

PROYECTO



FONTAGRO

Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria

Proyecto Forrajeras FONTAGRO IICA-BID FTG/RF-01-03-RG



Caracterización regional de los recursos forrajeros en los pastizales del Río de la Plata y la Patagonia: desarrollo de sistemas de evaluación y pronóstico de la productividad primaria.

Investigador principal: Dr. José M. Paruelo

Informe Técnico Final

INDICE

Introducción	4
Objetivos abordados	5
1. Calibración de la relación IVN-PPNA y estimación del coeficiente de conversión de energía y biomasa para distintos recursos forrajeros y ambientes.	5
2. Caracterización del uso de la tierra en la región de estudio.	6
3. Caracterización de la PPNA promedio y de su variación estacional e interanual de toda la región.	7
4. Desarrollo de sistemas de prospección (basado en el comportamiento histórico del IVN y de variables climáticas para el período 1981-2000) y de pronóstico.	7
5. Implementación en establecimientos rurales de distintas áreas y sistemas de producción, de las estrategias de manejo que optimicen en términos económicos, sociales y ambientales el uso de la información provista en los objetivos parciales 3 y 4.	8
6. Implementación de un sitio en Internet con información generada (objetivos 2 a 5).	9
7. Implementación de cursos de capacitación a distintos niveles	9
Nuevos objetivos Incorporados a la propuesta original	10
8. Comparación de áreas de clausuras-pastoreo a lo largo del gradiente ambiental de la región de estudio.	10
9. Evaluación de la desertificación en la región Patagónica	11
10. Controles ambientales de la señalada en Patagonia.	11
11. Evaluación del efecto del pastoreo a largo plazo sobre la PPNA y la circulación de nutrientes en los pastizales del Río de la Plata.	11
12. Evaluación de las Tasas de Crecimiento Relativo (TCR) de las especies de gramíneas dominantes en condiciones de pastoreo y clausura.	12
Actividades de divulgación	13

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1. Regional scale relationships between ecosystem structure and functioning: the case of the Patagonian steppes
- Anexo 2. Seasonal variation in aboveground production and radiation use efficiency of temperate rangelands estimated through remote sensing.
- Anexo 3. Estimación regional de la productividad del campo natural mediante sensores remotos.
- Anexo 4. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland.
- Anexo 5. Effect of senescent leaves on NDVI-based estimates of $fAPAR$: experimental and modelling evidences.
- Anexo 6. Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data.
- Anexo 7. La estimación de la Superficie Agrícola. Antecedentes y una propuesta metodológica.
- Anexo 8. Cambios recientes en la superficie cultivada en la República Oriental del Uruguay.
- Anexo 9. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo.
- Anexo 10. Distribución espacial de las Comunidades de Pastizal en la Región Basáltica (Uruguay).
- Anexo 11. Variaciones Espaciales y Temporales de Productividad Primaria Neta Aérea en el Norte de la Patagonia.
- Anexo 12. Monitoring forage production with MODIS data for farmers' decision making.
- Anexo 13. Capítulo 5. Nuevos métodos de evaluación de forrajes y de respuesta animal.
- Anexo 14. Resumen Ejecutivo. Evaluación, Diagnóstico y Propuestas de Manejo para la Estancia Tecka, Chubut, Argentina.
- Anexo 15. Caracterización de ambientes y disponibilidad forrajera en el Refugio de Vida Silvestre "La Aurora del Palmar".
- Anexo 15Bis. Ejemplo de aplicación: Balance Forrajero en San Diego.
- Anexo 16. Interacciones entre pastoreo y materia orgánica del suelo (MOS) a lo largo de un gradiente ambiental en los Pastizales del Río de la Plata.

- Anexo 17. Impacto humano sobre los ecosistemas: El caso de la desertificación.
- Anexo 18. Cambios Estructurales y Funcionales asociados al pastoreo en los Pastizales del Río de la Plata.
- Anexo 19. Assessing Desertification.
- Anexo 20. Assessing the long-term dynamics of a semiarid grass steppe under stochastic climate and different grazing regimes.
- Anexo 21. Environmental controls on Lambing Rate in Patagonia (Argentina): A Regional approach.
- Anexo 22. Demography, population dynamics and sustainability of the Patagonian sheep flocks
- Anexo 23. Long term grazing impact on soil carbon and nitrogen pools in South American Grasslands.
- Anexo 23Bis. Interactions of Water and Nitrogen on Primary Productivity across spatial and temporal scales in Grasslands and Shrubland Ecosystems.
- Anexo 24. La Tasa de Crecimiento Relativo de gramíneas dominantes en sitios no pastoreados es mayor que la de especies de áreas pastoreadas.
- Anexo 25. Uso del Índice Verde para evaluar cambios en la condición de los rodeos.

Introducción

El presente informe resume las actividades y resultados parciales de los distintos componentes del proyecto de referencia. Dentro de cada uno de los objetivos se presenta una síntesis de las actividades realizadas en el marco de cada uno de ellos y se hace referencia a los documentos anexos en donde se presentan los resultados en detalles.

