

## Sucesión ecológica de un bosque nativo intervenido en la ecorregión Espinal

*Sabattini R.A., Sabattini J.A., Befani R., Hernandez, J.P., Boschetti N.G., Alvarado M.R, Muzza-chiodi, N.*

Autores: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Ruta provincial N°11, km 10,5. Oro Verde, Entre Ríos

**Contacto:** [rafael.sabattini@fca.uner.edu.ar](mailto:rafael.sabattini@fca.uner.edu.ar)

**ARK:** <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s22504559/44lkcqt1f>

### RESUMEN

La sucesión ecológica es un término holístico integrado por numerosas disciplinas que hace referencia a la evolución natural interna de un ecosistema en el tiempo. Su estudio es complejo porque escapa temporalmente al ser humano. En el proyecto se abordaron diferentes temáticas con un objetivo común: explicar procesos o fenómenos que altere, perturbe o modifique la dirección natural de los ecosistemas boscosos nativos. Se utilizaron diversas metodologías a campo y en gabinete para abordar estos temas. Como resultado, se estableció una revisión sobre el concepto, y se analizó cuáles fueron los cambios en la estructura vegetal y el suelo luego de intervenir mecánicamente un bosque nativo degradado típico de Entre Ríos. Se realizó un método de clasificación basado en el entrenamiento de redes neuronales que determina cuál es el estado sucesional vegetal basado en la presencia y ausencia de especies. Se modelaron los cambios de las precipitaciones de una región encontrándose anomalías climáticas como consecuencia del cambio climático global, siendo motivo a partir de ello, el stock de carbono almacenado en bosques nativos protegidos. La distribución potencial de un mamífero tope de la cadena trófica fue asociada a los bosques estables. El proyecto fue relevante para el estudio de la sucesión ecológica en Entre Ríos, contribuyendo nuevas evidencias sobre cómo se produce, cómo es afectado y de qué manera se restablece luego de un disturbio.

**Palabras clave:** Degradación forestal, ecosistemas nativos, restauración ecológica, cambio climático, conservación

### 1. Objetivos Propuestos y Cumplidos

El objetivo general del proyecto fue evaluar y modelizar el impacto de una intervención mecánica en la sucesión ecológica de un bosque nativo degradado por arbustivas del centro-norte entrerriano. Dado que este mecanismo de los ecosistemas resulta complejo para su estudio, se deben abordar diferentes aristas dentro de un todo. Por ello, se planteó la caracterización de la sucesión ecológica a través de atributos florísticos, fisonómicos y estructurales de un bosque nativo degradado por arbustivas y otro recuperado mecánicamente. Así mismo se estableció cuantificar y modelizar la distribución espacial de las malezas herbáceas y arbustivas utilizando técnicas geoespaciales. Por otro lado, se propuso como objetivo secundario el estudio de las variables ambientales como moduladores de la sucesión ecológicas en ambientes naturales, como así también la evaluación de la recuperación de las comunidades vegetales. Por último, el proyecto tiene por objetivo intercambiar y transferir los resultados y experiencias, en forma general y específica con especialista en el tema.

El plan de trabajo propuesto inicialmente se realizó de acuerdo con lo previsto, cumpliendo un esquema de trabajo según los objetivos planteados. Luego, se presentaron algunas modificaciones en cuanto a la estructura general, a raíz de la condición económica del país en donde lo presupuestado había quedado desactualizado. Posteriormente la situación de la pandemia COVID-19 junto con todas sus restricciones de movilidad de público conocimiento, imposibilitaron continuar con las tareas de campo y se decidió continuar con las actividades del proyecto utilizando toda la información obtenida hasta antes de pandemia como así también con información aun no publicada de la Cátedra de Ecología y con fuentes bibliográficas provistas por investigadores intervinientes. Esto permitió concluir la mayoría de los objetivos planificados, como así también exponer nuevas hipótesis sobre la sucesión ecológica que serán motivo de futuros proyectos.

## 2. Marco teórico y metodológico

El análisis de los cambios que ocurren en la superficie terrestre ha constituido un tema central en diferentes campos de la ciencia como la geomorfología, edafología, ecología, biogeografía y evolución biológica, partiendo de diferentes marcos conceptuales y aproximaciones metodológicas. En particular, desde el punto de vista de la ecología vegetal, los cambios en cuanto a los patrones de distribución de las plantas y la composición específica de las comunidades en el tiempo fueron señalados históricamente como un fenómeno natural y común por diferentes autores desde tiempos remotos (Miles, 1987). Tanto a escala mundial como a local, hay una continua acción ambiental sobre los organismos y reacción continua de los mismos organismos sobre el ambiente. Los avances recientes en la comprensión de la sucesión ecológica se encuentran asociados un acelerado cambio climático global (Chang y Turner 2019). Los cambios en las condiciones abióticas debido al cambio climático modifican la fuerza y la dirección de las retroalimentaciones de las plantas y el suelo, con posibles consecuencias para el desarrollo de la comunidad (Niemeyer *et al.*, 2006).

La trayectoria del cambio de sucesión puede verse afectada por numerosos factores, entre ellos es posible destacar: las condiciones del sitio, el carácter de los eventos que inician la sucesión (perturbaciones naturales o antrópicas), las interacciones de las especies presentes, los factores estocásticos, las condiciones climáticas en ese momento de la perturbación, entre otros. Algunos de estos factores contribuyen a la previsibilidad de la dinámica de sucesión, mientras que otros añaden más elementos probabilísticos. Dos factores de perturbación importantes hoy en día comprenden a las acciones humanas y el notable cambio climático (Bazzaz, 1996). En general, las comunidades en una sucesión temprana estarán dominadas por especies de rápido crecimiento y bien dispersas (oportunistas, conocidas como estrategias 'r') pero a medida que avanza la sucesión, estas especies serán reemplazadas por especies más competitivas (estrategas 'k'). El desarrollo de algunos atributos del ecosistema, como las propiedades del suelo y los ciclos de nutrientes, se ven influenciados por las propiedades de la comunidad y, a su

vez, influyen en el desarrollo sucesivo. Este proceso de retroalimentación puede ocurrir a una escala de tiempo prolongada, y sumado a la naturaleza estocástica de los eventos de perturbación y otros cambios a largo plazo (por ejemplo, climáticos), tales dinámicas hacen dudoso que el concepto de 'clímax' se aplique o sea particularmente útil para considerar la vegetación real.

Las tierras para el pastoreo a nivel mundial incluyen a los pastizales, matorrales, bosques y sabanas, constituyendo el 50% de la superficie terrestre de la Tierra (Bailey y Ropes 1998). Estas áreas proporcionan un 30 a 35% de la productividad primaria neta terrestre, contienen más del 30% de la población humana del mundo, y sustentan gran parte de la producción ganadera mundial (Safriel y Adeelm, 2005). La baja productividad de la ganadería extensiva en pastizales naturales se debe a la intensa degradación de los ecosistemas (Sánchez y Rosales, 1999) que afectan a la dinámica de la sucesión ecológica intrínseca. Durante los últimos años se ha debatido los diferentes problemas y oportunidades de la producción animal y el medio ambiente, existiendo un consenso internacional sobre los impactos diferenciales de los tres grandes grupos de sistemas pecuarios (industrial, pastoril y mixto) para cada región en el mundo (Steinfeld, et al., 1997). En este sentido, los grandes herbívoros representan un factor estructurante clave de las comunidades de pastizales naturales, modificando su composición florística y su diversidad (Belsky, 1992; Milchunas y Lauenroth, 1993; McIntyre y Lavorel, 1994; Pettit et al., 1995, Pucheta et al., 1998), su biomasa (Milchunas et al., 1989; Coughenor, 1991; Pandey y Singh, 1992; Milchunas y Lauenroth, 1993, Oesterheld et al., 1999) y su productividad primaria neta (Mc Naughton, 1979; Coppock et al., 1983; Wysiecky, 1993), considerándose una pieza clave para el mantenimiento de una máxima diversidad, sin la invasión de especies vegetales exóticas (Pucheta et al., 1998). Basado en la problemática, se han establecido modelos de reemplazo de especies en ambientes sometidos a distintos disturbios relacionados con la actividad ganadera (Grime, 1979) que modifican la trayectoria de la sucesión vegetal. La sucesión secundaria resultante, Huss (1993) señala que este proceso se dirige hacia un nuevo estado que podría ser tan estable como el clímax original, pero diferente, con pocas probabilidades de regresar a su condición prístina (Anderson, 1980). Estos estudios contribuyen a comprender, cuantificar y direccionar el proceso natural, para lograr la restauración y el mejoramiento de los pastizales naturales.

Otro ecosistema destacado en nuestra provincia son los bosques nativos presentando un sistema más complejo desde el aspecto sucesional. La superficie ocupada a nivel mundial representa 30% de la superficie terrestre (FAO 2007). Estudios recientes de Hansen et al. (2013) cuantificaron que la pérdida de bosques nativos mundiales fue de 2,3 millones de km<sup>2</sup> en el período 2000-2012. En América del Sur, durante 2000 a 2005 se evidenció la mayor pérdida de bosques nativos estimada en 0,04 millones de km<sup>2</sup> (FAO 2007). Argentina no escapa al fenómeno, habiéndose estimado una pérdida de las dos terceras partes de su patrimonio forestal debido al avance de la agricultura (Cozzo 1979, FAO 2009). La provincia de Entre Ríos tampoco presenta una tendencia distinta. A principios de siglo XX, la superficie ocupada por bosques nativos era de 2,5 millones de hectáreas, pero recientemente se determinó que la superficie boscosa en siete departamentos alcanza a 1,5 millones de hectáreas (Sabattini et al., 2009 a,b,c,d; 2010a), lo que evidencia la marcada reducción. Esta situación de desmonte acciona el mecanismo de la sucesión secundaria, es decir, en caso de no realizar actividad agrícola post desmonte la estructura vegetal comienza a recuperar su matriz original, o eventualmente similar. Otra alternativa que dirige la sucesión es la arbustización. A nivel mundial, la invasión de plantas leñosas ha sido motivo de preocupación por los productores ganaderos, durante mucho tiempo, debido al previsible impacto negativo en la producción secundaria (Scholes y Archer, 1997), es por ello que en respuesta se han utilizado técnicas para su control tanto en áreas privadas como públicas (Anadón et al., 2014). Esta problemática se acentúa en explotaciones agropecuarias mixtas, donde se busca aplicar un modelo de desarrollo sustentable por el equilibrio en sus unidades de producción y el mantenimiento de ambientes naturales. Este marco de referencia ha merecido la atención de un estudio pormenorizado, discutiéndose los criterios de diversos autores y las posibilidades de aplicación de los modelos de desarrollo en Entre Ríos (Wilson y Sabattini,

2001). En la actualidad existe más del 70% del territorio Argentino invadido por especies leñosas y semi-leñosas; caracterizadas por tener un gran poder de adaptación al medio ambiente, como así también, su persistencia por el efecto selectivo que ejercen los animales en pastoreo. Estas malezas compiten con las especies del estrato herbáceo por luz, agua y nutrientes, provocando una rápida invasión dentro de un potrero e impidiendo el manejo del rodeo (Böker et al., 1989).

