	64° 16' 28" O		64° 16' 29" O
2	32° 56' 44" S	7	32° 56' 48" S
	64° 16' 25" O		64° 16' 29" O
3	32° 56' 44" S	8	32° 56' 49" S
	64° 16' 28" O		64° 16' 28" O
4	32° 56' 43.6" S	9	32° 56' 50" S
	64° 16' 28.5" O		64° 16' 28" O
5	32° 56' 43" S	10	32° 56' 49" S
	64° 16' 23" O		64° 16' 26.5" O

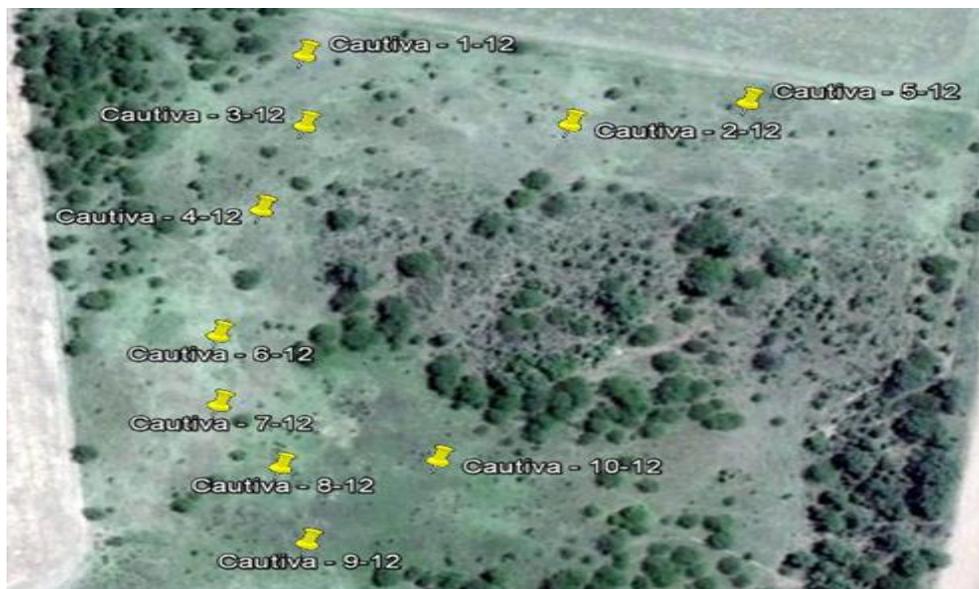


Figura 6: Posición geográfica de las repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de componentes estructurales

El análisis de variables como diversidad y cobertura constituyen un elemento importante para definir la estructura y funcionamiento de un pastizal natural, ayudando a entender y mejorar el manejo y utilización sustentable del mismo (Montani et. al. 2003).

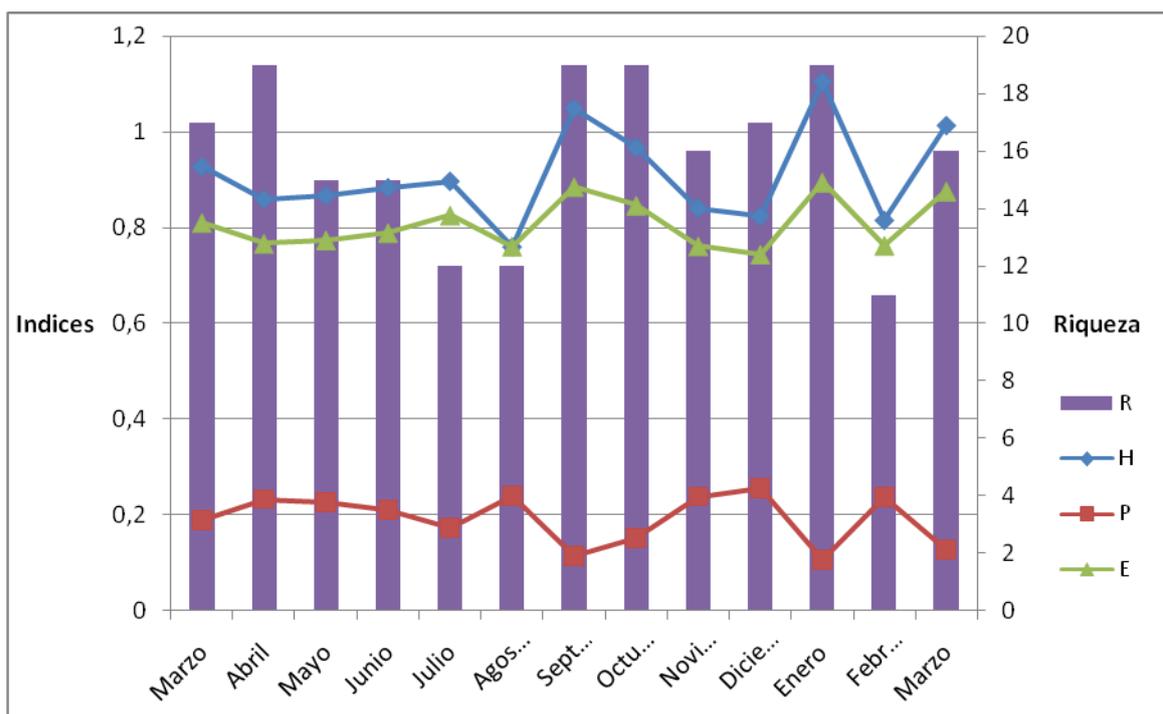


Figura 7: Variación mensual de los índices estructurales. R: riqueza; P: predominio; E: equitatividad y H: diversidad.