La evaluación por parte de los pares del conocimiento y de los desarrollos generados es nuestro principal reaseguro de la calidad de estos productos. En tal sentido nuestro objetivo es publicar la información en las mejores revistas científicas de la especialidad. Esto asegura a su vez la difusión más amplia posible en la comunidad profesional y científica. Buena parte de los resultados se presentan directamente como artículos publicados en revistas científicas y redactados en inglés. Siempre que sea posible se consignan aquellos productos que han sido sometidos a evaluación por parte de pares. Además de este canal académico de difusión de resultados el grupo ha hecho un gran esfuerzo de extensión via conferencias y participación en talleres. A su vez los resultados están disponibles en un sitio del proyecto en Internet (<http://www.agro.uba.ar/users/lart/fontagro/index>). Asociado a él se presentan una serie de sistemas “on-line” que permiten hacer uso de algunos de los productos generados por el proyecto (http://www.agro.uba.ar/laboratorios/lart_online/). Las actividades reseñadas han estado a cargo de los investigadores de las distintas instituciones participantes y de técnicos contratados específicamente para el proyecto (Lic. Felipe Lezama, Lic. Marcos Texeira, Lic. Santiago Baeza, Lic. Elsa Leoni (UDELAR), Ing. Agr. Dolores Arocena, Lic. Germán Baldi, Ing. Agr. Constanza Caride (UBA)).

El proyecto ha sido a nuestro juicio muy exitoso desde distintas perspectivas. Desde el punto de vista académico se publicaron o se encuentran en prensa hasta el momento 10 artículos en revistas científicas. En cuanto a la docencia y formación de profesionales se desarrollaron 2 tesis de grado, 2 de maestría y una de doctorado tanto en la Universidad de Buenos Aires como en Universidad de la República. Cuatro tesis de maestría y tres de doctorado se encuentran en curso. Se dictaron cursos de capacitación profesional en la especialización de Manejo de Sistemas pastoriles de la UBA y de postgrado en la Escuela para Graduados de la FAUBA y en la Maestría de Ciencias Ambientales de la FCIEN-UDELAR. Hemos hecho a su vez un gran esfuerzo de difusión a partir de artículos en diarios, revistas técnicas, charlas, conferencias, etc. Durante el período abarcado por el apoyo recibido por el proyecto FONTAGRO hemos ido logrando una creciente adopción de las tecnologías generadas. En el caso de Patagonia, se realiza un seguimiento y manejo de los recursos forrajeros en más de 750.000 ha. En el caso de la región del Río de la Plata, desde un convenio inicial con un grupo de diez productores en la Pcia. de Buenos Aires (Argentina) (aproximadamente 15.000 ha) en 1998, estamos llegando en la actualidad a unos 200 productores (aproximadamente 250.000 ha) en zonas tan diversas como el litoral norte de Argentina y el oeste, el sudoeste y el sur de la provincia de Buenos Aires. Una medida del reconocimiento es haber obtenido el Premio UBATEC 2004 “ESTÍMULO A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA” Res. (CS) 3450. Aplicación de la ecología y la teledetección a la solución de problemas agrónomicos. Estos trabajos con productores no sólo deben ser evaluados en términos de los aumentos de producción (importantes pero de apropiación fundamentalmente privada) sino de los beneficios para el resto de la

sociedad, resultantes de un manejo de los recursos naturales basados en el reconocimiento de su heterogeneidad y considerando las restricciones impuestas por el funcionamiento de los ecosistemas.

Más aún, el proyecto ha sido particularmente eficiente en el uso de los recursos económicos. En base a los datos de la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología -Iberoamericana e Interamericana- (RICYT, <http://www.ricyt.org/>), el gasto por artículo publicado (considerando sólo los publicados en revistas indexadas en el ISI) era para el año 2000 de U\$S 136000 en Uruguay y de U\$S 246000 en Argentina. Considerando sólo los aportes de Fontagro (U\$S 100,000), las publicaciones de este proyecto tuvieron un costo de U\$S 10000 por unidad. Considerando los aportes de las contrapartes (costos totales aproximados de U\$S 360,000) el costo es de U\$S 36000, entre un 14 y un 25% del costo promedio de una publicación en los dos países. Por otra parte en este proyecto se desarrolló la metodología para la evaluación de tipos de coberturas del suelo y se evaluó la superficie implantada con cultivos anuales de la Pcia de Buenos Aires (www.agro.uba.ar/users/lart/estimacionesagricolas/) para la campaña 2003-2004 con un aporte extra al proyecto de sólo \$ 21000 argentinos (unos U\$S 7000). Lamentablemente no contamos con información acerca de los costos en los que incurren los estados nacionales y/o provinciales (en el caso de Argentina) para estimar la superficie agrícola. Tenemos serias evidencias que las alternativas propuestas permiten reducir sensiblemente los costos en más de un orden de magnitud generando un producto de calidad superior a los actualmente disponibles.