En términos locales, los bosques nativos entrerrianos, si bien corren riesgo de desmonte provocado por el avance de la frontera agrícola, actualmente se ha demostrado que el inadecuado manejo por parte de los productores provocando consecuencias de enmalezamiento con especies arbustivas muy graves. Este proceso se verifica mediante la invasión de verdaderas “maciegas” o “mogotales” dominados por el complejo de chilcas de los géneros *Baccharis* spp. y *Eupatorium* spp., romerillo, falso caraguatá, carqueja, entre otras especies. Estas maciegas arbustivas constituyen un área restringida para el forrajeo animal dado que impiden su acceso, y que al mismo tiempo, detienen los procesos y mecanismos intrínsecos de la sucesión vegetal, como por ejemplo la facilitación de las especies pioneras. Esto desencadena un círculo vicioso que trae aparejado el desarrollo de las especies malezas en ese sector (Sione et al., 2006). Asimismo, también se ha señalado que la falta de esquemas de manejo del monte nativo es uno de los factores más importantes de la degradación, observado esto con la presencia de un estrato arbustivo denso y en franca expansión (Sabattini et al., 2002). Sabattini et al. (2009 a,b,c,d) han registrado que el 66,35% de los bosques nativos de Villaguay presentan alto grado de enmalezamiento, al igual que un 50,28% en Federal, un 56% en La Paz y un 18,7% en Feliciano siendo las especies arbustivas más importantes: *Baccharis punctulata* (chilca blanca), *Aloysia gratissima* (romerillo), *Baccharis coridifolia* (mio mio), *Eupatorium bunifolium* (chilca negra), *Trithrinax campestris* (palma caranday), *Baccharis notoserquilla* (carquejilla) *Senecio grisebachii* (primavera). *Opuntia ficus indicus* (penca), *Eryngium horridum* (falso caraguatá) y *Melica macra* (espartillo amargo). La frecuencia de bosques nativos cerrados por arbustivas o semileñosas es considerablemente mayor respecto a los abiertos (Sabattini et al., 2009 a,b,c,d; 2010a), lo cual aplicar una técnica de control permitiría mejorar la receptividad de estos ambientes. En este sentido, experiencias realizadas en estos ambientes han demostrado la efectividad de estas prácticas, traducido en una mayor cobertura de las especies vegetales palatables y por ende, una tendencia favorable de la calidad del pastizal natural y en un incremento del 15-20% en la superficie de pastoreo (Sabattini et al. 2002). Teniendo en cuenta la problemática, desde el año 1986 a la actualidad, la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios (FCA-UNER) ha realizado numerosos estudios sobre la caracterización, dinámica, biomasa, productividad, recuperación y manejo de los pastizales naturales en áreas de bosques nativos (Bongiovanni, 1986; Trocello y Jacob, 1991; Castagnino y Dorsch, 1992; Mina y Valentinuz, 1994; Muzzachiodi y Sabattini, 1993 y 1995; Lallana et al., 1998). A partir del año 1996 se comenzó a trabajar en alternativas de manejo silvopastoril en monte nativo con el PID UNER 2044-1 (Sabattini et al., 1999a, 2000a y 2001a, 2002), continuándose posteriormente con el PID UNER 2095 evaluándose la dinámica de pastizales naturales bajo pastoreo rotativo con alta carga animal (Sabattini et al. 2004, 2006), y más recientemente con el PID UNER 2129 focalizando la recuperación del pastizal natural degradado sometido a desarbustado mecánico (Sabattini et al., 2014)

A partir de estos antecedentes, se plantearon varias hipótesis de trabajo que fueron cambiando con el avance del proyecto. Por un lado, inicialmente se planteó que la intervención mecánica en bosques nativos degradados por arbustivas ocasionará un disturbio ecológico de magnitud, y que al mismo tiempo modificará la dirección de la sucesión ecológica afectando severamente la composición florística de las especies herbáceas y arbustivas. Ante esta situación, las especies herbáceas aumentarán su cobertura y participación de la biomasa dentro de la comunidad vegetal, a causa de un aporte de materia orgánica del suelo (nicho trófico) por la descomposición de los restos de triturado. Luego con una mirada más amplia se analizó cómo diferentes tipos de bosques nativos en distintos estados de conservación almacenan carbono pensando como una estrategia para mitigar efectos negativos del cambio climáti-

co. Bosques al inicio de la sucesión presentan menor capacidad de captura frente a situaciones clímax debido al nivel de complejidad de los estratos vegetales. Bajo la misma óptica los grupos funcionales faunísticos tendrán mayor probabilidad de persistir cuando el sistema es complejo, en el cual toda la trama trófica está cubierta, es decir los autótrofos, consumidores primarios y secundarios, como así también descomponedores. Como puede observarse, las hipótesis fueron cambiando en su perspectiva, pero el eje de discusión fue en determinar cómo los factores exógenos y endógenos de un sistema podrían acelerar o desacelerar a los mecanismos intrínsecos.

En tal sentido, desde el punto de vista metodológico el proyecto tuvo dos aristas importantes. Por un lado una componente de campo analizando diversas variables de los recursos naturales que intervienen tales como: la producción de biomasa de las especies forrajeras, la composición florística, la cobertura vegetal de los estratos arbustivos, los aspectos físicos y químicos del suelo, entre otros; ante una situación sin intervención e intervenido mecánicamente. Se realizó una revisión bibliográfica basado en la lectura de libros, publicaciones científicas, como así también consultas con expertos mundiales, entre otros. Sin embargo, tuvo una arista metodológica de análisis de información para estimar el potencial de captura de carbono de los sistemas nativos, como así también en la evaluación de los cambios de las precipitaciones históricas. Para ello se utilizaron modelos matemáticos mediante fórmulas testeadas por otros investigadores, como por ejemplos: modelos alométricos de altura-biomasa, funciones de activación de redes neuronales, modelos estadísticos de puntos de quiebre en series de tiempo, entre otras. También se usaron modelos de simulación espacial basados en datos de presencia para estimar el nicho espacial de especies de mamíferos asociados a situaciones disímiles de sucesión vegetal.

### **3. Síntesis de resultados y conclusiones**

#### **3.1. Actualización y revisión bibliográfica del concepto “sucesión vegetal”**

Teniendo en cuenta el objetivo principal del proyecto se realizó un artículo de revisión sobre el concepto de sucesión vegetal y restauración ecológica. Esta revisión permitió mostrar conceptos sobre la sucesión vegetal y sus formas de estudio tanto clásicas como modernas que permiten dar respuestas de los ecosistemas ante modificaciones naturales o antrópicas. Tales conexiones entre la teoría ecológica y la ecología aplicada son fundamentales para comprender los desafíos que enfrentan los ecosistemas en nuestro mundo que cambia rápidamente. Los cambios en la vegetación de la Tierra en respuesta al cambio climático, y los faunísticos asociados, tienen un rol crucial en la evolución de la especie humana. En este sentido se buscó enfatizar el rol que tiene la sociedad en comprender la dinámica sucesional de los ecosistemas, dando a conocer los efectos del cambio global sobre las comunidades vegetales y animales. A partir de ello surge un interrogante importante que la sociedad debe plantearse: ¿cómo serán las respuestas de la vegetación ante el acelerado pronóstico del cambio global del siglo XXI? Ante ello, podemos mencionar que las evidencias actuales indican que la biosfera está respondiendo al calentamiento global modificando su fenología, su estructura génica, como su distribución espacial. Esto demuestra que la vegetación se encuentra en constante ‘sucesión’ a factores de cambio global y al mismo tiempo se rompe el patrón de referencia. En tal sentido, consideramos necesario continuar con las investigaciones clásicas en búsqueda de conocer las causas y consecuencias de los cambios en las comunidades vegetales, pero también se incentive aún más la investigación de la dinámica sucesional en el futuro teniendo en cuenta un cambio climático presente que se acrecentará en un futuro no tan lejano.

#### **3.2. Modelización de la posición sucesional de un bosque nativo utilizando técnicas estadísticas**

Determinar el estado sucesional en un bosque nativo del Espinal entrerriano presenta dificultades dado que hasta el momento se desconoce aún, cuáles son los atributos objetivos que permiten clasificar según la posición dentro de la sucesión. De forma general y según la dominancia de los distintos estratos los bosques, se pueden clasificar en *virgen*, *sucesional* o *renoval* (Powell, 2000). El *Bosque Virgen* es aquel que se encuentra en la etapa final de la sucesión vegetal, llamado clímax, que a pesar de poseer ciertas modificaciones antrópicas generadas por las actividades productivas, mantienen las características fisonómicas del bosque nativo prístino conservando todos los estratos desarrollados (Sabattini et al., 2015). Tras una alteración severa, como por ejemplo el desmonte o un incendio forestal, el bosque evoluciona. Este es el caso de recuperación de tierras forestales tras su uso como tierras agrícolas. El *Bosque renoval* es un bosque nativo de sucesión inicial que presentan dominancia de una sola especie con alta capacidad de colonización. Presenta estratos deficitarios, dominando un estrato arbóreo monoespecífico, generalmente por *Vachellia caven*. Suele desarrollarse de forma natural después del abandono de las actividades agrícolas sobre áreas que fueron previamente desmontadas. Por otro lado, se denomina *Bosque Sucesional* a los que se encuentran en las etapas intermedias de la sucesión vegetal, aún no presentan la estabilidad propia del bosque nativo clímax (Sabattini et al., 1999; Fontana & Sabattini, 2009; Sabattini 2015). En este sentido, se clasifican teniendo en cuenta una evaluación de forma subjetiva que requiere mucha experiencia y conocimiento sobre el ecosistema en cuestión, lo que ofrece mayor dificultad de clasificación y objetividad, pudiendo ser el criterio distinto según el evaluador.

Para ello se ha planteado una solución teniendo en cuenta la presencia y ausencia de las especies arbóreas y arbustivas más conspicuas aplicando redes neuronales. Para ello se utilizó una base de datos de la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios (FCA-UNER) de 980 puntos distribuidos en toda la provincia de Entre Ríos, en la que se realizó una caracterización estructural de los estratos que conforman al bosque nativo: el pastizal natural, las arbustivas y los árboles. En función de ello, y utilizando una técnica de clasificación ampliamente conocida, se realizó un entrenamiento de las redes neuronales. Estas asumen una determinada clase teniendo en cuenta ciertas variables de los puntos de entrenamiento y un porcentaje de testeo. En este caso, se seleccionó sólo la presencia y/o ausencia de las ocho especies más representativas de árboles y arbustos, que son explicativas de la posición en la sucesión vegetal. Se obtuvieron diferentes ecuaciones a partir de modelos matemáticos disímiles, obteniendo que la función tangente hiperbólica para la capa oscura y la función identidad para la activación del perceptrón fue la mejor combinación para obtener una clasificación objetivo basado en lo mencionado anteriormente.

### 3.3. Caracterización de la sucesión ecológica en función de los componentes estructurales del bosque

Uno de los aspectos estudiados en este proyecto fue cómo es la dinámica del estrato arbustivo en un bosque nativo de un campo sometido a la ganadería bovina extensiva. Este trabajo se realizó en el Área Natural Protegida "Estancia El Carayá", ubicado en el departamento Feliciano (Entre Ríos). El objetivo central del trabajo fue conocer cuáles eran los cambios a nivel espacial del nivel de arbustización utilizando modelos de estado-transición y cómo se predicen los cambios bajo las mismas condiciones en el futuro. Para ello se analizó espacialmente el grado de evolución de la arbustización en dos períodos y su efecto secundario sobre la sucesión. Se realizó un muestreo a campo durante el 2011 y el 2018 localizando puntos con GPS y caracterizando su nivel de arbustización. Posteriormente se descargaron imágenes satelitales Landsat y se clasificaron en forma supervisada utilizando la información de campo en cinco niveles de arbustización. Se aplicaron modelos de estado-transición, como también modelos de cambios espaciales en las que indicaron que el 30% del territorio del campo no presentaron cambios, indicando que, en términos estructurales, el ecosistema se encuentra en un estado estable, es decir, en etapas finales de la sucesión ecológica. Por otro lado, en las zonas donde los niveles de arbustización fueron cambiando se atribuye el mismo al manejo ganadero, ya sea por subpastoreo como por sobrepastoreo. Es aquí un punto importante para destacar de este trabajo, ya que permitió establecer que los efectos

de la actividad antrópica interfieren en los mecanismos de la sucesión natural provocando cambios que eventualmente puede ser irreversibles. La magnitud del disturbio antrópico será la causa de una consecuencia reversible o no. Además, este trabajo permitió validar la utilización de sensores remotos para estos fines, siendo una herramienta simple, práctica de utilizar, y económica.

En esta línea, un aspecto importante en la caracterización de la sucesión ecológica en los bosques nativos es conocer cuál es el stock de carbono en función de la posición sucesional. Para ello se realizó un estudio en el mismo sitio detallado anteriormente (ANP El Carayá) durante el año 2019 para conocer el potencial de stock de carbono almacenado en todo el ecosistema, considerando los sitios de almacenamiento más importante: el suelo y la vegetación (arbórea, arbustiva y herbácea). En este caso se realizó una recopilación bibliográfica de la información que la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios tiene del campo desde el año 2003 hasta la fecha. Para el estrato arbóreo se realizó un muestreo a campo con parcelas rectangulares registrando las variables necesarias para sustentar los modelos alométricos locales de las especies más conspicuas: ñandubay, algarrobo negro y espinillo. En base a la biomasa de cada uno de los estratos y a la estimación de carbono se suelo se estimó para cada uno de los cinco ambientes más representativos el stock de carbono.

### **3.4. Evaluación de la respuesta de las comunidades herbáceas y arbustivas**

La Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios, ha realizado numerosos estudios en el ANP Estancia El Carayá relacionados con la respuesta de los componentes estructurales del bosque nativo sometido a intervenciones antrópicas a través de los tiempos de pastoreo (impacto en la estructura herbácea) o el control químico de arbustivas. Si bien el objetivo central es conocer la respuesta del pastizal natural luego de un desarbustado desde el punto de vista productivo (aumento de raciones por año), también es necesario conocer cuál es la trayectoria y dirección de los procesos sucesionales intrínsecos del ecosistema bosque nativo. Por tal motivo, se utilizó la información de base disponible del campo, para realizar un trabajo que tiene por objetivo conocer cuál es la respuesta del pastizal natural luego de un control químico aéreo. Los resultados abordan aspectos de la cobertura vegetal, la composición florística y la biomasa vegetal de los componentes herbáceos y arbustivos intervinientes; todos estos atributos son esenciales para definir y/o establecer la dirección o trayectoria de la sucesión luego de la intervención.