Se puede observar que la mayor diversidad se dio en el mes de Enero, con un valor de 1.1. Otro pico alto de este índice se dio en el mes de Septiembre con un valor de 1.04. Ambos valores son coincidentes en los mismos meses con los máximos valores de Equitatividad y Riqueza

La equitatividad tiene valores máximos en meses de Enero (0.893) y Septiembre (0.885) que coincide con los valores máximos del índice de diversidad. Lo que significa que hay un alto número de especies, con elevada cobertura y esta es muy parecida entre las distintas especies. Esto se debe a la presencia tanto de especies primavero-estivales, comienzo de su ciclo de crecimiento, como así también de especies otoño-invernales que se encuentran finalizando su ciclo de vida.

En cuanto al predominio, presenta un comportamiento opuesto al índice de equitatividad. El valor máximo de este, se da en el mes de Diciembre (0.25), y el valor mínimo se da en el mes de Enero (0.106).

Para poder realizar el análisis estadístico con INFOSTAT (2008), se agruparon los datos de los meses en las cuatro estaciones del año, y se comparó entre ellos, (Figura 8 y Tabla 3).

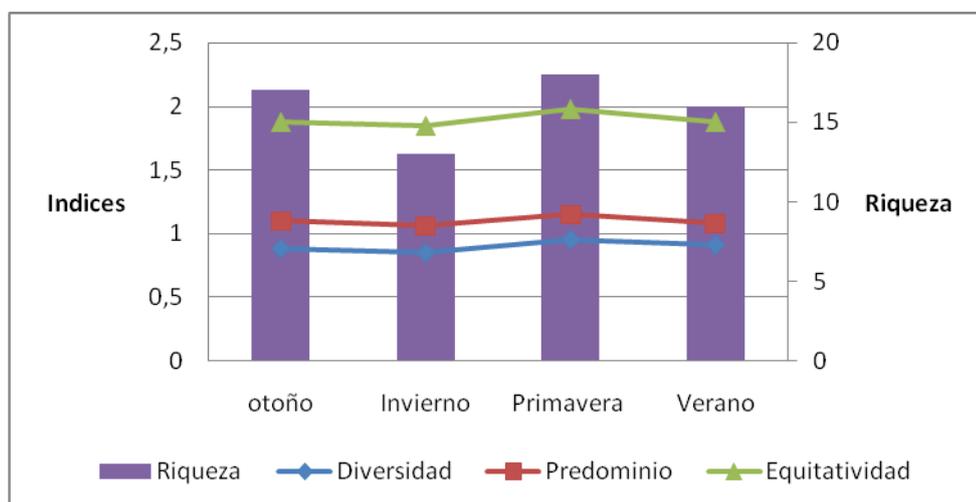


Figura 8: Variación estacional de los índices estructurales. R: riqueza; P: predominio; E: equitatividad y H: diversidad.

Tabla 3: Variación estacional de los índices estructurales. R: riqueza; P: predominio; E: equitatividad y H: diversidad.

Estaciones	Diversidad	Predominio	Equitatividad	Riqueza
Otoño	0,88 a	0,22 a	0,78 a	17 ab
Invierno	0,85 a	0,21 a	0,79 a	13 b
Primavera	0,95 a	0,20 a	0,83 a	18 a
Verano	0,91 a	0,17 a	0,80 a	16 ab

Letras distintas significan diferencias Significativas (P=0.05)

Se realizaron los análisis de varianza para poder corroborar si existía o no diferencia estadísticamente significativa para cada variable analizada, arrojando los siguientes resultados:

Para la variable Diversidad como así también para Predominio y Equitatividad, no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$).

En cuanto a la Riqueza, si presenta diferencias significativas, encontrando el máximo valor en meses de primavera (18 especies), valores medios para otoño y primavera, y encontramos el menor número de especies en la estación invernal (13 especies).

La riqueza florística (tabla 4) totalizó 42 especies relevadas, distribuidas en 13 familias. La cobertura vegetal de Monocotiledóneas representó el 54.8 % mientras que la de Dicotiledóneas representó el 45.2%. Tomando como referencia el ciclo de vida tenemos un porcentaje de 38,2% de especies anuales, 59,5% de especies perennes y 2,3% de bianuales. En función del hábito de crecimiento, el 67,4% son primavero-estivales, el 32.6% son otoño-invernales. Las formas de vida se analizaron según (Raunkier, 1934). Se contabilizaron un

38.2% de terófitas, 42.8% hemicriptófitas, 7.1% de camefitas y 11.9% de geófitas. Valores similares a los encontrados por (Salera, 2014).

