



EVALUACIÓN DE ROLADOS SIN PRESCRIPCIONES MEDIANTE EL "ÍNDICE DE CONDICIÓN FORESTAL" EN LA REGION CHAQUEÑA

ASSESSMENT OF ROLLED CHOPPED AREAS WITHOUT PRESCRIPTIONS WITH THE "INDEX OF FOREST CONDITION", CHACO REGION

Kunst, Carlos (1); Darío Coria (1); Sandra Bravo (2); Roxana Ledesma (1); Juana López (1); Gabriela Barraza (1); José Godoy (1); Víctor Navarrete (1)

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Santiago del Estero, Jujuy 850 (G4200CQR) Santiago del Estero ARGENTINA. Email: kunst.carlos@inta.gob.ar

⁽²⁾ Cátedra de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Belgrano 1950 (S), Santiago del Estero, ARGENTINA.

Resumen

El "rolado" es una perturbación mecánica utilizada en la región Chaqueña para desarrollar sistemas silvopastoriles. Aplicada sin prescripciones técnicas, es criticada por no ser selectiva, simplificando la vegetación leñosa y desbalanceando algunos procesos ecológicos. Los objetivos del presente trabajo fueron: (a) explorar el potencial del Índice de Condición Forestal (ICF) de Tucker, modificado, para evaluar grado de impacto y (b) analizar el comportamiento del ICF en 2 comunidades roladas sin prescripciones técnicas en Santiago del Estero con *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. y *Aspidosperma quebracho blanco* Schltldl como especies dominantes. El ICF es la suma de 5 fracciones, cuyos numeradores son: (i) área basal total (AB, $m^2 \cdot ha^{-1}$); (ii) diámetro promedio a la altura del pecho (Dap, cm), (iii) porcentaje de individuos con Dap < 25 cm; (iv) frecuencia de *S. lorentzii* (%) y (v) frecuencia de *A. quebracho blanco* (%), respectivamente. Como denominadores se usaron los mismos atributos observados en: (a) comunidad de referencia; (b) comunidad bajo estudio, antes de la perturbación, y (c) solo en el caso de AB, magnitud en (b) multiplicada por un factor = 0,70, ya que legalmente solo se puede aprovechar el 30 % de AB inicial. Si el ICF \approx 5 la degradación es nula; si ICF \approx 0, la degradación es máxima. La magnitud del ICF en las áreas roladas varió entre 4 y 5. Se considera que el ICF es apto para describir los cambios producidos por el rolado, a pesar de algunas limitaciones mejorables. Su ventaja sería la de fácil recopilación de datos para su determinación (extraíble de inventarios y análisis de la vegetación). Las magnitudes observadas del ICF sugieren que el rolado no sería 'degradante' de la vegetación nativa leñosa bajo las condiciones de estudio.

Palabras clave: perturbación, rolado, bosque, degradación.

Abstract

Roller-chopping is a mechanical disturbance widely used in the Chaco region for developing silvopastoral systems. When applied without appropriate prescriptions, it is viewed with distrust because it is not selective, and may simplify the woody vegetation, unbalancing some ecological processes. The aims of this research were: (a) to explore the possibilities of the Tucker's Index of Forest Condition (IFC), locally adapted, for assessing degree of degradation, and (b) analyze the behavior of the IFC in two woody communities of *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. And *Aspidosperma quebracho blanco* Schltldl as dominant species, where roller-chopping was executed without technical prescriptions. The IFC is the sum of five fractions, whose numerators are: (i) total basal area (BA, $m^2 \cdot ha^{-1}$), (ii) mean diameter at breast height (DBH, cm), (iii) percent of individuals below DBH = 25 cm, (iv) frequency of *S. lorentzii* (%) and (v) frequency of *A. quebracho blanco* (%), respectively. As denominators we used the same attributes, observed in: (a) reference community; (b) communities under study before the disturbance, and (c), the BA of (b) multiplied by a factor = 0,70, because legally only a 30 % of the current BA could be harvested. If IFC \approx 5, degradation is nil; while if IFC \approx 0, degradation is maximum. The IFC varied between 4 and 5. We considered that the IF is suitable for describing



changes caused by disturbances, despite some limitations that could be improved. Its main advantage is that the information used could be gathered from vegetation inventories and analysis. The observed magnitudes of the IFC suggest that roller-chopping may not be 'degrading' of the woody communities under study.

Key words: disturbance, roller chopping, forest, degradation.

INTRODUCCIÓN

Una perturbación o disturbio se define como un evento discreto que elimina biomasa vegetal y que genera cambios, entre ellos nuevas condiciones ambientales y estructuras de la vegetación (Sousa, 1984, Platt y Connell 2003, Sevilla Martínez et al., 2011). En la región chaqueña, el fuego de origen natural o antrópico, los daños por insectos, el pastoreo de animales domésticos y posteriormente el aprovechamiento forestal para postes, leña y carbón son, en forma cronológica, las perturbaciones que provocaron cambios en la vegetación nativa chaqueña desde la Conquista, incrementándose desde principios del siglo XX (Morello y Saravia Toledo 1959). Un efecto colateral fue la modificación del régimen de fuego debido a la disminución de combustible fino (Del Castillo y Saravia Toledo 1985) y al incremento de combustible mediano y grueso (Kunst et al., 2006). Como consecuencia, se produjo una 'lignificación' de la vegetación, es decir un aumento de la dominancia de leñosas (árboles y arbustos) en densidad y cobertura (Adámoli et al. 1972, Leynaud y Bucher 2005).