### **3.5. Impacto del cambio climático regional en ecosistemas del Espinal Mesopotámico**

Durante el año 2019 y 2020 se realizó una búsqueda bibliográfica local sobre las precipitaciones históricas en la región centro de la provincia. El objetivo fue determinar si existió o no una diferencia en el régimen de la precipitación anual, estacional o mensual, para luego establecer cómo impactaría en la sucesión ecológica. Los impactos sobre ecosistemas nativos pueden ser de origen antrópico o natural, esta última es constante y frecuente en el tiempo. Sin embargo, la magnitud aún se desconoce. El cambio climático es uno de los factores que modifican el nivel de estabilidad de los ecosistemas naturales, modificando los componentes y generando nuevos estados o niveles de estabilidad transitorios.

En la última década se observó un cambio sustancial en las condiciones climáticas promedio en muchas regiones de Argentina, particularmente en la región sur de Mesopotamia. Cualitativamente hubo un cambio que indicó un aumento significativo de las precipitaciones estivales, y una disminución del número de heladas anuales, concentrándose la temporada invernal (julio y agosto), asumiendo una "tropicalización de la región". Como resultado, numerosos procesos internos dentro de los agroecosistemas se vieron afectados, afectándolos severamente. En ese sentido, se realizaron estudios para la provincia de Entre Ríos que han permitido evidenciar un cambio en la variación de las precipitaciones mensuales, estacionales y anuales. Se han observado efectos en los pastizales naturales templados del sur de Sudamérica, en particular los que conforman los bosques nativos típicos de la región (Sabattini et al.,

2015). Los pastizales naturales son la fuente de forraje más importante en los sistemas de producción bovina. Estos presentan un pico de crecimiento que normalmente se da en primavera y otoño, debido a la composición de las especies vegetales que lo componen, principalmente especies C3. En este sentido, las condiciones normales de temperatura y precipitación han permitido dar respuesta a los requerimientos fisiológicos de las especies vegetales que componen los pastizales naturales. Sin embargo, en las últimas décadas numerosos estudios han reportado un cambio en el ciclo de crecimiento (Sabattini et al., 2018; Sabattini et al., 2019), atribuido principalmente a cambios en los regímenes de precipitación. Estos últimos han modificado la curva de productividad estacional de los pastizales naturales, como en su diversidad intrínseca. Los resultados cualitativos no solo se han observado en la vegetación herbácea, sino también en el estrato arbustivo. El cambio de régimen pluviométrico ha hecho que avance la invasión de especies arbustivas, generando competencia interespecífica por luz, agua y nutrientes con las especies herbáceas que son consumidas por bovinos, ovinos y equinos (Sabattini et al., 1999). Además, la vegetación nativa responde a la modificación de los ciclos fenológicos en los árboles, principalmente los reproductivos de floración y fructificación. Estos se pueden atribuir al aumento de las precipitaciones, coincidiendo con los comentarios de los lugareños que viven en la región. Este comportamiento se observó particularmente en especies de los géneros *Prosopis* y *Vachellia* que dominan en bosques nativos, creciendo en condiciones semi xerófitas (Sabattini y Sabattini, 2020).

La evaluación de la variabilidad temporal de las precipitaciones debida al posible cambio climático o intervención humana. En el presente estudio, la detección de puntos de cambio seguida del análisis de tendencias se ha llevado a cabo utilizando diferentes pruebas estadísticas no paramétricas. Los puntos de cambio significativos en todas las localidades de estas series observados entre 1900 y 2000 pueden atribuirse a la influencia del cambio de uso del suelo en la región. A diferencia de la temperatura del aire, que aumenta en todo el mundo en respuesta a la escala del calentamiento global, los cambios en las precipitaciones tienen características particulares en cada lugar y período. Mientras que diferentes indicadores en el centro de Argentina entre 1960 y 2012 reflejan la ausencia de cambios en las precipitaciones en algunos sitios, la intensidad y la variabilidad de las precipitaciones en otros lugares muestran tendencias significativas a largo plazo. Estos cambios son importantes desde el punto de vista ambiental y económico, ya que tienen un impacto directo sobre los recursos hídricos y del suelo, así como sobre el potencial agrícola de la región.

### **3.7. Distribución de mamíferos asociados a la condición sucesional de los ecosistemas en el Espinal Entrerriano**

La fauna silvestre es un aspecto relevante al momento de analizar los ecosistemas nativos. La sucesión ecológica vegetal modifica el hábitat, por lo tanto, la cadena trófica. Por ello, se estudió el puma, una especie tope dentro de la pirámide trófica que hasta el momento se desconocía con precisión cuál es su estado de conservación y distribución espacial en el territorio provincial.

### **3.8. Modificación de las propiedades fisico-químicas del suelo asociados a la intervención mecánica y biológica**

Respecto a las condiciones edáficas y su participación en la dinámica sucesional de los bosques nativos sometidos a un desarbustado mecánico, fueron presentados en el Congreso de la Ciencia de Suelos de la Argentina resultados preliminares, como así también se encuentra una revisión un modelo sobre la dinámica de las fracciones de carbono en el suelo posterior al desmonte considerando los diferentes estados sucesionales del bosque. En el XXII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (7-11/10/2019, Montevideo, Rep. Oriental de Uruguay), se presentó "*Intervención mecánica de arbustivas en bosques nativos: ¿Cambios en las propiedades químicas y físicas de suelo?*" También se presentaron avances en el XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo en la provincia de Corrientes del 26-29



Mayo 2020.

La provincia de Entre Ríos (Argentina) posee 1,6 millones de ha de bosque nativo, de las cuales 60% están degradadas por enmalezamiento de arbustivas dominadas por los géneros *Baccharis* y *Eupatorium* sp. Las prácticas de desarbustado mecánico son efectivas mejorando la accesibilidad del ganado bovino al pastizal natural, pero aún se desconocen los efectos sobre el suelo. Es por ello que nuestro objetivo fue evaluar la dinámica de carbono orgánico (CO) de un suelo Argiudol vértico posterior a un control mecánico de arbustivas en bosques nativos del Espinal Mesopotámico. El ensayo se instaló sobre lotes destinados a cría de bovinos de carne bajo pastoreo rotativo en un bosque bajo y cerrado del departamento La Paz (Entre Ríos). Los tratamientos fueron: testigo, rolado, triturado y rolado+triturado, distribuidos bajo diseño de bloques al azar. Las intervenciones se realizaron entre los años 2016 y 2018, permitiendo obtener evaluaciones de 1 a 2 años en el triturado y de 1 a 4 años en el rolado. Se tomaron muestras de suelo superficial durante un período anual (2018-2019), se analizaron las variables CO total (COT), mineral (COM) y particulado (COP), y estimaron los índices COP:COT con la variación interanual de CO. Los valores de COT y COP fluctuaron entre 26,2-39,9 g kg<sup>-1</sup> y 2,4-9,6 g kg<sup>-1</sup> respectivamente. El rolado+triturado se diferenció significativamente con incrementos en las tres variables de CO. La relación COP:COT resultó baja y constante, indicando que el principal destino de los aportes de C al suelo fue la fracción COM. Incrementos significativos de COP se registraron entre los 2 a 4 años posteriores al rolado. El rolado y el triturado resultarían prácticas adecuadas para recuperar los bosques degradados por malezas arbustivas, que no modifican la calidad del suelo utilizando el indicador del COT y de sus fracciones.

El área de estudio corresponde a un bosque nativo ubicado en el Establecimiento Agropecuario "La Esmeralda", departamento La Paz (Entre Ríos). Climáticamente le corresponde un régimen templado húmedo de llanura (Plan Mapa de Suelos de Entre Ríos, 1990). Las precipitaciones medias anuales son de 1.100 mm concentrándose históricamente en primavera y verano. Sin embargo, el registro local durante los años 2016 a 2019, demuestra un aumento progresivo en los últimos cuatro años de década evaluada (2011-2019) en la intensidad de las precipitaciones, registrando un aumento de 400 mm anuales, a excepción del año 2018 donde la sequía del verano significó una disminución marcada. La vegetación está dominada por bosques nativos del Distrito Ñandubay, provincia del Espinal (Oyarzabal et al., 2018). El paisaje es de llanura plana a suavemente ondulada ocupada por bosques nativos bajos, sabanas y pastizales naturales compuestos principalmente por gramíneas acompañadas por leguminosas y ciperáceas. El estrato arbóreo domina, y rara vez supera los 10 m de altura, conformado por *Prosopis nigra* Griseb., *P. affinis* Spreng. y *Vachellia caven* Molina. Además, se encuentra arbustizado por especies semi-leñosas superando el 60% de cobertura vegetal, siendo la especie dominante el *Baccharis punctulata* L., acompañada de *Eupatorium buniifolium* Hook. & Arn., *E. laevigatum* Lam. y *Aloysia grattisima* (Gillies & Hook. ex Hook.) Tronc. Estas características permiten clasificar al bosque nativo desde el punto de vista estructural como bajo y cerrado (Sabattini et al., 1999).

El ensayo se realizó sobre un sector de un establecimiento agropecuario de 67 ha destinado a la cría de bovinos de carne, el cual se encuentra dividido en cuatro lotes denominados: A, B, C y D. El manejo del pastoreo es rotativo con descansos estacionales y una carga animal instantánea de 2,5 a 4 unidades ganaderas/ha. Los suelos del área comparten características vérticas y pertenecen a la familia fina montmorillonítica. En todos los lotes se encuentra la clase Argiudol vértico, el cual a nivel de serie está representado por Alcaraz (Lote A) y Arroyo Carrasco (Lotes B, C y D). Se trata de suelos profundos, imperfecta a moderadamente bien drenados, con un epipedón muy oscuro, franco-arcillo-limoso y un horizonte argílico oscuro, franco-arcillo-limoso a arcillo-limoso. La serie Alcaraz tiene mayor expresión de rasgos vérticos mientras que Arroyo Carrasco presenta alcalinidad más alta en todo el perfil, inherente al material originario (Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, 1990). Se establecieron parcelas de una superficie de 144 m<sup>2</sup>, distribuidas en un diseño de bloques al azar, quedando conformado cuatro

tratamientos (**Cuadro 1**): a- testigo (bosque nativo con 70 % de cobertura de arbustivas), b- rolado, c- triturado y d- rolado+triturado.

**Cuadro 1.** Tratamientos por lotes.

Lote	Control mecánico	Fecha de la intervención
<b>A</b>	- Triturado	Septiembre de 2018
<b>B</b>	Rolado Rolado/Triturado	Febrero de 2016 Febrero de 2016/Septiembre de 2018
<b>C</b>	- Triturado	Agosto de 2017
<b>D</b>	- Rolado	Agosto de 2018

Los tratamientos mecánicos se realizaron a los efectos de disminuir la cobertura de malezas del estrato leñoso y arbustivo de hasta 10 cm de diámetro. Para rolar los arbustos se trabajó con un rolo triturador frontal diseñado por la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios (INNOVAR, 2016), el cual consiste en un cilindro metálico hueco de 2,25 m de ancho por 0,98 m de diámetro que pesa 1900 kg sin lastrar con agua y cuenta de 19 cuchillas de corte paralelas. El rolo se acopla delante de un tractor por medio de dos brazos hidráulicos, y de esta manera, en posición de trabajo va triturando el material vegetal permitiendo que los neumáticos avancen sobre un terreno limpio (Sabattini *et al.*, 2018). En el tratamiento de triturado se utilizó una desmalezadora trituradora que posee un rotor con martillos/cuchillas que girando a gran velocidad, cortan, pican y Trituran el material vegetal (chipeado). Finalmente, un tratamiento combinado se implementó en el lote B, que consistió en realizar en septiembre de 2018 el triturado sobre el rebrote del material que había sido rolado en febrero 2016. En todas las situaciones se dejó un sector testigo sin intervención mecánica.