Tabla 4: Composición de las especies de la comunidad, familia, ciclo de vida, estacionalidad, hábito de crecimiento. D: Dicotiledóneas, M: Monocotiledóneas, A: Anual, P: Perenne, B: Bienal, P-E: Primavera-estival, O-I: Otoño-invernal.

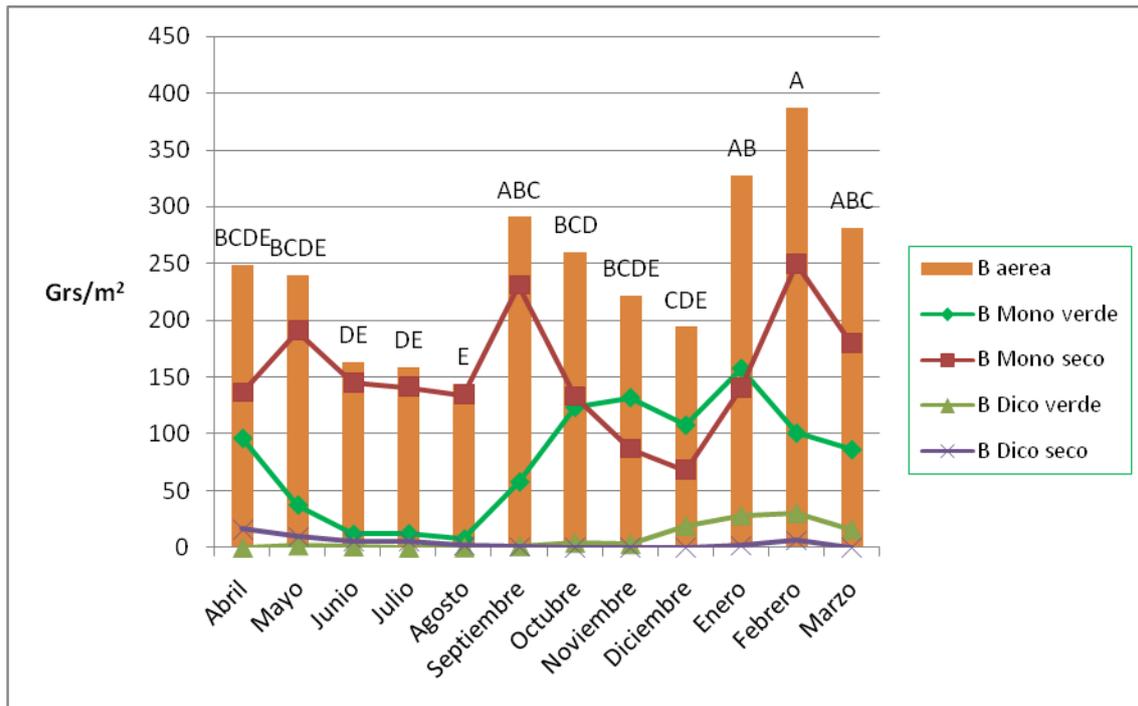
Especie	nombre vulgar	Familia	Subclase	ciclo de vida	Estacionalidad	Habito de crecimiento	Nativa Exótica
<i>Adesmiamicata</i>	Arvejilla	Fabácea	D	A	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Agropyron scabrifolium</i>	Agropiro	Gramíneas	M	P	O-I	Hemicriptofita	Exótica
<i>Bácharas críspa</i>	Carqueja	Compuestas	D	P	P-E	Cañerita	Nativa
<i>Bácharas pingare</i>	Chilca	Compuestas	D	P	P-E	Cañerita	Exótica
<i>Bacharis articulata</i>	Carqueja	Compuestas	D	P	P-E	Camefitas	Nativa
<i>Bidens subalternans</i>	Amor Seco	Compuestas	D	A	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla	Gramíneas	M	A	O-I	Hemicriptofita	Nativa
<i>Cenchrus pauciflorus</i>	Roseta	Gramíneas	M	A	P-E	Terófitas	Exótica
<i>Chenopodium ambrosoides</i>	Paico	Chenopodiacea	D	A	P-E	Terófitas	Exótica
<i>Chlorishalophila</i>	Chloris	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Chlorisretusa</i>	Chloris	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Comelina erecta</i>	Flor de Santa Lucía	Comelinacea	M	P	P-E	Hemicriptofita	Exótica
<i>Coniza bonaeriensis</i>	Rama negra	Compuestas	D	A	I-P	Terófitas	Nativa
<i>Cynodon dactylon</i>	Gramon	Gramíneas	M	P	P-E	Geófitas	Nativa
<i>Cyperus esculentus</i>	Chufa	Cyperacea	M	P	P-E	Geófitas	Exótica
<i>Descurainia argentina</i>	Altamisa colorada	Crucífera	D	A	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Diplachne uninervia</i>	Triguillo	Gramíneas	M	P	P-E	Terófitas	Exótica
<i>Eragrostislugens</i>	Pasto ilusion	Gramíneas	M	A	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Erodiumcicutarium</i>	Alfilerillo	Geraniáceas	D	A	O-I	Terófitas	Nativa
<i>Esporobolusindicus</i>	Esporobolo	Gramíneas	M	P	O-I	Terófitas	Nativa
<i>Euphorbiadentata</i>	Lecheron grande	Euphorbiacea	D	A	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Festuca hieronymi var. hieronymi</i>	Paja	Gramíneas	M	P	O-I	Hemicriptofita	Nativa
<i>Hirchfeldia incana</i>	Mostacilla	Crucífera	D	A	O-I	Terófitas	Exótica
<i>Juncusacutus</i>	Junco	Gramíneas	M	P	O-I	Geófitas	Nativa
<i>Lepidium bonariense</i>	Mastuerzo loco	Crucífera	D	B	O-I	Terófitas	Nativa
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	Pasto rueda	Gramíneas	M	P	P-E	Geófitas	Nativa
<i>Oxalis articulata</i>	Vinagrillo	Oxalidáceas	D	P	P-E	Geófitas	Nativa
<i>Paspalum cuadrifalium</i>	Paja colorada	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Paspalum distichum</i>	Paspalum, grama dulce	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Paspalum notatum</i>	Hierba bahia	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Paspalum vaginatum</i>	Gramilla blanca	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Physalis mendocina (=viscosa)</i>	Camambú uvita de campo	Solanácea	D	P	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Plantago lanceolada</i>	Llanten	Plantaginácea	D	A	O-I	Terófitas	Nativa
<i>Poa ligularis</i>	Poa	Gramíneas	M	P	O-I	Hemicriptofita	Nativa
<i>Poa resinulosa</i>	Poa	Gramíneas	M	P	O-I	Hemicriptofita	Nativa
<i>Relbonium richardianum</i>	Tomatillo	Rubiácea	D	P	O-I	Hemicriptofita	Exótica
<i>Schizachirium condensatum</i>	Pasto escoba	Gramíneas	M	P	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Senecio pampeanus</i>	Sombra de liebre	Compuestas	D	A	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Setaria geniculata</i>	Cola de zorro	Gramíneas	M	A	P-E	Hemicriptofita	Nativa
<i>Stipa brachychaeta</i>	Flechilla	Gramíneas	M	P	O-I	Hemicriptofita	Nativa
<i>Tagetes minuta</i>	Chinchilla	Compuestas	D	A	P-E	Terófitas	Nativa
<i>Xantiumcavallanesi</i>	Abrojo	Compuestas	D	A	P-E	Terófitas	Nativa