Objetivos abordados:

1. *Calibración de la relación IVN-PPNA y estimación del coeficiente de conversión de energía y biomasa para distintos recursos forrajeros y ambientes.*

Tal cómo estaba previsto hemos generado algoritmos de estimación regional de la PPNA a partir de datos satelitarios para dos de las áreas en las cuales se ha puesto los mayores esfuerzos, la porción NW de Patagonia (ver Anexo 1, Paruelo et al. 2004), la Pampa Inundable (ver Anexo 2, Piñeiro et al. en prensa) y los campos del N en Uruguay (Anexo 3, Piñeiro et al. 2004). El primero de los trabajos se encuentra publicado en una prestigiosa revista de alcance internacional (*Global Ecology and Biogeography*). El segundo artículo se encuentra en prensa en la revista *Ecosystems* y el tercero fue comunicado en una reunión del Grupo Campos en la localidad de Salto (ROU). Se completó el análisis de los experimentos basados en cortes de biomasa para la caracterización de la dinámica de la PPNA en un sitio en Ecilda Paulier, Depto de San José (Uruguay) (a cargo de los investigadores de la UDELAR) y publicó dicho trabajo en *Plant Ecology* (Anexo 4, Altesor et al. 2005). Con el objetivo de mejorar la descripción de la relación entre radiación interceptada y productividad primaria hemos iniciado a fines del 2004 experimentos adicionales a los planteados originalmente en áreas de mallines en Patagonia.

Unos de los aspectos más importantes en la generación de algoritmos de estimación de productividad primaria a partir de datos satelitarios es comprender las bases biofísicas de la relación entre los índices espectrales y los distintos procesos o variables determinantes de la productividad, en tal sentido se han montado tres ensayos en laboratorio y a campo. Dos experimentos corresponden a condiciones

controladas en donde se evalúa la relación entre el índice Verde Normalizado y la proporción de material senescente en el canopeo y se estima la eficiencia en el uso de la radiación de distintas especies forrajeras, un parámetro crítico de los algoritmos más usados para la estimación de PPNA (Modelo de Monteith). El primero de los experimentos ha generado resultados que fueron publicados en el *International Journal of Remote Sensing* (Anexo 5, Dibella et al. 2005). Un experimento a campo en la reserva El Relincho en el depto de San José (Uruguay) evalúa el efecto del material senescente sobre la radiación interceptada por el canopeo en distintos tratamientos de pastoreo. Los datos de estos ensayos se encuentran en proceso de análisis y procesamiento.

Los experimentos realizados permiten contar en la actualidad con estimaciones regionales de productividad primaria derivadas de imágenes satelitales para la totalidad del área de trabajo del proyecto. Estas descripciones abarcan no sólo valores históricos sino caracterizaciones de esta variable en tiempo real. A partir de la incorporación del uso de sensores MODIS estamos proveyendo a productores con estimaciones de productividad forrajera a nivel de potreo con una frecuencia mensual. Actualmente participan de este proyecto 26 grupos CREA (Consortios Regionales de Experimentación Agrícola) y 3 empresas ganaderas patagónicas. En total están siendo evaluadas unas 250.000 ha en la región pampeana y unas 700.000 ha en Patagonia (Pcias Chubut y Río Negro). El grupo de productores nucleados en torno al Frigorífico Tacuarembó y el Instituto del Plan Agropecuario han mostrado su interés en incorporarse al proyecto. En todos los casos las relaciones con grupos de productores están respaldadas en convenios institucionales y cartas acuerdos celebrados entre las Empresas y la FAUBA. Estos resultados por otra parte han sido ampliamente difundidos en el ámbito de la producción. Estas incluyen numerosas participaciones en reuniones de asesores, productores y técnicos. Merecen destacarse en tal sentido las conferencias presentadas por el Dr. Oosterheld (XVII Congreso Nacional CREA, Jornadas Tecnológicas, 1 al 3 de Septiembre 2004, Mar del Plata, Argentina) y por el Dr. Paruelo (Forrajes 2005 “Claves para una ganadería rentable y sustentable en un escenario productivo diferente” 29 y 30 de Marzo 2005, Buenos Aires, Argentina; XX Reunión del grupo Campos-Cono Sur. Septiembre, 2004. Salto, Uruguay; reunión del Grupo Pastizales Patagónicos, FAO, Calafate, 2003).

2. Caracterización del uso de la tierra en la región de estudio.

Durante el curso de los primeros meses del proyecto se culminó con el desarrollo de un algoritmo de clasificación de los tipos de cobertura del suelo en un área particularmente heterogénea de la región de los pastizales del Río de la Plata (zona sudoeste, límite entre la Pampa interior, la Inundable y la Austral, León 1993). La descripción de este algoritmo ya ha sido publicada en una prestigiosa revista de la especialidad (*International Journal of Remote Sensing*, Anexo 6, Guerschman et al. 2003). A partir de la metodología desarrollada en ese artículo se han realizado clasificaciones para distintas áreas de la Pcia de Buenos Aires en Argentina y para un área del litoral uruguayo. Estos resultados han sido transferidos al sector público a través de un convenio con el Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción de la Pcia. de Buenos Aires (<http://www.agro.uba.ar/users/lart/estimacionesagricolas/>). En el marco de ese convenio se profujo la primera estimación objetiva de distribución de tipos de cobertura del suelo en la región pampeana. Los avances logrados fueron generalizados en una propuesta de caracterización del uso de la tierra para toda el