El muestreo de suelo se efectuó entre los meses de diciembre de 2018 y de noviembre de 2019, definiendo un período anual de evaluación. En cada tratamiento se colectaron 3 muestras de suelo compuestas por 10 submuestras, siendo la profundidad de muestreo 20 cm correspondiendo al espesor del epipedón mólico. Las muestras fueron secadas, molidas y tamizadas por 2 mm previo a los análisis. Se cuantificó el carbono orgánico total (COT) del suelo según la norma IRAM-SAGyP 20572-2 (2011). Para el fraccionamiento físico de la materia orgánica se utilizó el método adaptado de Cambardella y Elliott (1992), colocando 10 g de suelo junto a 2 bolitas de vidrio y 30 ml de agua destilada en un tubo falcon. Estas suspensiones se agitaron en un agitador recíproco durante 4 h, y luego se pasaron por un tamiz normalizado de 53  $\mu$ m (ISO 3310). Las fracciones recuperadas fueron la particulada, que queda retenida sobre el tamiz (y contiene el COP), y la fracción asociada a los minerales del tamaño de limos y arcillas, que se encuentra en la suspensión suelo: agua que atraviesa la malla de 53  $\mu$ m, y tiene el C de la MOAM, es decir, el carbono orgánico asociado a los minerales (COM). El material así fraccionado se secó en estufa a 105°C. Posteriormente en cada fracción se determinó el C orgánico según la norma IRAM-SAGyP 20572-2 (2011). El método de fraccionamiento físico por granulometría resultó simple y rápido, permitiendo lograr una recuperación del 95 a 100 % de la masa inicial de suelo. Se calculó la relación COP:COT, realizando el cociente entre ambas variables, para utilizar como indicador de las prácticas de manejo. También se calculó la variación interanual de COT, COM y COP para evaluar el efecto del manejo a través del tiempo. Dado que en el lote B se iniciaron los primeros ensayos, se produjeron mayor cantidad de datos que permitieron realizar un análisis de la dinámica temporal del carbono orgánico del suelo (COS), con muestreos de suelo durante 6 fechas consecutivas para COT (05/18, 07/18, 10/18, 12/18, 07/19 y 11/19), de las cuales se tomaron 4 fechas para evaluar COP, luego de instalado el ensayo combinado de rolado-triturado (07/18, 12/18, 07/19 y 11/19).

El efecto del desarbustado mecánico sobre los contenidos de carbono total y sus fracciones se ana-

lizó mediante un ANOVA. Se realizó un análisis de comparación de medias utilizando el test LSD Fisher ( $\alpha < 0,05$ ). Los datos se procesaron utilizando el Software Infostat (Di Rienzo et al., 2015). El análisis de los datos se realizó con los valores medios de las variables obtenidos a partir de las tres repeticiones tomadas en cada sitio muestreado.

En el **Cuadro 2** se presentan los resultados de las determinaciones de carbono en el suelo correspondiente a los muestreos de los años 2018 y 2019 como así también a la variación interanual.

**Cuadro 2.** Contenidos de C en cada componente orgánico en el suelo bajo los diferentes tratamientos para los años 2018, 2019 y su variación interanual.

	Tratamiento	n	2018	2019	2018-2019
COT (g kg <sup>-1</sup> )	Testigo	9	32,8bc	29,0a	-3,8a
	Rolado	6	30,3ab	31,5ab	1,3b
	Triturado	6	34,0c	31,7b	-2,4ab
	Rolado-triturado	3	28,1a	35,7c	7,7c
COM (g kg <sup>-1</sup> )	Testigo	9	27,3bc	23,5a	-3,8a
	Rolado	6	25,7ab	25,9b	0,2bc
	Triturado	6	28,6c	26,0b	-2,6ab
	Rolado-triturado	3	23,6a	27,7b	4,1c
COP (g kg <sup>-1</sup> )	Testigo	9	3,4a	3,8a	0,4b
	Rolado	6	4,0ab	4,3a	0,3b
	Triturado	6	6,0b	3,7a	-2,4a
	Rolado-triturado	3	4,1ab	6,3b	2,2b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (Test LSD Fisher,  $p > 0,05$ ). Las letras corresponden a comparaciones entre tratamientos dentro de cada fracción de C analizada y de cada fecha.

Durante el período evaluado los contenidos totales de COS fluctuaron entre 26,2 y 39,9 g kg<sup>-1</sup>, con un coeficiente de variación (CV) del 11 % y un valor medio de 31,9 g kg<sup>-1</sup>. Similar tendencia se observó en la fracción COM, con un rango comprendido entre 22,2 y 33,1 g kg<sup>-1</sup> (CV 10 %). En el caso de la fracción COP, la variación resultó mayor (CV 45 %), con valores mínimos de 2,4 g kg<sup>-1</sup> y máximos de 9,6 g kg<sup>-1</sup>.

En general, en los contenidos de COT y COM no se evidenciaron cambios significativos respecto al testigo durante 2018, a excepción del rolado-triturado donde fue menor. En cambio, en el año 2019 los tratamientos con intervención mecánica resultaron con incrementos significativos. Teniendo en cuenta la fracción COP, el tratamiento triturado para el año 2018 y rolado-triturado en el año 2019 fueron mayores significativamente respecto al testigo.

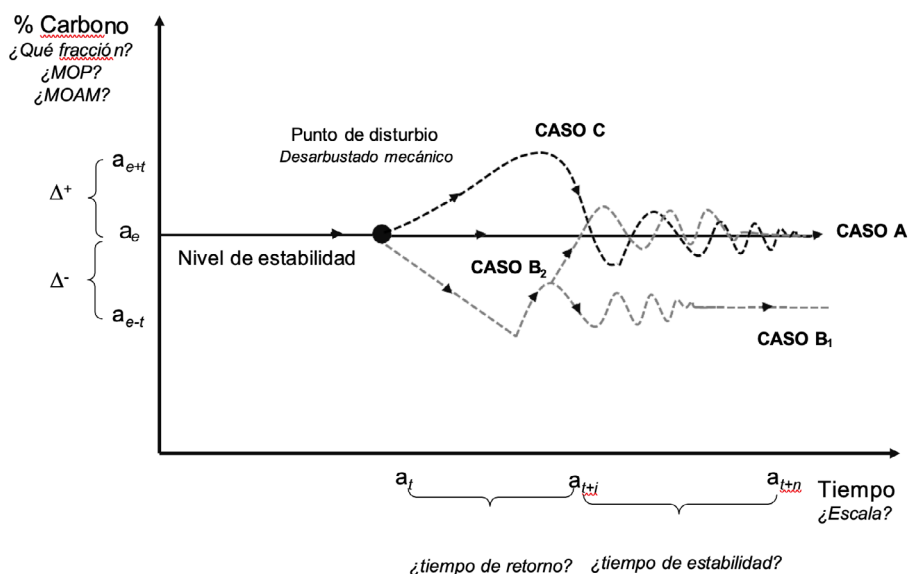
Los altos contenidos de COT obtenidos son propios de los suelos del área de estudio, con predominio de formación de complejos órgano-minerales, junto al continuo aporte de restos orgánicos, y no remoción del suelo, condiciones que promueven su acumulación en las fracciones de ciclado más lento. Son valores similares a los medidos en investigaciones locales sobre Argiudoles vérticos bajo bosque nativo (De Petre et al., 1999; Casermeiro et al., 2001). A su vez, están comprendidos dentro de los "valores de referencia" propuestos por Wilson et al. (2017) para suelos bajo bosque nativo en el área centro-oeste de Entre Ríos, valores que representan el umbral para asegurar la productividad y sustentabilidad de los sistemas ganadero-agrícola. Dichos autores indican para los suelos de la clase Argiudol un valor de

situación inalterada (bosque nativo sin uso ganadero o con muy baja carga animal) equivalente a 35 g kg<sup>-1</sup> de COT. Así, los suelos del área bajo estudio mantienen valores de COT similares a las condiciones prístinas y/o de baja perturbación antrópica (Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos, 1990). Los resultados del fraccionamiento físico de la materia orgánica ponen en evidencia el predominio del C asociado a los minerales. Ello se debe a la granulometría fina de estos suelos, con un 95 % de partículas del tamaño de las arcillas y limos. El marcado efecto de la textura sobre la acumulación y distribución de las fracciones orgánicas fue reportado por Galantini *et al.*, (2008), quienes observaron mayores valores de COM en suelos con mayores contenidos de fracción fina. Para el presente estudio se destaca la gran similitud en la textura de los suelos evaluados, lo que permite afirmar que las diferencias registradas en la fracción COM son debidas al manejo. La asociación del C a los minerales del suelo junto a su oclusión dentro de microporos o agregados pequeños, brindan protección física haciendo que la MO sea menos accesible para los organismos descomponedores y sus enzimas (Lavalle *et al.*, 2019). De esta manera, las fracciones de ciclado más lento (COM) resultan más abundantes, lo que propicia el almacenamiento de COS en el largo plazo.

Ambas prácticas mecánicas resultaron beneficiosas para recuperar bosques nativos degradados por la invasión de arbustivas, sin afectar la calidad del suelo evaluada a través de los contenidos totales carbono orgánico y de sus fracciones. Por otro lado, es importante mencionar que se registraron valores de COT elevados comparativamente con otros ambientes de la provincia de Entre Ríos, permitiendo afirmar su potencial como secuestradores de carbono entre sus servicios ecosistémicos más destacables, y en consecuencia a mitigar efectos negativos del calentamiento global. El tratamiento combinado de rolado con triturado favoreció la acumulación de COS dado que implica mayor intensidad de la práctica de control mecánico y en consecuencia mayor procesamiento físico sobre los restos vegetales. En este sentido, las variaciones interanuales en los contenidos totales de COS son explicadas por el comportamiento de la fracción COM, registrando incrementos anuales significativos. Los parámetros COP y la relación COP:COT, son técnicas sencillas, rápidas y de bajo costo, pero representan indicadores de la calidad del suelo en el corto plazo para este tipo de tratamientos. La relación COP:COT fue baja y constante, indicando que el principal destino de los aportes de C provenientes del triturado del vegetal arbustivo al suelo, fue la fracción COM. Esta es abundante y de ciclado más lento, generando mejores condiciones de almacenamiento de COS en el largo plazo. Si bien puede ser conocido la interacción de los efectos de la intervención mecánica de arbustivas en estos sistemas sobre la productividad primaria de las especies herbáceas, todavía se desconoce no sólo cuál es el peso relativo de otros factores intervinientes, como por ejemplo la precipitación, sino también sus efectos sobre el COP. Sin embargo, es posible mencionar que en este trabajo existió una tendencia positiva en el contenido de COP al disminuir el tamaño del vegetal triturado frente a factores climáticos favorables. Los resultados aquí presentados son preliminares, por tal motivo se sugiere continuar con estos estudios en los cuales resulta necesario monitorear mayor número de sitios ampliando el período de evaluación propio a la dinámica del carbono.

### **3.8.1. Modelo teórico: dinámica del nivel de carbono en el suelo en un bosque nativo degradado por arbustos sometido a un desarbustado mecánico**

En el modelo propuesto, a raíz de ciertas hipótesis y supuestos, se presentan cuáles son las alternativas del cambio en el porcentaje de carbono posterior a un disturbio antrópico en el tiempo. El mismo es el desarbustado mecánico, que tiene por objetivo disminuir la cobertura de las especies arbustivas, fundamentalmente el género *Baccharis* sp. y *Aloysia* sp. Como resultado de la intervención, se depositan sobre el suelo restos vegetales triturados con diferentes tamaños, quedando expuestos a la descomposición y posterior mineralización.



**Figura 1.** Modelo Teórico.

Partiendo de un nivel determinado, teóricamente pueden pasar tres alternativas posteriores a la intervención (**Figura 1**). Por un lado, que el nivel de carbono fluctúe bajo ciertos límites respecto del valor inicial, considerado invariable en el tiempo (Caso A). Esto permitiría inferir que los mecanismos de estabilización y recuperación del ecosistema se encuentran activos, característico de un bosque nativo cercano a la estabilidad. Sin embargo, estudios locales observaron que el porcentaje de carbono puede descender inmediatamente el tratamiento en el tiempo (Caso B) o bien aumentar (Caso C). Ese descenso puede estar ocasionado por: a- factores meteorológicos adversos como la intensidad de las precipitaciones que provocan el lavado del material vegetal; b- factores topográficos como la intensidad y largo de las pendientes del terreno que aceleran los procesos erosivos del material vegetal cortado y del suelo superficial; c- factores físicos y químicos intrínsecos del suelo que provocan una saturación del nivel de carbono y por ende no es posible un aumento; d- el tipo de desarbastado mecánico en relación al tamaño y forma del material vegetal remanente; e- la intensidad de la práctica realizada respecto al número de pasadas de la herramienta sobre el terreno que pueden generar una condición de suelo desnudo.