Determinación de biomasa por metodología de corte, secado y pesado

A partir de la metodología utilizada y antes mencionada en materiales y métodos para la obtención de los valores de biomasa expresados en Gr/m^2 , se procede al análisis de biomasa y su posterior correlación con el NDVI.

Análisis de biomasa

Respecto a la distribución mensual de la biomasa aérea total en el pastizal, se puede observar según consta en la figura 9, dos picos máximos de productividad.

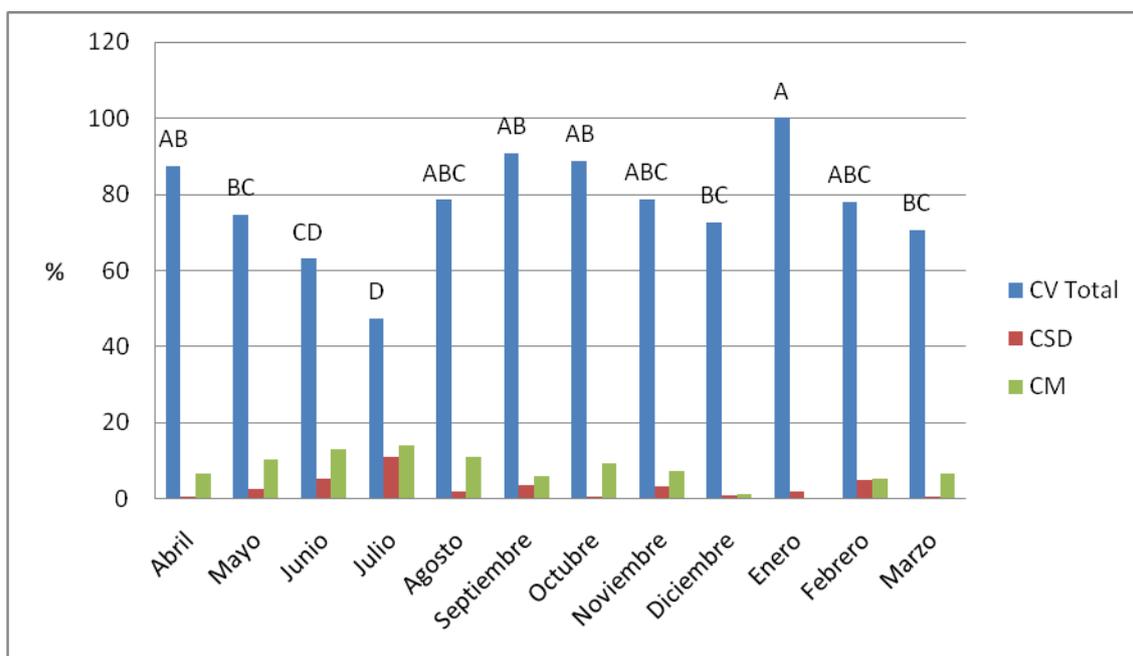


Letras distintas significan diferencias Significativas ($P=0.05$)

Figura 9: Distribución mensual de la biomasa según compartimientos.