área del MERCOSUR publicada en *Interciencia* (Anexo 7, Paruelo et al. 2004). El trabajo de tesis de doctorado de Juan Pablo Guerschman (defendida en Junio 2005 y realizada en el marco del proyecto) permitió perfeccionar el sistema y hacerlo operativo para toda el área de los pastizales del Río de la Plata. Se cuenta actualmente con mapas de uso del suelo de toda esta región para las últimas 5 campañas. Una evaluación independiente de la performance de estas clasificaciones para el Uruguay se presenta en el Anexo 8. Los resultados alcanzados permitieron realizar una síntesis de la expansión de la agricultura en la región pampeana argentina publicada en *Ciencia Hoy* (Anexo 9, Paruelo et al. 2005)

Para parte de la región la definición del objetivo resultó ambigua ya que la descripción de la heterogeneidad de la cobertura del suelo no estuvo asociada al uso sino a la heterogeneidad ambiental. En tal sentido la caracterización se basó en diferencias en la vegetación. En el Anexo 10 se describe la caracterización en marcha para la zona del basalto superficial en Uruguay y en el Anexo 1 los resultados para el NW de Patagonia.

3. Caracterización de la PPNA promedio y de su variación estacional e interanual de toda la región.

A partir de las ecuaciones generadas en el marco del objetivo 1 y con una composición de 4 imágenes Landsat TM se generaron mapas de la productividad primaria neta aérea (PPNA) de los pastizales y arbustales del NW de la Patagonia (Anexo 1). Usando una fuente alternativa de datos espectrales (los satélites de la serie AVHRR/NOAA) se produjeron mapas de la variabilidad relativa promedio de la productividad de esta zona y de la totalidad de la Provincia de Río Negro (Anexos 1 y 11). Parte de esta información está disponible en el sitio Internet del proyecto (http://www.agro.uba.ar/laboratorios/lart_online/)

Para un área piloto de los pastizales del Río de la Plata se realizó un análisis detallado de la variación espacial y temporal de la productividad de lotes individuales de distintos recursos forrajeros (pasturas de alta calidad en base a alfalfa, pasturas de baja calidad en base a agropiro y/o festuca y campos naturales). El estudio se realizó en conjunto con los grupos CREA del Sudoeste de la Pcia de Buenos Aires quienes proveyeron información de más de 300 lotes de recursos forrajeros que fueron digitalizados y superpuestos a las imágenes LANDSAT. La información está disponible en el sitio del proyecto (<http://www.agro.uba.ar/users/lart/crea1/inicio.htm> y <http://www.agro.uba.ar/users/lart/crea2/inicio.htm>). Este análisis se presentó en un Congreso (Anexo 12) y se elaboró un artículo de divulgación para productores y técnicos (Anexo 13).

4. Desarrollo de sistemas de prospección (basado en el comportamiento histórico del IVN y de variables climáticas para el período 1981-2000) y de pronóstico.

En sistemas de producción ganaderos extensivos la producción de carne se encuentra expuesta a las variaciones estacionales e interanuales de la producción de forraje. Una parte central del análisis de resultados físicos es resolver si la producción de forraje jugó algún papel en las variaciones de producción observadas. El índice verde normalizado (IVN) puede asistirnos en este tipo de situaciones, ya que nos permite "mirar hacia atrás" y contar con una estimación de las variaciones de la producción de forraje en el tiempo y el espacio. El objetivo de este trabajo fue

encontrar relaciones entre las variaciones de la condición de rodeos bovinos de cría y el IVN. Tales relaciones ayudarían a entender mejor la dependencia entre la producción de carne y la producción de forraje a la escala de unidad de manejo, a la vez que podrían resultar en una herramienta de predicción para tomar decisiones en empresas ganaderas. Como en muchas situaciones de producción ganadera, nos interesa no sólo conocer el papel jugado por la disponibilidad de forraje en general, sino también ubicar el período de producción forrajera que determina en forma crítica el resultado productivo o la condición del rodeo en determinados momentos del ciclo. En otras palabras, ¿qué ventana de tiempo de la producción forrajera es responsable de la performance o condición del rodeo en una situación determinada? Por ejemplo, ¿qué período de producción forrajera puede explicar una caída de condición corporal al momento de parto o al momento del destete?

La evolución del estado de dos rodeos de cría que pastoreaban un pastizal natural fue monitoreada durante tres ciclos de producción. En el destete y el parto de cada ciclo de producción, se registraron el peso corporal, el espesor de grasa de cobertura, y la condición corporal de la categoría vacas de ambos rodeos. Para vincular estos datos de condición de los rodeos con la producción de pasto, se utilizaron datos de IVN mensuales de varias áreas de 6400 ha cada una. Las variaciones de los tres indicadores de la condición de los rodeos fueron relacionadas con el IVN de períodos crecientes que iban abarcando cada vez más meses anteriores a la evaluación del rodeo, y con otros períodos, también anteriores, pero que no incluían a los 6 meses inmediatamente anteriores a la evaluación del rodeo. De esta manera, pudimos identificar la ventana de tiempo de producción forrajera que aparecía como más crítica de la situación del rodeo (Anexo 25).