En este nuevo punto en el nivel de carbono menor a la inicial, puede permanecer constante en el tiempo (Caso B<sub>1</sub>). Este supuesto indicaría que los mecanismos de la sucesión vegetal se encuentran colapsados, dado que no se activan los procesos de restauración natural. Sin embargo, puede pasar que los mismos demoren más tiempo y progresivamente aumente hasta su condición inicial (Caso B<sub>2</sub>). Estos procesos pueden suceder en ecosistemas de bosques nativos sucesionales, o sea, aquellos que se encuentran en una etapa intermedia dentro del proceso de sucesión, que aún no se encuentran estabilizados y se encuentra en un equilibrio inestable (Sabattini y Sabattini 2018).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, el contenido de carbono puede aumentar, situación que puede suceder en bosques posicionados al inicio de la sucesión vegetal. El mismo puede estar determinado por un aumento en la tasa de descomposición de los restos orgánicos, acompañada de una mayor tasa de mineralización. Uno de los factores que gobierna este proceso es la temperatura. En una condición de alta cobertura vegetal de arbustivas que es sometida a un desarbastado mecánico, el resultado posterior es una mayor incidencia solar en la superficie del suelo, generando condiciones meteorológicas favorables que afectan a la tasa metabólica de los microorganismos descomponedores. En este caso, este aumento de carbono no puede mantenerse estable dado que el material vegetal triturado se aporta en un solo corte, y además puede considerarse que es aprovechado por la llamarada de

crecimiento del pastizal natural cuando rebrota posterior al corte (Sabattini et al., 2018; Pereyra 2018). Con el correr del tiempo, ese aumento comenzaría a disminuir hasta su estado inicial previo al desarbustado a causa de la intervención de los mismos mecanismos compensadores de la sucesión ecológica.

En tal sentido, el porcentaje de carbono podría considerarse un indicador fundamental sobre la capacidad de resiliencia de los bosques nativos arbustizados en diferentes posiciones de la sucesión vegetal (renoval, sucesional o virgen). Sin embargo, para futuras investigaciones será necesario conocer no sólo la magnitud en la variación del nivel de carbono, sino también la escala de tiempo en la que se producen los mismos. Esto permitiría valorar a las prácticas teniendo en cuenta los principios de la sustentabilidad ecológica.

### 3.9. Cambios en la vegetación asociados a la intervención mecánica y biológica. Resultados parciales

El primer año del proyecto se utilizaron las intervenciones mecánicas realizadas por la Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarios en el año 2016 con rolo triturador frontal y año 2017/2018 con trituradora de tres puntos, en el Establecimiento "La Esmeralda". Se realizó un diseño de clausura rectangular de 50 x 50 m (aproximadamente), ubicando en dos potreros del Establecimiento representando una situación testigo y otra intervenida mecánicamente. En este sentido se evaluaron cuatro tratamientos:

- **Tratamiento A**-Rolado Clausura (sin herbivoría bovina) y Pastoreo (con herbivoría bovina).
- **Tratamiento B**-Triturado Clausura y Pastoreo.
- **Tratamiento C**-Rolado + Triturado Clausura y Pastoreo.
- **Tratamiento D**-Testigo Clausura y Pastoreo.

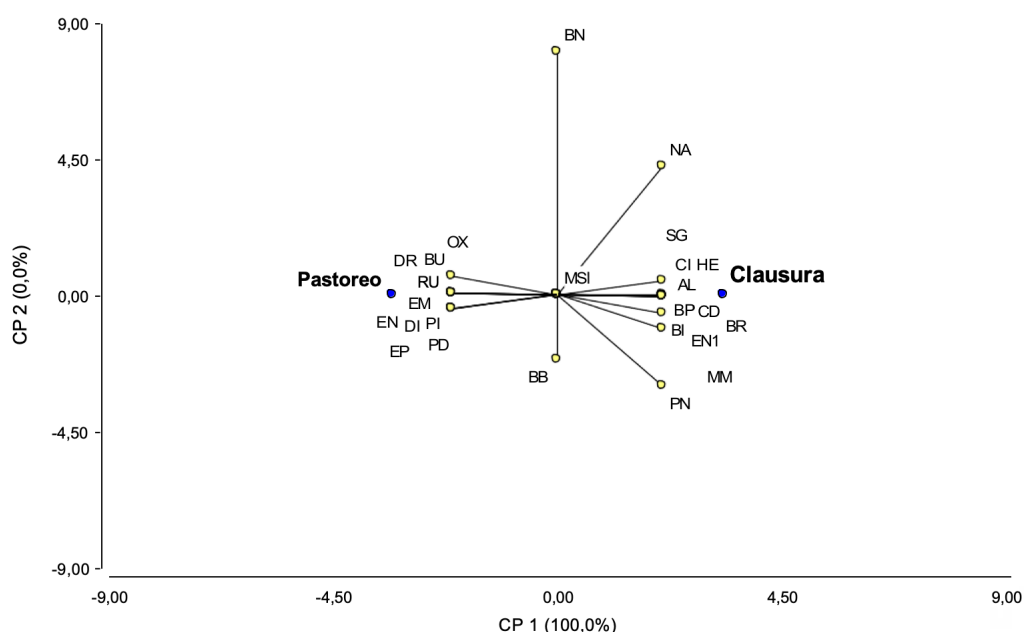
Con el objeto de caracterizar la sucesión ecológica se evaluó mensualmente atributos de la vegetación. Se determinó la composición florística de las especies herbáceas y arbustivas teniendo en cuenta la metodología de Braun-Blanquet (1979). Además, se registró la cobertura vegetal con el método de intercepción de la línea de Canfield (Matteucci y Colma, 1982), considerando las siguientes fracciones: forrajeras (especies herbáceas monocotiledóneas, dicotiledóneas y ciperáceas palatables), broza (material vegetal senescente), suelo desnudo (sin vegetación, con tierra al descubierto), otras especies herbáceas no forrajeras, *B. punctulata*, *A. gratissima*, y renovales (individuos jóvenes de *V. caven*). En cada tratamiento, se realizaron 3 transectas de 10 metros de largo ubicadas al azar. Cada transecta se dividió en cinco partes, evaluándose la cobertura de cada fracción de lado izquierdo y derecho.

Por otro lado, se cuantificó la biomasa vegetal por medio del corte al azar de especies vegetales forrajeras, tomando a una altura de 5 cm del suelo en cada tratamiento. Se realizaron 5 repeticiones por tratamiento con un marco cuadrado de 0,25 m<sup>2</sup>. El material verde se pesó con una balanza portátil de un decimal de precisión, y luego se realizó el secado en estufa a 80°C durante 48 hs. Posteriormente se pesó el material seco para estimar el porcentaje de materia seca (%MS) y la producción de biomasa vegetal en términos de kg MS.ha<sup>-1</sup>.

Se realizaron cinco muestreos: 12/07/18, 28/08/18, 04/10/18, 27/12/2018 y 22/01/2019, evaluándose las variables antes mencionadas. Todas las variables fueron sometidas a análisis descriptivos y multivariados (análisis de componentes principales). La estadística descriptiva de medidas de posición y de dispersión con respecto a la media (Di Rienzo et al., 2012) se emplearon con el objeto de estudiar la variabilidad de las observaciones. Consecuentemente, durante las distintas evaluaciones se establecerán las medidas de tendencia central y de variabilidad correspondientes a la totalidad de las variables evaluadas.

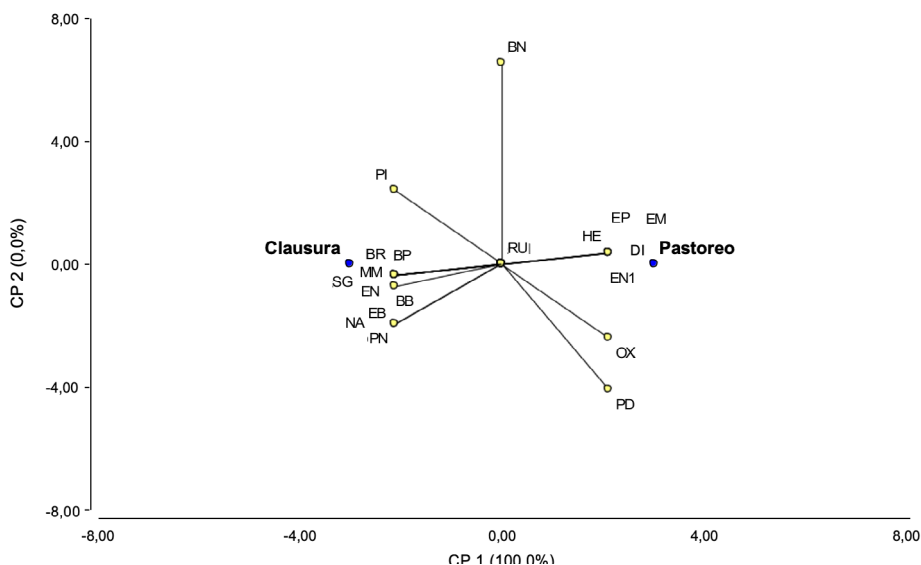
En términos descriptivos puede observarse que en una situación Testigo sin intervención mecánica, la riqueza específica de la comunidad de un pastizal pastoreado es mayor respecto a la situación clausura, debido posiblemente a una mayor elección de especies palatables provocando la apertura de nuevos nichos espaciales para la instalación de otras especies pioneras. Sin embargo, cuando se realiza una intervención mecánica seguida de un pastoreo bovino, la riqueza específica disminuye respecto a la situación de clausura.

En la Figura 2 se observa que la primera componente (CP1) separa claramente la situación de pastoreo con respecto a la de clausura, por tanto la mayor variabilidad entre la cobertura de las distintas especies para el tratamiento rolado. *Baccharis ulicina*, *Desmodium incanum*, ***Dichondra repens***, *Emia, spp*, *Eryngium nudicaule*, *Eringium paniculatum*, *Oxalis spp.*, *Paspalum dilatatum*, ***Piptochaetium spp.*** y *Rumex spp* son especies que están más asociadas al pastoreo; en tanto ***Aloysa grattisima***, ***Baccharis punctulata***, *Bromus spp.*, *Coronopus dydimus*, *Cyperus spp.*, *helecho*, *Melica macra*, *Paspalum notatum* y *Senecio grisebachii* presentan mayor cobertura en una situación de rolado y clausura. Esto permitiría afirmar a priori, pero que deberá ser confirmado con el avance del proyecto, que las especies pioneras y hábiles de competencia (romerillo y chilca) retoman la sucesión secundaria de un bosque nativo intervenido, perjudicando el normal crecimiento del forraje y modificando la relación de los elementos estructurales (relación arbustiva/forrajeras). Por otro lado, *Baccharis notoserigila*, *Baccharis coridifolia* y *Mnesithea selloana* no se encontraron asociados a ninguna de situaciones sometidas (pastoreo o clausura).



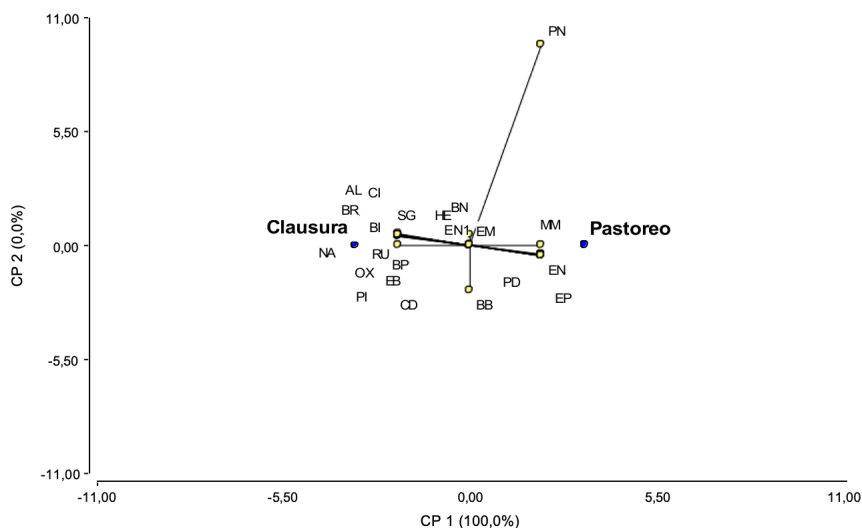
**Figura 2.** Asociación de las especies evaluadas del Tratamiento Rolado teniendo en cuenta una situación de Clausura y Pastoreada.

Cuando la intervención mecánica se realiza con una desmalezadora trituradora, *Emia, spp*, *Eringium paniculatum*, *Oxalis spp* y *Paspalum dilatatum* presentan una fuerte asociación a la situación de pastoreo, mientras que en la clausura (sin herbivoría bovina) dominaron *Baccharis coridifolia*, ***Baccharis punctulata***, *Bromus spp.*, *Eupatorium bunifolium*, ***Melica macra***, *Nasella spp.*, *Paspalum notatum* y *Senecio grisebachii* (Figura 3). Se observó el mismo comportamiento en el sector clausura con el rolado respecto a la chilca, apareciendo en segundo orden a la *Melica macra*, posiblemente por la posición de las yemas de rebrote y la relación con la altura de corte del implemento. Por otro lado, *Rumex spp.*, y *Baccharis notoserigila* no presentaron asociación para pastoreo o clausura en el caso de tratamiento triturado.