Como se observa en la figura 9 estos picos de productividad se dan en los meses de Septiembre y Febrero, para ambos casos se debe principalmente al aumento de la biomasa de las monocotiledóneas secas, y en menor medida a las monocotiledóneas verdes, estas últimas con una participación prácticamente nula en la biomasa aérea total entre los meses de Mayo-Agosto, y entre los meses de Septiembre-Febrero conformando aproximadamente el 50 % del total de la biomasa de las monocotiledóneas. En lo que refiere a la participación de las dicotiledóneas en la biomasa aérea total tanto el compartimento seco como verde se mantienen sin variaciones importantes a lo largo del año, así mismo participan en no más del 10 % de la biomasa aérea total. La menor cantidad de biomasa aérea total se encuentra entre los meses de junio y agosto, el cual se conforma prácticamente en su totalidad por biomasa seca derivada de las especies monocotiledóneas.

La cobertura vegetal total presenta una distribución variable a lo largo del año, según se observa en la figura 9.



Letras distintas significan diferencias Significativas ($P=0.05$)

Figura 10: Variación mensual de la cobertura. Cobertura Vegetal Total (CV Total), Cobertura Suelo Desnudo (CSD), Cobertura Mantillo (CM).

Según se observa en la figura 10, la máxima cobertura se da en los meses de primavera y verano con valores superiores al 80 % excepto los meses de diciembre y marzo. Abril también mostro un valor superior al 80 %. Dicha variación se debe a que el 67% de las especies presentan un hábito de crecimiento primavero-estival; y para el caso de abril se debió a las precipitaciones superiores a la media para dicho mes. Las escasas precipitaciones, y bajas temperaturas en los meses de otoño-invierno (O-I), sumado a un menor porcentaje de especies O-I provocan que no llegue a cubrirse el suelo con vegetación dejando suelo desnudo (CSD) registrando valores máximos del 15 %, y mínimos del 1 % en los meses estivales.

Determinación de biomasa mediante el NDVI

Los valores de NDVI, provistos figuran en la tabla 5. Cabe aclarar que de las 10 repeticiones mensuales ubicadas en el sitio de estudio (tabla 2) se tomó un promedio de los valores de NDVI. Dicho índice varía entre 1 y -1. Los valores entre 0 y -1 indican que no hay cobertura vegetal. Por lo tanto, para realizar dichos promedios, se reemplazaron los valores negativos obtenidos en varias de las repeticiones por el valor 0 (cero) dado que interfieren con el resultado.

Tabla 5: Valores de NDVI promedio para cada punto de muestreo.

Meses	NDVI
Abril	Sin datos
Mayo	0,33
Junio	0,24
Julio	0,43
Agosto	0,28
Septiembre	0,02
Octubre	0,1
Noviembre	0,45
Diciembre	Sin datos
Enero	0,26
Febrero	0,37
Marzo	Sin datos

Para los 12 meses de muestreo se obtuvieron 9 valores de NDVI (Tabla 5). Los meses de Abril, Diciembre y Marzo no se obtuvieron las imágenes necesarias para el cálculo del índice, dado que las imágenes correspondientes a las fechas de muestreo a campo presentaban nubes

El parámetro utilizado para evaluar el NDVI como estimador de la producción de forraje herbáceo es la correlación anual entre la BV y el NDVI (Figura 10).

El resultado obtenido de dicho análisis arrojó un valor de R^2 0.0034 el cual es inferior al rango de confiabilidad (0.66), para que la utilización del método sea efectiva.