Las variaciones del estado de los rodeos estuvieron muy relacionadas con las variaciones del IVN. El 73% de las variaciones en el peso corporal, el 76% de las variaciones en el espesor de grasa y el 86% de las variaciones en la condición corporal fueron explicadas por el IVN. Este alto grado de relación entre el estado de los rodeos y el forraje fue detectado al integrar el IVN de un período relativamente alejado del momento de evaluación. Para el caso del peso corporal, este período fue el intervalo que abarcaba desde 6 a 9 meses anteriores a la evaluación, mientras que para el espesor de grasa y la condición corporal el período fue más amplio: desde 6 a 12 meses. El IVN de uno o unos pocos meses anteriores a la evaluación explicó muy poco las variaciones del estado de los rodeos. A su vez, períodos más alejados que el de los 6-12 meses anteriores tampoco explicaron una porción importante de la variación. Los resultados obtenidos evidencian una estrecha relación entre el estado de los rodeos y un atributo asociado a la productividad de forraje, el IVN. Sin embargo, tal relación fue detectada cuando se contempló el IVN de un período ubicado seis meses antes de dicha evaluación. Esto sugiere que los rodeos manifestaron situaciones de arrastre de relativo largo plazo, lo cual refuerza la utilidad del IVN como herramienta de análisis y predicción. Ver también punto 10.

5. Implementación en establecimientos rurales de distintas áreas y sistemas de producción, de las estrategias de manejo que optimicen en términos económicos, sociales y ambientales el uso de la información provista en los objetivos parciales 3 y 4.

Se han relevado y desarrollado planes de manejo de los recursos forrajeros en establecimientos patagónicos (Ea. Maitén, Ea. Leleque, Ea. Pilcañeu, Ea. Tecka,

Ea. El Cóndor). Esos establecimientos cubren una superficie de más de 750.000 ha en las provincias de Río Negro y Chubut. En el anexo 14 se presenta un resumen del diagnóstico y propuesta de manejo para dos de estas empresas. Se llevó a cabo lo propio en un establecimiento del Depto de Colón en Entre Ríos (RA). Este establecimiento es a su vez una reserva privada supervisada por la Fundación Vida Silvestre Argentina (ver Anexo 15). Para la región pampeana se realizó un relevamiento exhaustivo de establecimientos correspondientes al CREA Sudoeste en la Pcia de Buenos Aires. Los resultados de este trabajo se encuentran “on line” (<http://www.agro.uba.ar/users/lart/crea1/inicio.htm>).

La información generada a partir del seguimiento y estimación de productividad de los recursos forrajeros en el Sudoeste de la provincia de BsAs es utilizada para la toma de decisiones de manejo y estratégicas dentro de las empresas agropecuarias. De esta manera, se hace un uso más eficiente de los recursos disponibles dentro del establecimiento. Así, los productores pueden anticipar por ejemplo la compra de forraje conservado para suplir déficits durante un período próximo futuro, a un precio más conveniente que si lo hiciera en el momento de mínima disponibilidad forrajera.

Desde el punto de vista económico a mediano y largo plazo, conocer y manejar en forma eficiente los recursos forrajeros de un establecimiento, es crucial para mantener su capital forrajero a lo largo de los años, y evitar la descapitalización de la empresa. En este sentido están trabajando las empresas interesadas en esta tecnología. Esta herramienta, que permite cuantificar el crecimiento diario de los recursos forrajeros a escala potrero y establecimiento es utilizado por quienes asesoran a estas empresas, para realizar análisis comparativos entre diferentes sistemas de manejo y tipo de recurso. Algunos ejemplos de estos análisis se pueden observar en el Anexo 15Bis.

6. Implementación de un sitio en Internet con información generada (objetivos 2 a 5).

Ver. <http://www.agro.uba.ar/users/lart/fontagro/>

7. Implementación de cursos de capacitación a distintos niveles

Durante el segundo semestre se dictó la primera versión de dos cursos: “Funcionamiento de ecosistemas pastoriles” (dictado por Dres. M.R. Aguiar y R. A. Golluscio) y “Evaluación de recursos forrajeros a escala regional y de paisaje” (dictado por Dres. J.M. Paruelo y M. Oesterheld). Estos cursos estuvieron destinados a alumnos del ciclo de intensificación de la carrera de Agronomía y a profesionales vinculados a la problemática forrajera. En 2003 estos cursos se incorporaron a la especialización de Manejo de Sistemas Pasturiles de la FAUBA. La especialización tiene como objetivos la transferencia a profesionales que trabajan en sistemas pastoriles (pasturas y pastizales) de marcos conceptuales actualizados sobre su funcionamiento. Por ser un posgrado profesional se pretende entrenar a los profesionales en: la resolución de problemas que contemplan las restricciones empresariales, y en el análisis crítico e interdisciplinario de información proveniente de trabajos científicos y tecnológicos originales. El proyecto ha colaborado con este

posgrado proveyendo información y experiencia de los investigadores que lo integran y que son docentes de los cursos.