**Figura 3.** Asociación de las especies evaluadas del Tratamiento Triturado teniendo en cuenta una situación de Clausura y Pastoreada.

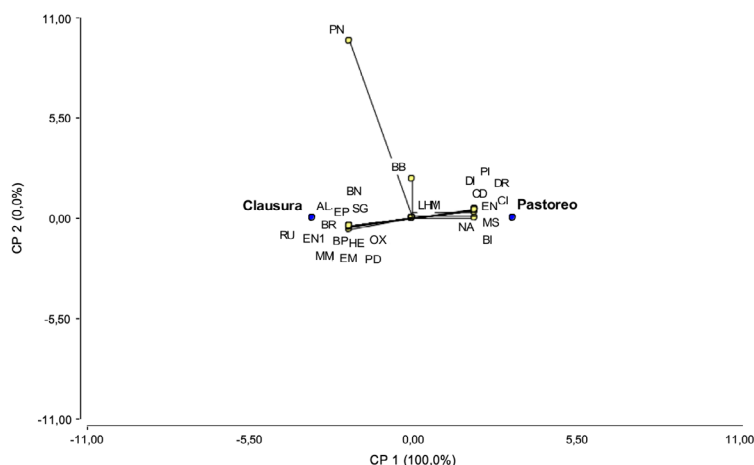
Al realizar una doble intervención mecánica con rolo y trituradora, el cuadrante negativo de la primera componente quedó definido por la situación de clausura, mientras que el positivo, por la situación de pastoreo. Las especies ***Aloysa grattisima***, ***Bowlesia incana***, ***Baccharis punctulata***, ***Bromus spp.***, ***Coronopus dydimus***, ***Cyperus spp.***, ***Eupatorium bunifolium***, ***Mnesithea selloana***, ***Nasella spp.***, ***Oxalis spp.***, ***Piptochaetium spp.*** y ***Rumex spp.*** presentan una fuerte asociación a la situación de clausura. Sin embargo, asociados al pastoreo se registraron ***Eryngium nudicaule***, ***Eringium paniculatum***, ***Melica macra***, ***Paspalum dilatatum***. En este sentido puede observarse que una repetición de la intervención mecánica aumenta no solo las especies arbustivas en la situación clausura, sino que también está acompañado de las herbáceas como ***Nasella spp.*** y ***Oxalis spp.***. Sólo tres especies (***Baccharis coridifolia***, ***Baccharis notoserigila***, ***Emia spp.***) no presentaron relación con el pastoreo y la clausura (Figura 4).



**Figura 4.** Asociación de las especies evaluadas del Tratamiento Rolado+Triturado teniendo en cuenta una situación de Clausura y Pastoreada.



Por último, en el sector testigo, la primera componente explica un 98% de la variabilidad de los datos, mientras que el 2% restante queda explicado por la segunda componente. De acuerdo con lo mencionado, **Aloysa grattisima**, *Baccharis notoserigila*, **Baccharis punctulata**, *Bromus spp*, *Emia spp.*, *Eringium paniculatum*, *helecho*, *Melica macra*, **Oxalis spp**, *Paspalum dilatatum*, *Rumex spp.*, *Senecio grisebachii* presentan una fuerte asociación con la Clausura. En tanto que *Bowlesia incana*, *Cyperus spp.*, **Desmodium incanum**, *Dichondra repens*, *Eryngium nudicaule*, *Mnesithea selloana*, **Nasella spp.**, **Piptochaetium spp.** se asocian a la situación de Pastoreo (Figura 5). *Baccharis coridifolia* y *Leersia hexandra* se pueden encontrar tanto en Clausura como en Pastoreo.



**Figura 5.** Asociación de las especies evaluadas del Tratamiento Testigo teniendo en cuenta una situación de Clausura y Pastoreada.

En el Cuadro 3 se presentan los valores promedios de cobertura para las distintas fracciones analizadas en función de los tratamientos. En términos generales se observó un aumento en el porcentaje de las forrajeras con la intervención mecánica sin la presencia de herbívoros, mientras que con el pastoreo la tendencia aún no es clara sobre los resultados. Respecto a la broza se observa una disminución cuando los restos vegetales resultados de la intervención mecánica son más pequeños (triturado) y más aún cuando se realizan dos intervenciones, primero un rolado y al cabo del tiempo un triturado.

**Cuadro 3.** Valores promedios de cobertura para distintas fracciones evaluadas en cada tratamiento.

Tratamientos		Forraj.	Broza	Suelo desnudo	Caraguata	Espartillo	ONF	Chilca	Rom.	Renoval
T	C	47,74	43,12	10,89	4,90	36,51	32,69	17,27	25,72	7,09
	P	55,56	30,98	12,21	3,97	22,10	32,33	25,12	24,34	8,83
R	C	46,13	48,04	6,02	9,64	50,94	25,51	19,01	11,53	2,30
	P	60,78	31,02	8,40	6,80	40,45	24,18	8,72	5,99	5,31
Tr	C	60,69	32,64	6,67	2,64	2,36	52,22	49,76	0,00	2,36
	P	47,78	26,86	25,56	2,11	10,00	31,11	19,81	5,56	7,14
RyT	C	72,50	22,08	3,13	11,20	27,63	27,07	11,50	0,96	1,88
	P	70,06	20,31	10,06	9,70	26,47	27,30	5,79	0,44	1,89

Referencias: (R) Rolado, (Tr) Triturado, (R y T) Rolado y Triturado, (T) Testigo, (C) Clausura, (P) Pastoreo, (ONF) Otras no forrajeras

Por otro lado, la cobertura de suelo desnudo aumenta cuando los restos vegetales resultantes son cada vez más pequeños, sumado al pastoreo bovino. En este sentido, las hipótesis planteadas indican que los restos son rápidamente degradados y posteriormente incorporados a la fracción de suelo. Sin embargo, hasta el momento, las variables de suelo evaluadas no mostraron cambios sustanciales entre los tratamientos motivo para ser explicado eventualmente, en futuros trabajos.

Las arbustivas (romerillo y chilca) presentaron una disminución considerable en su cobertura vegetal respecto a la situación testigo cuando se interviene mecánicamente, mejorando la respuesta cuando se pastorea con bovinos. Sin embargo se observó un rebrote considerable de los renovales de *Vachellia cavendishii* cuando se interviene mecánicamente con pastoreo rotativo. Esta respuesta podría ser explicada por la eliminación de nichos espaciales que permiten un rápido rebrote, entre otras cosas, por su profuso sistema radicular.

## Indicadores de producción

### PRESENTACIONES EN CONGRESOS NACIONALES

Sabattini J.A., Sabattini R.A., Sandobal L., Cian J.C., Sabattini I.A. (2018). Productividad primaria neta del pastizal natural con diferentes tiempos de pastoreo rotativo en bosques nativos del espinal argentino. IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Libro de Actas. Villa Langostura, 31/10-2/11/2018. 276-284.

Befani M.R., Alvarado M.R., Hernandez J.P., Quintero C.E., Boschetti N.G., Schenfeld M.A, Zamero M.A, Sabattini R.A. (2020). Dinámica del carbono en suelos con bosques nativos degradados del Espinal Mesopotámico sometidos a intervenciones antrópicas. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 13 al 16/10/2020.

Sabattini J.A., Sabattini R.A. (2020). Rainfall trends changes in central-north of Entre Rios. Libros de Actas. XVIII Reunión Argentina y IX Latinoamericana de Agrometeorología, Modalidad Virtual, 23 al 27/11/2020. 95-96.

### PRESENTACIONES A CONGRESOS INTERNACIONALES

SABATTINI J.A., HERNANDEZ, J.P.; BEFANI, R.; BOSCHETTI, G.; SABATTINI, R.A.; QUINTERO, C.E. 2019. Intervención mecánica de arbustivas en bosques nativos: ¿Cambios en las propiedades químicas y físicas de suelo? Trabajo presentado en el XXII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Fecha de realización: 7-11/10/2019. Lugar: Montevideo, Rep. Oriental de Uruguay.

SABATTINI J.A., SABATTINI R.A., URTEAGA OMAR F., CIAN J.C., SABATTINI I.A., DOPAZO V.M. 2019. Evolución del nivel arbustización en bosques nativos del Espinal Mesopotámico: Utilización de sensores remotos para su análisis. Trabajo presentado XXV Congreso Mundial de IUFRO "Investigación y Cooperación Forestal para el Desarrollo Sostenible". Fecha de realización: 29/09 al 05/10/2019. Lugar: Curitiba, Brasil.

### PUBLICACIONES Y CAPITULOS DE LIBRO

SABATTINI, J.A.; SABATTINI, R.A. (2018). Sucesión vegetal y Restauración ecológica. *Revista Científica Agropecuaria* 22(1-2):31-53.

SABATTINI, J.A.; SABATTINI, R.A.; URTEAGA OMAR F., BACIGALUPO M.; CIAN, J.C.; SABATTINI, I.A.; DOPAZO, V.M. (2019). Recuperación del pastizal natural en un bosque nativo degradado del Espinal argentino: persistencia del control químico de arbustivas. *Investigación Agraria*. 21(2):93-107.

SABATTINI, J.A., SABATTINI, R.A.; URTEAGA OMAR, F.; VELAZQUEZ-MARTI, B. (2019). Classification of successional stages in native forests of the argentine spinal through neural networks. *Land Degradation & Development* <https://doi.org/10.1002/ldr.3409>

- MUZZACHIODI, N., SABATTINI J.A., CHIMENTO, N.R., SABATTINI, R.A. (2020). *Puma concolor* (Linnaeus, 1771) en la provincia de Entre Ríos: modelando su distribución actual y las áreas prioritarias para su conservación. *Historia Natural*. 10(3): 157-178.
- SABATTINI J.A., SABATTINI R.A., CIAN J.C., SABATTINI I.A. (2021). Carbon stock in subtropical native forests in a South American protected rea. *Nature Conservation Research*. 6(2):66-79. <https://dx.doi.org/10.24189/ncr.2021.027>
- SABATTINI J.A., SABATTINI R.A. (2021). Changes in shrub invasion in South America protected temperate native forests. Capítulo 10. 132-142 pp. In: Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo V (Ed. Spers E.E.) DOI: 10.37572/EdArt\_29042134710
- SABATTINI J.A., SABATTINI R.A. (2021). Rainfall Trends in Humid Temperate Climate in South America: Possible Effects in Ecosystems of Espinal Ecoregion. In: Global Warming and Climate Change [Working Title] (Ed. Harris S.) <https://10.5772/intechopen.99080>. Available from: <https://www.intechopen.com/online-first/77699>.

## Bibliografía

- Acosta, M.L.; Toledo, D.M.; Contreras Leiva, S.M.; Urinovsky Irigoyen, K.M. 2017. Efectos del cambio de uso del suelo, bajo sistema forestal con *Pinus* sp. sobre fracciones de la materia orgánica y distribución de los agregados. *Agrotecnia*, (25), 20.
- Álvarez, R.; Steinbach, H. 2010. Factores de clima y suelo que regulan el nivel de materia orgánica (pp 171- 179). En Álvarez, R.; Rubio, G.; Álvarez, C.; Lavado, R. (eds.). *Fertilidad de suelos. Caracterización y manejo en la Región Pampeana*. Capítulo 2. Editorial Facultad de Agronomía (EFA-UBA).
- Anadón, J. D., Sala, O. E., & Maestre, F. T. (2014). Climate change will increase savannas at the expense of forests and treeless vegetation in tropical and subtropical Americas. *Journal of Ecology*, 102(6), 1363-1373.
- Anderson, F.(1980). Ecosystem research within the swedish coniferous forest project. *Ecol. Bull. (Estocolmo)* 32: 11-23.
- Anriquez, A. L., Arias, S., Silberman, J. E., Núñez, J. A. D., Kunst, C. G., & Albanesi, A. S. (2016). Sistema silvopastoril con diferentes coberturas arbóreas habilitado por rolado de baja intensidad. Impacto en glomalin y fracciones de carbono del suelo. *Ciencia Del Suelo*, 34(1), 33-41.
- Anriquez, A., Albanesi, A., Kunst, C., Ledesma, R., López, C., Rodríguez Torresi, A., & Godoy, J. 2005. Rolado de fachinales y calidad de suelos en el Chaco occidental, Argentina. *Ciencia Del Suelo*, 23(2), 145- 157
- Apezteguía, H. y Sereno, R. 2008. Sustancias húmicas y otras fracciones de la materia orgánica en el bosque nativo y en suelos cultivados. En: *Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina* (ed. J.A. Galantini). 131-145
- Bailey, R. G., & Ropes, L. (1998). *Ecoregions: the Ecosystem Geography of the Oceans and Continents : with 106 illustrations, with 55 in color*. New York: Springer
- Baridón, J. E., & Casas, R. R. 2019. Quality indicators in subtropical soils of Formosa, Argentina: Changes for agriculturization process. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4), 13-24.
- Belsky, A. J. (1992). Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. *Journal of Vegetation Science*, 3(2), 187-200.
- Böker R., Gulilmetti B., Knudtsen O. 1989. Control de Malezas Leñosas en Pasturas. *Rev. De la Soc. Rural de Jesús María*, 53:45-48.
- Bongiovanni, S.N. (1986). Valor nutritivo de las gramíneas del campo natural (monte), La Paz, Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 43 p.
- Brown, A., & Pacheco, S. (2006). Importancia del género *Cedrela* en la conservación y desarrollo sustentable de las Yungas australes. *Ecología y producción de cedro (género Cedrela) en las Yungas australes*.