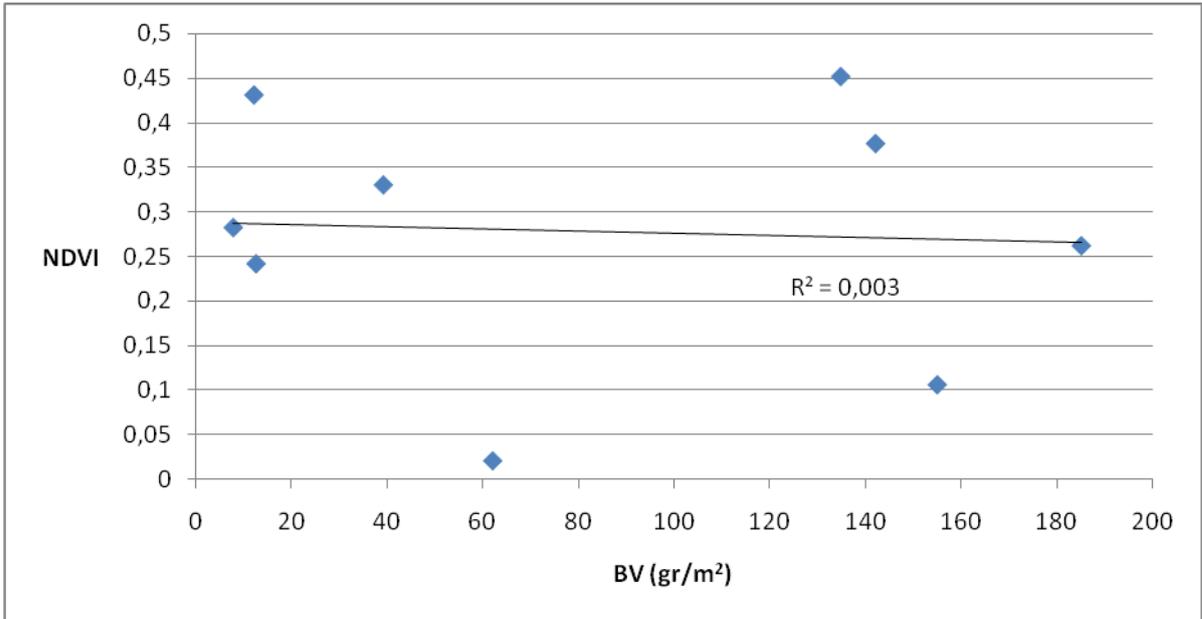


Figura 11: Correlación anual NDVI-BV.

Debido a la baja correlación encontrada se decidió correlacionar los valores de BV con el correspondiente valor de NDVI para cada punto de muestreo. A continuación se muestran las figuras correspondientes a dicha correlación.

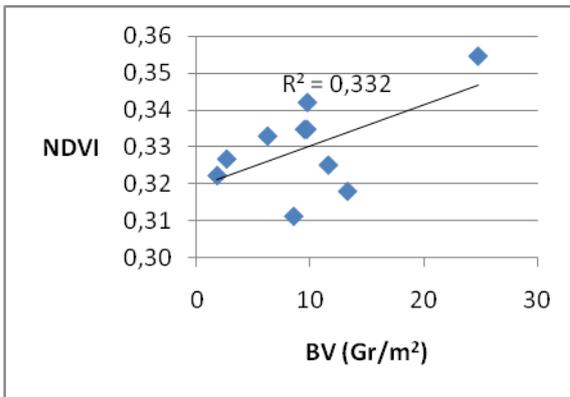


Figura 12: Correlación Mayo NDVI-BV.

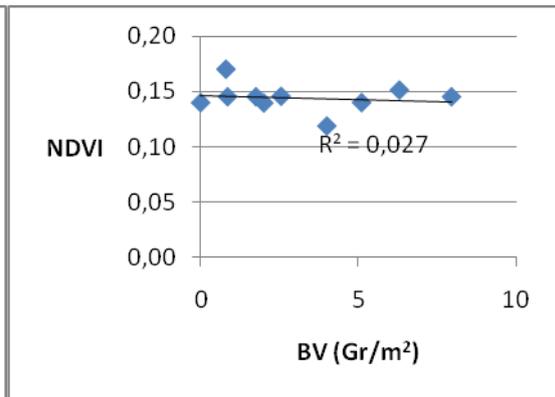


Figura 13: Correlación Junio NDVI-BV.

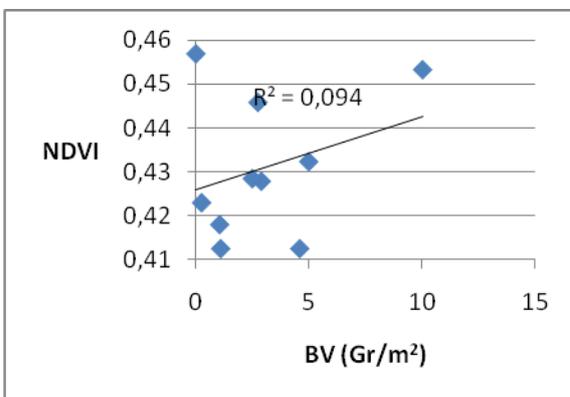


Figura 14: Correlación Julio NDVI-BV.

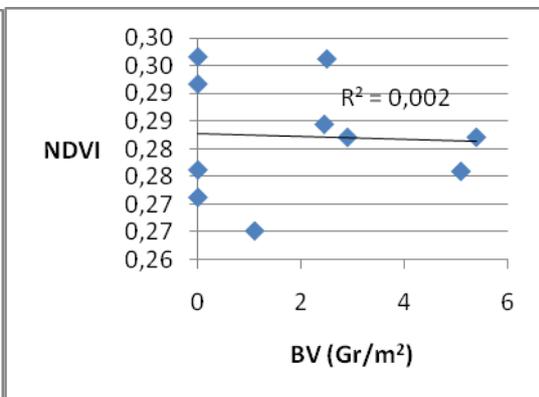


Figura 15: Correlación Agosto NDVI-BV.

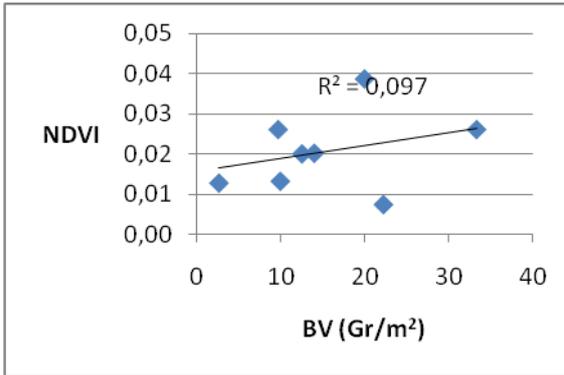


Figura 16: Correlación Septiembre NDVI-BV.