Nuevos objetivos Incorporados a la propuesta original:

Como en todo proyecto científico o de desarrollo tecnológico surgen a poco de andar nuevas preguntas y objetivos que ayudan a resolver aspectos no contemplados originalmente en la propuesta. En este proyecto se han incorporado los siguientes:

8. Comparación de áreas de clausuras-pastoreo a lo largo del gradiente ambiental de la región de estudio.

Una de las principales carencias de información que hemos detectado sobre los pastizales de la región, es la escasa cantidad de trabajos que estudian el impacto del pastoreo en la vegetación natural y en las propiedades del suelo. Desde la introducción de ganado por los Europeos alrededor del año 1600, diversos cambios se han generado en los ecosistemas del cono sur de América. Estos cambios han sido escasamente estudiados debido principalmente a la ausencia de una política de protección de áreas y por ende la disponibilidad de sitios de estudio en la región. Sin embargo con una exhaustiva revisión, hemos podido seleccionar hasta el momento 28 clausuras distribuidas en 10 sitios de la región donde existen clausuras al pastoreo de más de 5 años. Si bien todas han sido pastoreadas anteriormente y los efectos de la regresión a la situación sin pastoreo pueden presentar fenómenos de histéresis, esta es la única aproximación experimental para estudiar de manera directa el impacto del pastoreo a lo largo de gradientes ambientales. Pretendemos analizar los efectos del pastoreo sobre los pastizales, abarcando un amplio gradiente ambiental, lo cual nos permitirá extraer conclusiones para un extenso rango de condiciones. Focalizaremos nuestros estudios en analizar los cambios de la vegetación luego de que es eliminado el pastoreo, observando cambios en composición florística, proporciones de grupos funcionales o síndromes fotosintéticos (C_3 y C_4). A su vez, estudiaremos como afecta el pastoreo la dinámica de carbono en los ecosistemas, tanto en la materia orgánica del suelo como en las raíces y la biomasa aérea. Para lograr estos objetivos se realizaron relevamientos florísticos y se analizaron las características del suelo dentro y fuera de las clausuras. Se midió la distribución de las especies según estratos de altura y el grado de cambio entre ambas situaciones. También se tomaron muestras de biomasa aérea en algunos sitios y en el suelo se realizaron mediciones de raíces, densidad aparente y materia orgánica, a distintas profundidades en el perfil. En el marco del proyecto se ha completado el relevamiento de la totalidad de las clausuras. Los resultados preliminares para la porción del gradiente correspondiente a este trabajo fueron presentados en el congreso de la Asociación Argentina de Ecología realizado en Mendoza en Octubre de 2004 (Anexo 16). Parte de los resultados de la parte del gradiente que corresponde a Patagonia fueron incluidos en el artículo publicado en *Ciencia Hoy* sobre la desertificación (Anexo 17). Recientemente sintetizamos el conocimiento acerca del impacto del pastoreo sobre las praderas naturales de los pastizales del Río de la Plata (Anexo 18).

9. Evaluación de la desertificación en la región Patagónica

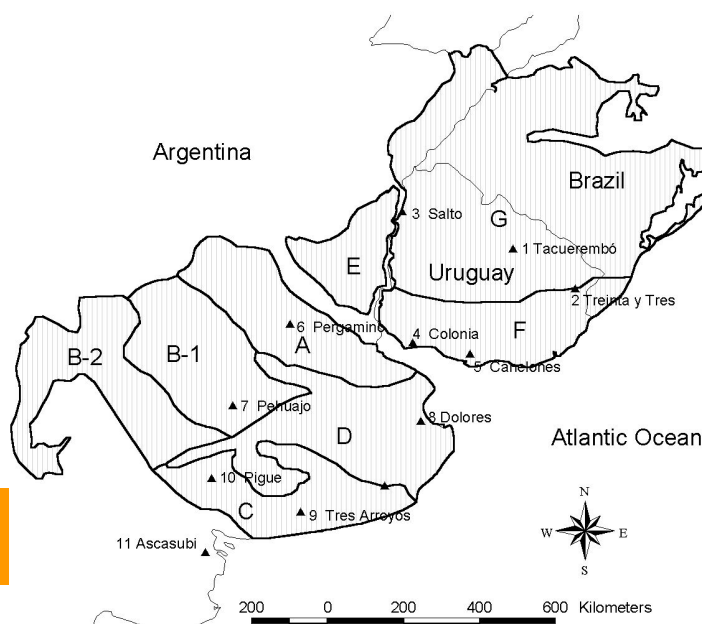
Dado que buena parte de los cambios en cobertura del suelo en la región patagónica se asocian a procesos de deterioro de la vegetación y que esto tiene una enorme importancia como determinantes de la receptividad ganadera de los campos, hemos incorporado el estudio de la desertificación como un objetivo explícito del proyecto. En tal sentido hemos montado experimentos para su evaluación en un sitio experimental del INTA en Chubut y análisis basados en sensores remotos en las estancias incorporadas al proyecto como áreas piloto de manejo. A su vez hemos comenzado a trabajar junto a los investigadores alemanes incorporados en el proyecto en modelos de simulación que permitan la evaluación de estrategias de uso de los recursos forrajeros en relación con el deterioro a largo plazo de la vegetación. Los modelos conceptuales en los cuales se basa el análisis de la desertificación han sido compilados en el artículo de *Ciencia Hoy* ya mencionado (Anexo 17) y en un artículo que se encuentra en revisión en *Journal of Arid Environment* (Anexo 19). Los resultados del modelo de simulación desarrollado sobre la evaluación de alternativas de manejo de las estepas ha sido enviado a publicar a *Ecological Applications* (Anexo 20).