- Ediciones del Subtrópico, Tucumán, Argentina, 9-18.
- Cabrera, A. L. (1976). Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería: regiones fitogeográficas Argentinas. Acme.
- Cambardella, C. A., & Elliot, E. T. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56(3), 777-783.
- Casermeiro, J., De Petre, A. A., Spahn, E., & Valenti, R. (2001). Efectos del desmonte sobre la vegetación y el suelo. *Forest Systems*, 10(2), 233-244.
- Casermeiro, J.; De Petre, A.; Spahn, E.; Valenti, R. 2001. Efectos del desmonte sobre la vegetación y el suelo. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. 10(2), 233-244.
- Castagnino, A., Dorsch, A.F. (1992). Evaluación de la productividad secundaria y su relación con la dinámica del pastizal natural en una explotación ganadera de cría del monte entrerriano (La Paz, Entre Ríos). Trabajo Final de Graduación de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 93 p.
- Coppock, D. L., Ellis, J. E., Detling, J. K., & Dyer, M. I. (1983). Plant-herbivore interactions in a North American mixed-grass prairie. II. Responses of bison to modification of vegetation by prairie dogs. *Oecologia*, 10-15.
- Cottani, F., Sabattini, R. 2006. Manejo y control de arbustivas en un pastizal con alta carga animal en pastoreo rotativo. *Revista Científica Agropecuaria* 10: 109-120.
- Coughenour, M. B. (1991). Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of range management*, 44(6), 530-542.
- COZZO, D. (1979). Informaciones sobre el cultivo del paraíso gigante (*Melia azedarach*) em Misiones, Argentina. *Revista Forestal Argentina*, Buenos Aires, 3(4), 135-143.
- Cruzate, G. A., & Casas, R. (2012). Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 6, 7-14.
- Cuadras, C.M. (2007). Nuevos métodos de análisis multivariante. Barcelona: CMC Editions.
- De Petre, A.; Casermeiro, J.; Spahn, E.; Valenti, R. 1999. Condiciones edáficas de un sistema arbóreo natural en clima templado húmedo. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales*. Vol. 8(1), 107-117.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. (2015). InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <<http://www.infostat.com.ar>>
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Dorsch, A.F. y R.A. Sabattini. 2003. Comparación de montes nativos de Entre Ríos mediante el estudio de curvas de densidad-diámetro de las especies arbóreas. *Revista Forestal Yvyretá*, 11: 1-9.
- Duval, M.E., Galantini, J. A., Martínez, J. M., López, F. M., & Wall, L. G. 2016. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. *Soil and Tillage Research*, 159, 9-22. Galantini, J., Duval, M., Martinez, J., Mora, V., Baigorri, R., & García-Mina, J. 2016. Quality and Quantity of Organic Fractions as Affected by Soil Depth in an Argiudoll under Till and No-till Systems. *International Journal of Plant & Soil Science*, 10(5), 1-12.
- FAO (2007). FAOSTAT Statistical database. Accessible online at <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>. Rome, Italy, Food and Agricultural Organisation (FAO)
- FAO (2009) FAOSTAT online statistical service. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. Available via URL. <http://faostat.fao.org>
- Galantini, J.; Iglesias, J.; Landriscini, M.; Suñer, L.; Minoldo, G. 2008. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. En: *Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina* (ed. J.A. Galantini). 71-95

- Galantini, J.; Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* Vol. XXV (1): 41-55
- Gasparri, I.; Manghi, E. 2014. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas. Informe final. Dirección de bosques secretaria de ambiente y desarrollo sustentable. República Argentina.
- Gastó, J.M. (1979). *Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza*. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 573 p.
- Gee, G. W., Or, D. (2002): Particle size analysis, in Dane, J. H. Topp, G. C.: *Methods of soil analysis, Part 4, physical methods*. SSSA, Madison, WI, USA, pp. 255–293.
- Grime, J. P. (1979). Competition and the struggle for existence. *Population dynamics*, (Eds RM Anderson, BD Turner, LR Taylor) pp, 123-139.
- Grüneberg E.; Schöning I.; Riek W.; Ziche D.; Evers J. 2019 Carbon Stocks and Carbon Stock Changes in German Forest Soils. In: Wellbrock N., Bolte A. (eds) *Status and Dynamics of Forests in Germany. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, vol 237.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., ... & Kommareddy, A. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science*, 342(6160), 850-853.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25(15), 1965-1978.
- INNOVAR. 2016. 12° Concurso Nacional de Innovaciones, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Programa de popularización de la ciencia y la innovación. Buenos Aires, Argentina.
- IRAM-SAGyP 29570-1. 2010. Determinación de fósforo extraíble en suelos - Parte 1 – Método Bray Kurtz 1 modificado (Extracción con solución de fluoruro de amonio – ácido clorhídrico). Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM-SAGyP 29571-2. 2011. Determinación de materia orgánica en suelos- Parte 1 – Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semimicro. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM-SAGyP 29571-2. 2011. Determinación de materia orgánica en suelos- Parte 1 – Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semimicro. Instituto Argentino de Normalización y Certificación
- Johnson, R.A., & Wichern, D.W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Upper Saddle River.
- Lallana, V.H.; Faya De Falcón, L.; Elizalde, J.H.L.; Lallana, M. Del C.; Sabattini, R.A.; Billard, C.; Dupleich, J.; Rochi, G.; Anglada, M.M. (1998). Control integrado del “caraguatá” en un campo de San Gustavo (La Paz - Entre Ríos). *EEA-INTA Paraná. Serie Extensión* (16): 9-14.
- Lallana, V.H.; Lallana, M Del C.; Elizalde, J.H.; Billard, C.; Faya, L. Sabattini, R.A.; Anglada, M. Y G. Rochi. 2004. Control mecánico y químico de *Eryngium horridum* Malme (“caraguatá”) en un campo natural bajo clausura. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR, IV* (5): 87-97
- Lavallee, J.M.; Soong, J.L.; Cotrufo, M.F. 2019. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology*, 26, 261–273.
- Ledesma, S.; Muracciole, B.; Dorsch, A.; Sabattini, R.; Cottani, F.; Sione, S. Y C. Fortini. 2007. Caracterización estructural de montes nativos de Entre Ríos. *Revista Científica Agropecuaria* 11 (2): 129-139.
- Lepš, J., Osbornová-Kosinová, J., & Rejmánek, M. (1982). Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, 50(1), 53-63.
- Lezana, L.; Pueyo J.M.; Fonseca J.; Burns J.; Dupleich, J.; Noir, A.; Noir, M.; Cardona, O.; Tymkow, S.; Kühn, B.; Gyudkits, S.; Trulls, B.; Marneto, M. 2013. Productividad primaria neta aérea (PPNA) del pastizal natural en el centro-norte de Entre Ríos. INTA. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-productividad\\_pastizal\\_1998-2013\\_inta-paran.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-productividad_pastizal_1998-2013_inta-paran.pdf)

- Lumbreras, D.S.; Paez, R.; Jobbagy, E.G.; Nosetto, M.D. 2019. Changes in soil organic carbon after roller-chopping in dry forests of San Luis (Argentina). *Ecología Austral*, 29(1), 112-119.
- Lupi, A.M.; Mórtola, N.A. 2017. Los indicadores de calidad de suelo según referentes calificados (pp 29-34). En Wilson et al. (eds) *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. Capítulo 1. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-826-0
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación* (No. 581.5 MAT). Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
- Mazzilli, F. 2015. *Dinámica del carbono en sistemas agrícolas bajo siembra directa: nuevas evidencias obtenidas mediante el uso de <sup>13</sup>C sobre la importancia de las raíces, la calidad de los residuos y el laboreo*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- McIntyre, S., & Lavorel, S. (1994). How environmental and disturbance factors influence species composition in temperate Australian grasslands. *Journal of Vegetation Science*, 5(3), 373-384.
- McNaughton, S. J. (1979). Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *The American Naturalist*, 113(5), 691-703.
- Milchunas, D. G., & Lauenroth, W. K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological monographs*, 63(4), 327-366.
- Milchunas, D. G., Lauenroth, W. K., Chapman, P. L., & Kazempour, M. K. (1989). Effects of grazing, topography, and precipitation on the structure of a semiarid grassland. *Plant Ecology*, 80(1), 11-23.
- Milchunas, D. G., Sala, O. E., & Lauenroth, W. (1988). A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist*, 132(1), 87-106.
- Mina, A.; Valentinuz, E. (1994). *Dinámica de los atributos del pastizal bajo monte y su relación con la productividad secundaria de vaquillas de reposición*. Trabajo Final de Graduación de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 86 p
- Mora, S.; Mercado Rosales, I.A. 2014. 'El Rolado en Mendoza.' (Ediciones INTA: Buenos Aires, Argentina).
- Mórtola, N.A.; Lupi, A.M.; Romaniuk, R.; Albarracín, G.; Civeira, G. 2017. Indicadores de calidad de suelos en Argentina. Recopilación de una década de investigaciones. (pp 35-62). En Wilson et al. (eds) *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. Capítulo 1. Ediciones INTA. ISBN 978- 987-521-826-0
- Murgueitio, R. (1999). *Reconversión ambiental y social de la ganadería bovina en Colombia*.
- Muzzachiodi, N., & SABATTINI, R. (1993). Investigación de la Fenología de las Principales especies de *Prosopis* bajo diferentes estados de perturbación en el Parque Escolar Rural Enrique Berduc»(La Picada, Entre Ríos). Aspectos Preliminares. In *Relatorios y Trabajos Voluntarios de Comisión V Bosques Nativos del Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*. Paraná (Vol. 18).
- Muzzachiodi, N.; Sabattini, R.A. (1995). Observación fenológica de *Prosopis* spp. bajo diferentes estados de perturbación en el Parque Escolar Rural "Enrique Berduc". La Picada (Entre Ríos). *Resumen XVII Reunión Argentina de Ecología*. Mar del Plata, Argentina. Resumen pp. 109-110.
- Oesterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M., & Paruelo, J. M. (1999). Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savannas. *Ecosystems of the world*, 287-306.
- Oyarzabal, M.; Clavijo, J.; Oakley, L.; Biganzoli, F.; Tognetti, P.; Barberis, I., et al. 2018. *Unidades de Vegetación de la Argentina*. *Ecología Austral*. 28:40-63.
- Pandey, C. B., & Singh, J. S. (1992). Rainfall and grazing effects on net primary productivity in a tropical savanna, India. *Ecology*, 73(6), 2007-2021.
- Pettit et al., 1995. *Plan Mapa de Suelos de la Provincia de Entre Ríos*. 1990. *Carta de suelos de la República Argentina*, Departamento La Paz, provincia de Entre Ríos. *Plan Mapa de Suelos*. Tomos I y II. Convenio INTA – Gobierno de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 7. ISSN 0325-9099.