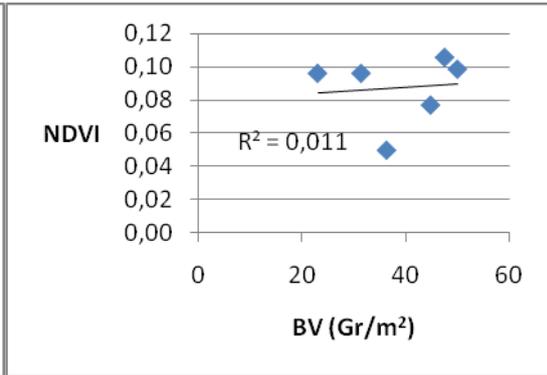


Figura 17: Correlación Octubre NDVI-BV.

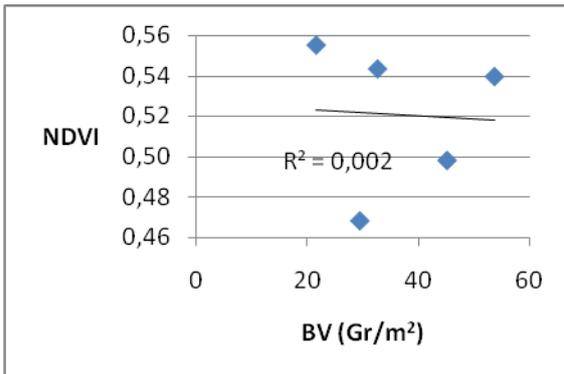


Figura 18: Correlación Noviembre NDVI-BV.

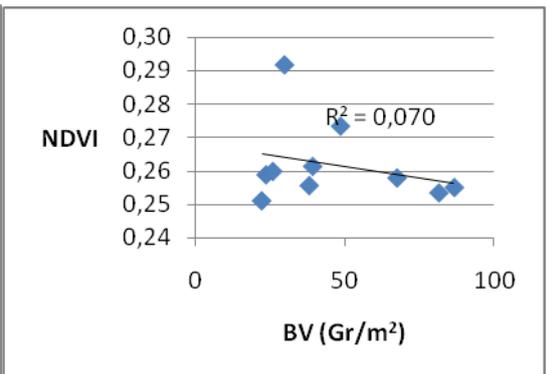


Figura 19: Correlación Enero NDVI-BV.

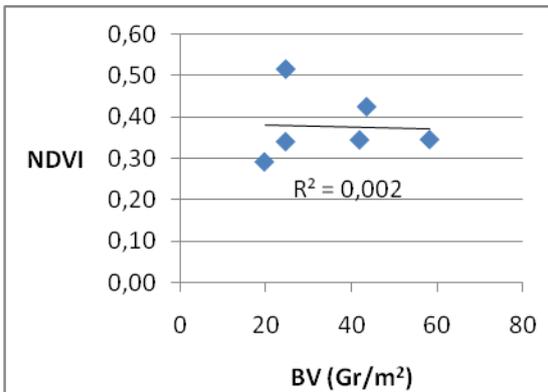


Figura 20: Correlación Febrero NDVI-BV.

Con los valores de R^2 obtenidos en cada mes se construyó la siguiente figura 20.

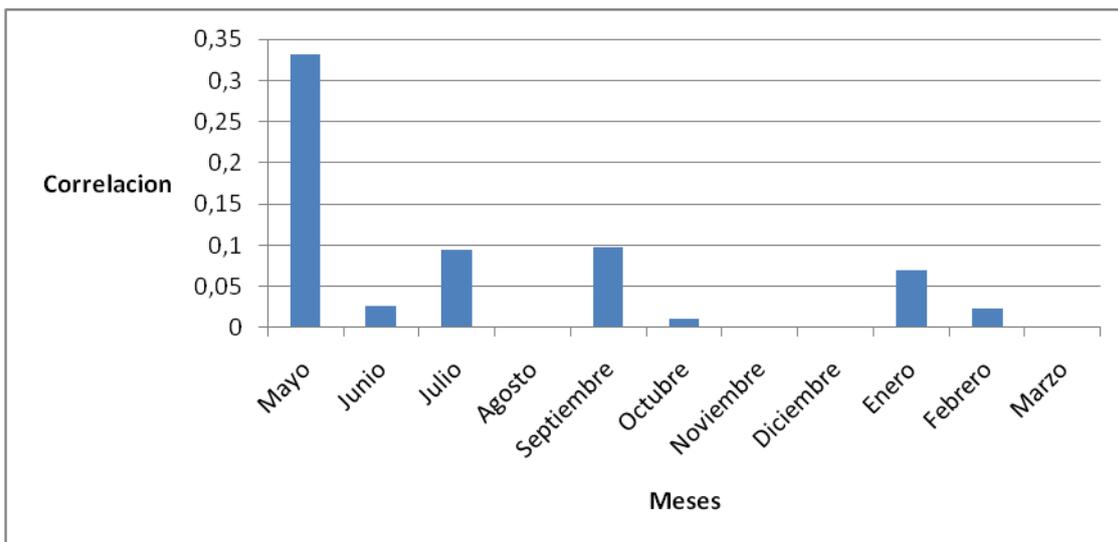


Figura 21: Correlación mensual BV-NDVI.