10. Controles ambientales de la señalada en Patagonia.

La producción de corderos determina en buena medida la viabilidad de las majadas en Patagonia. Sus controles incluyen factores climáticos y forrajeros. Un estudio basado en la recopilación de series de señalada, variables climáticas y valores de PPNA derivados de información satelital ha permitido entender los controles espaciales y temporales de la producción de corderos en esta región. Este artículo se encuentra en revisión en *Journal of Arid Environments* (Anexo 21). Por otro lado hemos desarrollado modelos que permitieron identificar las causas de la caída de las existencias ovinas en Patagonia y que constituyen la base para sistemas de prospección de la viabilidad de las majadas. Este trabajo fue publicado en *Agricultural Systems* (Anexo 22). Los resultados de ambos esfuerzos se han volcado en un sistema "on line" de prospección de las majadas (<http://www.agro.uba.ar/users/lart/senalada/>).

11. Evaluación del efecto del pastoreo a largo plazo sobre la PPNA y la circulación de nutrientes en los pastizales del Río de la Plata

La intensidad de pastoreo afecta el ciclo de los nutrientes en los ecosistemas. Uno de los nutrientes más afectados es el Nitrógeno. Este elemento es uno de los nutrientes limitantes en la región y por lo tanto condiciona la circulación del carbono y la energía, afectando la productividad de los ecosistemas pastoriles. Por ello hemos empezado a estudiar mediante modelos de simulación, los efectos de largo plazo del pastoreo en



la circulación de nitrógeno y carbono, en diferentes sitios a lo largo de toda la región. Para eso hemos seleccionado 11 sitios con tipos de suelo contrastantes y recabado información meteorológica para correr los modelos (ver figura anexa). Hemos calibrado el modelo biogeoquímico CENTURY, (confeccionado por investigadores de la Universidad de Colorado, E.E.U.U.) para nuestras condiciones a partir de datos bibliográficos de vegetación y suelo, obteniendo buenas estimaciones del estado actual de los ecosistemas. Se están realizando simulaciones considerando diferentes intensidades de pastoreo a lo largo de 400 años en donde se analizan las entradas y las pérdidas de nitrógeno del ecosistema, así como la absorción de las plantas, la mineralización del suelo y la ingesta por parte de los herbívoros. Esta información será útil para entender los efectos fisiológicos y ecológicos del pastoreo y diseñar estrategias de pastoreo acordes, así como para estimar el posible impacto del pastoreo en los reservas de nutrientes del ecosistema. Los resultados de este trabajo han sido presentados en un congreso internacional por uno de los estudiantes de doctorado del proyecto (Gervasio Piñeiro), el cual fue galardonado con el 1º Premio (Crutzen Price) al mejor trabajo presentado en el Congreso de Jóvenes Científicos: "International Young Scientists' Global Change Conference" realizado en Trieste, Italia, del 16-20 Noviembre de 2003. Financiado por The System for Analysis Research and Training Secretariat (START) and the Third World Academy of Sciences (TWAS) (Anexo 23). Los resultados de estos análisis forman parte de un capítulo de libro por invitación que trata sobre la biogeoquímica de áreas de pastizal y arbustal (Anexo 23Bis).

12. Evaluación de las Tasas de Crecimiento Relativo (TCR) de las especies de gramíneas dominantes en condiciones de pastoreo y clausura.

Las comunidades de plantas pueden diferir significativamente en la producción de biomasa así como en la Productividad Primaria Neta Aérea (PPNA). En un estudio realizado por nuestro equipo, la PPNA de una comunidad pastoreada fue mayor que la de una comunidad adyacente excluida al pastoreo. Pero cuando el pastoreo fue simulado en la exclusión, la PPNA fue mayor que en la comunidad pastoreada (Altesor et al 2004). De estos resultados, surgieron nuevas hipótesis, entre ellas la que dice que las especies dominantes en una u otra comunidad difieren en sus potenciales de crecimiento. Para ello hemos montado un experimento en el invernáculo de la Facultad de Ciencias (UDELAR), en que se midieron las Tasas de Crecimiento Relativas (TCR) de cuatro especies dominantes de la comunidad de pradera pastoreada y cuatro de la excluida. La TCR es un atributo cuantitativo que difiere entre especies y representa el incremento de la biomasa de la planta por unidad de masa existente en un periodo de tiempo en condiciones óptimas para el crecimiento. Para ello fueron colectados macollos en el campo, transplantados a macetas con arena, donde fueron regados y fertilizados periódicamente para evitar cualquier tipo de limitación en su crecimiento. Conjuntamente con los análisis de crecimiento, fueron cuantificados una serie de atributos que están directamente relacionados con las TCRs de cada especie, como la tasa de senescencia, la tasa de macollaje, tasa de elongación foliar, las proporciones de biomasa asignada a las diferentes partes de las plantas. Los resultados de este experimento fueron presentados en el congreso de la Asociación Argentina de Ecología realizado en Mendoza en Octubre de 2004 (Anexo 24). Asimismo con el fin de entender un poco más sobre como son utilizados los recursos, hemos realizado un segundo experimento para medir la eficiencia en el