- PROMAR-AACS. 1991. Programa de Métodos Analíticos de Referencia. pH, Carbono, Materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo extraíble. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Comité de Química. Argentina.
- Pucheta, E., Cabido, M., Díaz, S., & Funes, G. (1998). Floristic composition, biomass, and aboveground net plant production in grazed and protected sites in a mountain grassland of central Argentina. *Acta Oecologica*, 19(2), 97-105.
- Sabattini R.A., Ledesma S., Brizuela A., Sabattini J.A., Fontana E., Diez J.M., Muracciole B. 2009a. INFORME I. Zonificación de los bosques nativos en el Departamento La Paz (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Presentado a Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. 21 pp y 1 Anexo con Imágenes.
- Sabattini R.A., Ledesma S., Brizuela A., Sabattini J.A., Fontana E., Diez J.M., Muracciole B.. 2009b. INFORME II. Zonificación de los bosques nativos en el Departamento Federal (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Presentado a Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. 20 p. y 1 Anexo con Imágenes.
- Sabattini R.A., Ledesma S., Brizuela A., Sabattini J.A., Fontana E., Diez J.M., Muracciole B. 2009c. INFORME III. Zonificación de los bosques nativos en el Departamento Feliciano (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Presentado a Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. 20 p. y 1 Anexo con Imágenes.
- Sabattini R.A., Ledesma S., Brizuela A., Sabattini J.A., Fontana E., Diez J.M., Muracciole B. 2009d. INFORME IV. Zonificación de los bosques nativos en el Departamento Villaguay (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Presentado a Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. 30 p. y 1 Anexo con Imágenes.
- Sabattini R.A., Ledesma S., Sabattini J.A., Fontana E., Diez J.M., Sabattini I.A. 2010a. INFORME V. Zonificación de los bosques nativos de los Departamentos Paraná, Nogoyá y Tala (Entre Ríos) según las categorías de conservación. Trabajo por Convenio entre la FCA UNER y la Dirección General de Recursos Naturales de la Secretaria de la Producción del Gno de Entre Ríos. Cátedra de Ecología. FCA UNER. Oro Verde, Entre Ríos. 38 p y 1 anexo.
- Sabattini R.A., Muzzachiodi N., Dorsch A.F. 2002. Manual de Practicas de Manejo del Monte Nativo. UNER. 56 pp
- Sabattini R.A., Wilson M.G., Muzzachiodi N., Dorsch A.F. 1999. Guía para la caracterización de agroecosistemas del centro-norte de Entre Ríos. *Revista Científica Agropecuaria*. 3: 7-19
- Sabattini, R. A.; Dorsch, A. F.; Wilson, M.G.; Muzzachiodi, N.; y C.I. Mathern. 2000. "Caracterización de montes del Centro - Norte de Entre Ríos y propuesta de manejo silvopastoril". *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*. UBA. Tomo 20 (1): 99-104.
- Sabattini, R.; Dorsch, F.; Muzzachiodi, N. y S.M.J. Sione. 2000. Alternativas de manejo silvopastoril en montes nativos del centro-norte de Entre Ríos. Informe de avance N° 4 – PID UNER 2044-1. 30 pág. y 1 anexo con 10 secciones.
- Sabattini, R.; Muzzachiodi, N.; Dopazzo, V.; Dorsch, A. F.; Micheloud, L.; Serro, C.; Sione, S.; García, A. Y G. Cencig. 2003. Implementación del pastoreo rotativo en un monte nativo en Feliciano (Entre Ríos). *Revista Científica Agropecuaria* 7 (1): 87-94. 8-2
- Sabattini, R.A 2019. Informe de avance N°1. PID 2196 "Sucesión ecológica de un bosque nativo intervenido en la ecorregión Espinal". Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 99 páginas.
- Sabattini, R.A., Ledesma, S. G., Sione, S.M.J, Fontana, E , Sabattini, J.A. (2014). Recuperación del pastizal natural degradado en un monte nativo sometido a desarbustado mecánico. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 4(4), 20-36.
- Sabattini, R.A., Ledesma, S.G., Sione, S.M.J, Fontana, E., Sabattini, J.A. 2014. Recuperación del pastizal natural degradado en un monte nativo sometido a desarbustado mecánico. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 4:20-36

- Sabattini, R.A.; Dorsch, A.F.; Muzzachiodi, N. Y S.M.J. Sione. 2000. Alternativas de manejo silvopastoril en montes nativos del centro norte de Entre Ríos. 4to. Informe de Avance - PID UNER 2044-1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 30 pág. y 1 Anexo con 9 secciones.
- Sabattini, R.A.; Dorsch, A.F.; Muzzachiodi, N. Y S.M.J. Sione. 2001. Alternativas de manejo silvopastoril en montes nativos del centro norte de Entre Ríos. 5to. Informe de Avance - PID UNER 2044-1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER pág. y 1 Anexo con 8 secciones.
- Sabattini, R.A.; Dorsch, A.F.; Rosemberger, J.; Mathern, C. I.; Sione, S.M. Y M. G. Wilson. 1999. Alternativas de manejo silvopastoril en montes nativos del centro norte de Entre Ríos. 3er. Informe de Avance - PID UNER 2044-1. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER 47 pág. y 1 Anexo con 4 secciones.
- Sabattini, R.A.; Dorsch, F.A. Y N. Muzzachiodi. 2002. Mejoramiento de la productividad en explotaciones agropecuarias sobre la base de pastizales naturales bajo monte. Un planteo de manejo. Revista del COPAER, 1(1):16-19
- Sabattini, R.A.; Muzzachiodi, N.; Dorsch, A.F. Y A. Garcia. 2002. Capacitación sobre manejo sustentable del monte nativo del centro-norte de Entre Ríos. Informe Final Proyecto de Extensión. Convocatoria 2001 UNER. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 17 páginas y 1 Anexo con 3 secciones.
- Sabattini, R.A.; Muzzachiodi, N.; Dorsch, A.F.; Lallana, M. Del C. Y J.H.I. Elizalde. 2000. Capacitación sobre manejo sustentable del monte nativo en el centro norte de Entre Ríos. Informe Final Proyecto de Extensión UNER Res. C.S. 083/00. Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER. 17 páginas y un Anexo con 4 secciones.
- Sabattini, R.A.; Muzzachiodi, N.; Ledesma, S.; Dorsch, A.F.; Esterri, J.; Fortini, C y SACKS, L. 2004. Implementación de tecnologías para el manejo sustentable de montes nativos de Entre Ríos. Informe final Proyecto de Extensión Convocatoria 2003 UNER. FCA UNER. 18 pág. y 1 Anexo con V Secciones.
- Sabattini, R.A.; Sabattini, J. A.; Cian, J. C.; Lindt, M. 2018. Mechanical recovery of a native forest with shrubs of the Espinal Ecoregion (Argentina). (2018). *FORESTIST*, 68(2), 78–86.
- Sabattini, R.A.; Sabattini, J.A.; Cian, J.C.; Sabattini, I.A. 2016. INFORME FINAL. Estancia “El Durazno” (Villa-guay, Entre Ríos): Recuperación de un monte nativo degradado por arbustivas. 19 pp.
- Sabattini, R.A.; Ledesma, S.; Sione, S.; Muzzachiodi, N. Y A.F. Dorsch. 2005. Dinámica de pastizales naturales bajo pastoreo rotativo con alta carga animal en sistemas de producción silvopastoril”. Informe de Avance N°1 Proyecto de Investigación PID UNER 2095. Período Febrero 2004 a Marzo 2005. 37 pág. y 1 ANEXO.
- Sabattini, R.A.; Ledesma, S.G. Y B. Muracciole. 2006. Desarrollo de la extensión en sistemas agropecuarios con montes nativos en Entre Ríos entre 1999 y 2006. Libro de Ponencias II Congreso Nacional de Extensión Universitaria. U.MdelP, Ediciones Suarez. 113-117.
- Sabattini, R.A.; Ledesma, S.G.; Fontana, E.; Fortini, C.; B. Muracciole Y S. M. Sione. Evaluación de las actividades de extensión sobre manejo de monte nativo realizadas por la Cátedra de Ecología (FCA – UNER). 2008. Revista Científica Agropecuaria 12 (1): 35 – 42.
- Sabattini, R.A.; Sione, S.M.; Ledesma, S.G.; Muracciole, B.; Cottani, F. Y C. Fortini. 2008. Análisis de la diversidad florística y de los tipos productivos del pastizal natural en monte nativo bajo pastoreo rotativo (Entre Ríos, Argentina). Revista Científica Agropecuaria 12 (1): 5 – 13.
- Sabattini, R.A.; Muzzachiodi, N.; Dorsch, A.F.; Ledesma, S Y C. Cottani. 2005. Capacitación y adiestramiento en prácticas de manejo sustentable en sistemas agropecuarios con montes nativos. Informe de Avance Proyecto de Extensión Convocatoria 2004. Cátedra de Ecología FCA UNER. 11 paág. Y 1 Anexo de 3 Secciones.
- Safriel U, Adeel Z (2005) Dryland systems. Ecosystems and Human Well-Being, Current State and Trends, eds Hassan R, Scholes R, Ash N (Island Press, Washington), Vol 1, pp 625–658.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina). Dirección de Producción Agrícola. 2004. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA). CD-room. ISBN 987-9184-40-8



- Sánchez, M.D. y Rosales, M-M (1999). *Agroflorestería para la producción animal en América Latina*. Roma, FAO. 515 PP
- Scholes R, Archer S (1997) Tree-grass interactions in savannas. *Annu Rev Ecol Syst* 28: 517-544.
- Sione, S.M.; Sabattini, R.A. ; Ledesma, S.G.; Dorsch, A.F. Y C. Fortini. 2006. Caracterización florística y estructural del estrato arbustivo de un monte en pastoreo (Las Garzas, Entre Ríos). *Revista Científica Agropecuaria* 10 (1): 59-67
- Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., De Gryz, S., Morris, S. J., Gregorich, E. G., Paustian, K. 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society of America Journal*, 66(6), 1981-1987.
- Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual, Version 1.0, 2009, USDA, NRCS.
- Soil Survey Staff (1993): *Soil survey manual. Handbook 18*, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture.
- Steinfeld H., C. de Haan, and H. Blackburn. (1997). Options to address livestock-environment interactions. *World Animal Re-view* 88:15-20
- Studdert, G.; Domínguez, G.; Eiza, M.; Videla, C. y Echeverría, H. 2008. Materia orgánica particulada y su relación con la fertilidad nitrogenada en el sudeste bonaerense. En: *Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina* (ed. J.A. Galantini). 53-69
- Toledo, D. M.; Arzuaga, S. A.; Galantini, J. A.; Vazquez, S. 2018. Indicadores e índices biológicos de calidad de suelo en sistemas forestales. *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 36(2): 1-12.
- Toledo, M.; Galantini, J.; Vazquez, S.; Ferreccio, E. Arzuaga, S. 2013. Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Ciencia del Suelo* 31(2) 201-212
- Trocello, S.; Jacob, M. (1991). Análisis comparativo de la dinámica y productividad del pastizal de un monte y un renoval, El Pingo, Entre Ríos. Trabajo Final de Graduación de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. 59 p.
- Wilson, M. G., & Sabattini, R. A. (2001). Sustentabilidad de los agroecosistemas de montes de Entre Ríos: revisión crítica y modelo conceptual. *Rev. Facultad de Agronomía*, 21(2), 117-128.
- Wilson, M.; Sasal, C.; Gabioud, E.; Garciarena, N.; Sione, S.; Oszust, J.; Bedendo, D.; Tasi, H.; Paz Gonzalez, A. 2017. Centro-Norte de Entre Ríos. Sistema Productivo: Ganadero agrícola del área de bosques nativos. En Wilson at al. (eds) *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina*. Capítulo 1. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-826-0
- Wysiecky, ML (1993). Productividad primaria neta aérea de un pastizal natural de la provincia de la pampa, Argentina, 69(1), 23-29.

**PID 2196**

**Denominación del Proyecto**

Sucesión ecológica de un bosque nativo intervenido en la ecorregión espinal

**Director**

Prof. Ing. Agr. Sabattini Rafael Alberto

**Codirectora**

Urteaga Omar, Alicia Florencia

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**Cátedra/s, área o disciplina científica**

Cátedra de Ecología de los Sistemas Agropecuarias Cátedra de Edafología Laboratorio de Suelos

**Contacto**

[rafael.sabattini@fca.uner.edu.ar](mailto:rafael.sabattini@fca.uner.edu.ar)

**Integrantes del proyecto**

Docentes: Sabattini, Rafael Alberto (Ecología de los Sistemas Agropecuarios, FCA-UNER) Sabattini, Julián Alberto (Ecología de los Sistemas Agropecuarios, FCA-UNER) Befani, Romina (Edafología, Laboratorio de Suelos, FCA-UNER) Hernandez, Juan Pablo (Edafología, Laboratorio de Suelos, FCA-UNER) Urteaga Omar, Florencia (Estadística y Diseño Experimental, Fruticultura, FCA-UNER) Boschetti, Graciela (Edafología, Laboratorio de Suelos, FCA-UNER) Muzzachiodi, Norberto (Gestión Ambiental, Universidad Nacional del Litoral

Becarios: Alvarado, Mariela (Becaria Alumna, FCA-UNER) y Giardini, Ramino (Becario Alumno, FCA-UNER)

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

01/02/2018 y 24/12/2021

Aprobación del Informe Final por Resolución C.S. N° 186/22 (28/06/2022)