El rango de valores registrados oscila entre 0.002 y 0.332, siendo Febrero y Noviembre los valores más bajos, y mayo registró el mayor valor. En Diciembre y Marzo no se registran datos. Al igual que el análisis de correlación anual realizado a partir de los promedios de BV, los valores de R^2 obtenidos se encuentran fuera del rango de confiabilidad. Por lo cual no se pudo calcular la productividad a partir del NDVI para las condiciones experimentales del estudio.

CONCLUSION

- Se observan cambios en la riqueza durante las diferentes estaciones del año, no siendo el caso de la diversidad, y biomasa de especies vegetales determinadas.
- Los cambios observados no responden de la manera esperada a las variaciones de las precipitaciones a lo largo del año.
- Para el sitio de estudio y las condiciones experimentales del trabajo, los valores de correlación encontrados entre la BV y el NDVI no son aceptables.

BIBLIOGRAFIA

- AGENCIA CORDOBA AMBIENTE e INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA, EEA MANFREDI. 2006. Recursos naturales de la provincia de Córdoba, Los Suelos.
- BEGUET, H. A. 2002. Manejo de pastizales naturales serranos. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_naturales/12-manejo_de_pastizales_naturales.pdf. Consultado: 23-01-2012.
- BILENCA, D. y MIÑARO, F. 2004. Identificación de Áreas Valiosas de Pastizales (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Fundación Vida Silvestre.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. Fitosociología. Ed. Blume. España. 820 pp.
- BLANCO, L.; FERNANDO, C.; RECALDE, D.; BERONE, G.; NAPUR, P. Y ORIENTE, E. 2003. Utilización de la imagen satelital para la estimación de la receptividad de establecimientos ganaderos de La Rioja. EEA La Rioja INTA. 2º Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales, 6ª Jornada Regional, IV Reunión de la Asociación Argentina de Prosopis. San Cristóbal. Santa Fe, Argentina.
- CABRERA, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En enciclopedia argentina de agricultura y jardinería. ACME S.A.C.I Buenos aires (Argentina).
- CHUVIECO, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espectral. Ed. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.
- CHUVIECO, E., RIAÑO, D., DANSON, F. M., MARTIN, P. 2006. Use of a radiative transfer model to simulate the postfire spectral response to burn severity.
- 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.

-GAGLIARDI, R. 2009. Manejo de pastizales utilizando el índice de vegetación diferencial normalizado. 5° Congreso Nacional, 2° Congreso del Mercosur, 1° Jornada técnica de productores Sobre Manejo de Pastizales Naturales.

-MAGURRAN, A. E., 1988 Ecological Diversity and Its Measurement. Chapman and Hall, London (Reino Unido). Pp. 179

-MEDINA, G. G., GUTIERREZ, L. R., ECHAVARRIA, C. F.G., AMADOR, R. M. D., RUIZ, C. J. A., 2008. Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. *TecPecuMex* 2009;47(2):135-144.

-MENGUI, M.; SEILER, R.; MONTANI, N.; MONACO, N.; ROSA, M, J. 2000. Variación anual e interanual de la producción de un pastizal inundable en la estepa pampeana (Argentina central), relación con la precipitación y la temperatura. *Revista pastos XXX* (1), pp. 227-240.

-MONTANI, N.; MÓNACO, N.; ROSA, M. J. 2003. Influencia de un disturbio sobre la diversidad florística de un pastizal. En res II Congreso nacional sobre manejo de pastizales naturales. San Cristóbal, Santa Fe.

-ODUM, P. E. 1972. Ecología. Nueva Editorial Interamericana, México. pp. 639.

-OESTERHELD, M., G. GRIGERA, F. PACÍN, J.A. LAFONTAÍNE y J. M. PARUELO. 2003. Uso del índice verde en la planificación, el manejo, el análisis de la producción ganadera. Conferencia en Congreso de Cría, 09.03, Santa Fe.

-PASCALE, A. J. y E. A. DAMARIO. 1988. Características agroclimáticas de la región pampeana. *Revista Facultad de Agronomía* 9 (12).41-64.

-PIELOU, EC. 1975. Ecological Diversity. Jhon Wiley&Sons, Inc., New York. Pp. 165.

-POLONI, G. F. 2014. Análisis de la producción primaria medida y estimada por sensores remotos en la cuenca del arroyo Chucul. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo presentada en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Rio Cuarto.

-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.

-SALERA, J. A. 2014. Relación entre valores de diversidad obtenidos a partir de fuentes bibliográficas y mediciones de diversidad a campo en el centro sur de Córdoba..Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo presentada en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Rio Cuarto.

-SINGH J. S. y YADAVA, P. S. 1975. Seasonal variation in composition, plant biomasa and net primary productivity of a tropical grassland at KuruKshetra, India. Ecol. Monogr., 44, 351-376.

-USGS Global Visualization Viewer. 2013.<http://glovis.usgs.gov>.