uso del agua y del nitrógeno de las especies de ambas comunidades. Estamos actualmente analizando estos resultados.

Actividades de divulgación

Publicar la información original en las revistas de mayor prestigio de la especialidad implica comunicar los resultados en inglés. A fin de asegurar la transmisión de los resultados al medio local hemos trabajado en artículos de divulgación en castellano para medios argentinos y uruguayos. Nuestro objetivo fue generar publicaciones de divulgación del mayor nivel posible y tendientes a cubrir un amplio público, tanto en Argentina como en Uruguay. Por otra parte hemos realizado un importante esfuerzo en difundir nuestros resultados en reuniones que involucren a técnicos y productores:

- "Variación temporal de la producción de forraje en la zona sudoeste de AACREA". M. Oesterheld, J.M. Paruelo y F. Pacín. Jornada de Actualización Técnica en Producción de Carne. Zona Sudoeste, CREA. Gral. La Madrid, Noviembre de 2001.

- "Uso del Índice Verde en la planificación, el manejo y el análisis de la producción ganadera". Oesterheld, M., G. Grigera, F. Pacín, J.A. Lafontaine y J.M. Paruelo. Congreso Nacional de Cría. AACREA. Santa Fe, 18 y 19 de septiembre de 2003.

- "Uso del índice verde normalizado (IVN) para evaluar cambios en la condición de los rodeos". Grigera, G., M. Oesterheld y J.A. Lafontaine. Congreso Nacional de Cría. AACREA. Santa Fe, 18 y 19 de septiembre de 2003.

- "Relación entre condición corporal, peso y grasa de cobertura, en rodeos de cría". Lafontaine, J.A., G. Grigera y M. Oesterheld. Congreso Nacional de Cría. AACREA. Santa Fe, 18 y 19 de septiembre de 2003.

- "Pasos futuros para la evaluación de los recursos forrajeros de la zona sudoeste". Oesterheld, M. Charla a asesores y presidentes de la zona sudoeste de AACREA. Benito Juárez, 11 de noviembre de 2003.

- "Fundamentos y aplicaciones del índice verde, una herramienta para conocer la producción de pasto". Oesterheld, M. y M. Garbulsky. Charla a asesores, presidentes y productores de la zona litoral norte de AACREA. Corrientes, 12 de diciembre de 2003.

- "El impacto humano sobre los ecosistemas: el caso de la desertificación en Patagonia". J.M. Paruelo y M. RAGuiar, 2003. Ciencia Hoy 13: 48-59.

- "Análisis regional y teledetección de problemas. Satélites verdes". J.M. Paruelo, 2003. Encrucijadas 21:58-65.

- "La sequía 2003 en el oeste bonaerense". G Grigera, Martín Oesterheld y F Pacín. Jornada de Actualización Técnica CREA Sudoeste - Cosecha Fina. Coronel Suárez, 6 de mayo de 2004.

- “La campaña triguera 2003 vista desde un satélite”. M oesterheld, JP Guerschman, F Pacin y G. Grigera. Jornada de Actualización Técnica CREA Sudoeste - Cosecha Fina. Coronel Suárez, 6 de mayo de 2004.

-“Seguimiento satelital de lotes de trigo durante la campaña agrícola 2004/2005”. Oesterheld, M., Grigera, G., Guerschman, J.P., del Pino, F. y Caride, C. X Jornada de Trigo de Azul. Zona Mar y Sierras, AACREA. Azul, 6 de mayo de 2005.

-“Nuevos métodos de evaluación de forrajes y de respuesta animal. Uso del Índice Verde para estimar la producción forrajera”. Oesterheld, M., Grigera, G., Pacín, F. Cuadernillo de Actualización Invernada AACREA 2005.

Finalmente hemos promovido la difusión de los resultados en medios de prensa de la región:

- “Sistema satelital para predecir escenarios productivos”. Suplemento Campo, La Nación, 29 de noviembre de 2003, pag. 8.

- “Recuperar el capital forrajero patagónico”. Suplemento Campo, La Nación, 21 de febrero 2004, pag. 10.

- “AGRICULTURA – Monitoreo. Uso de sensores remotos. Revista Supercampo, Marzo 2004.

- Entrevista a José M. Paruelo para el programa televisivo AgroTV, emitido el 10 de Julio de 2004 en canal abierto para todo el país (Cabal 13), y en canal de cable para Capital Federal (P? E).