La reintroducción en la región chaqueña de la actividad ganadera de cría y recria, que utilice el potencial de la precipitación y de la fertilidad de suelos disponibles con el enfoque de sistemas silvopastoriles y que permita el mantenimiento de sombra y aporte de materia orgánica, requiere de perturbaciones. La más difundida es el 'rolado', que 'mecaniza' la perturbación manual. El rolo es un cilindro de metal, con diámetro entre 1,20 y 1,50 m, armado de cuchillas, que puede estar cargado con agua y es traccionado por una topadora o un tractor. Su aplicación posee dos objetivos: (a) aumentar la oferta de forraje; y (b) facilitar la accesibilidad y el tránsito de personal y hacienda (Kunst et al. 2008). Al aplicarse sin prescripciones técnicas, el rolado y prácticas asociadas (ej. fuego, siembra de especies de origen africano de los géneros *Pennisetum* y *Megathyrsus*) representan una manipulación estructural no selectiva orientada a reducir la dominancia de leñosas con fines productivos. Estas prácticas son criticadas por sectores de la sociedad debido a que se interpretan como una 'simplificación' de la vegetación nativa leñosa a favor de la actividad ganadera (Fulbright 2004, Giménez y Moglia, 2017). La principal acción del rolo es aplastar y cortar, rejuveneciendo las leñosas al causar abundante rebrote basal (Kunst et al. 2008, 2009). Los tipos de vegetación que podrían ser más afectados por el rolado serían los bosques. La preocupación se centra en la potencial degradación debido, por ej. al impacto sobre la regeneración, de manera directa (ej. daño a juveniles, reducción sin control del área basal, etc.) e indirecta (ej. daño a un componente facilitador del reclutamiento de árboles como los arbustos, Tálamo et al. 2015).

Los objetivos del presente trabajo fueron: (a) explorar el potencial de un índice de condición forestal para evaluar el grado de degradación de la vegetación nativa chaqueña de bosque perturbada por 'rolados'; y (b) analizar el efecto sobre las mismas cuando se aplican rolados de intensidad y severidad no planificados, es decir aquellos ejecutados por personal sin formación ecológica ni forestal, no presentando prescripciones formales ni supervisión técnica. El empleo de un índice basado en datos de campo relativamente fáciles de obtener y que combine distintos



criterios cuantificables busca evitar ambigüedad en el concepto de degradación (Ochoa-Gaona et al. 2010, Ghazoul et al., 2015, Thompson et al., 2013). Luego de una revisión bibliográfica, se seleccionó el 'Índice de Condición Forestal' (ICF, Tucker et al. 2008), modificado para adaptarlo a la información disponible localmente. El ICF utiliza atributos de rendimiento (ej. área basal) y estructurales (ej. frecuencia de individuos en determinadas clases de Dap) de la vegetación. Se interpretó si las diferencias (\sim cambios) en la magnitud del ICF representan un daño a la sustentabilidad de esas comunidades (\approx degradación), a fin de poder predecir el efecto del rolado y generar recomendaciones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La comunidad de referencia está ubicada en el Campo Experimental 'F. Cantos', de la EEA Santiago del Estero, y no fue aprovechada con objetivo forestal en los últimos 70 años (Kunst et al., 2018, Tabla 1). Los datos de las comunidades leñosas con y sin rolar de dos establecimientos privados denominados "Pu" y "Es" fueron muestreadas (Tabla 1). Ambos establecimientos estuvieron sometidos a ganadería extensiva 'tipo monte' y aprovechamiento forestal en el pasado. En Pu la actividad forestal estuvo muy desarrollada, llegando a contar con un ferrocarril 'Decauville' entre 1930-1950. Las comunidades leñosas fueron roladas por contratistas en Es, y con maquinaria propia en Pu. En el primer caso se empleó una topadora D-6 y un rolo de ancho 4 m, lastrado con agua. Los residuos leñosos fueron reducidos con fuego. En Pu se empleó el equipo de un contratista, y maquinaria propia, con trocha más chica (3 m); con un rolo del mismo ancho, y no se empleó fuego. La perturbación en los dos casos fue acompañada de siembra de *Megathyrus maximum* cv Gattón panic con densidad $\sim 6-7 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Los criterios (\sim prescripción) aplicados para la intensidad de rolado (ej. número de pasadas) se desconocen. Probablemente fueron empíricos, tratando principalmente de evitar roturas de máquina. Sin embargo, existe por parte de los propietarios/responsables de ambos establecimientos un reconocimiento del valor del árbol en el confort animal, aporte de hojas y frutos y de la conservación del ecosistema en general.

Muestreo de campo. Se utilizó el método de T (Borges Silva et al., 2017), con número de transectas > 2 , y estaciones de muestreo ≥ 10 por transecta, respectivamente en cada comunidad leñosa. En cada estación de muestreo se registraron: (a) distancias x e y (m) para árboles y arbustos; (b) Dap (cm) para árboles a 1,3 m del suelo; (b) diámetros de copa (m) para especies arbustivas; (c) presencia de herbáceas y cobertura de mantillo en forma visual en un $\frac{1}{4} \text{ m}^2$ centrado en cada estación de muestreo. No se fijó un umbral mínimo para el Dap: todos los individuos a partir de 1 cm de diámetro fueron registrados, en este último caso diámetro a la altura de la corona (DAC). El carácter de árbol de cada especie se extrajo de bibliografía sobre botánica sistemática.



Tabla 1. Características de clima, suelos y de las perturbaciones de las comunidades de leñosas estudiadas. Fuente: SIGSE (2007).

Establecimiento	Pp.media anual (mm)	Subunidad Geomorfológica	Grupo/Serie de Suelos	Datos de la perturbación
Referencia	560	Bajada distal, Sierra de Guasayán	La María	Sin perturbación últimos 60 años
Es y Es perturbado	540	Paleollanura del río Salado	Torrifluentes típicos, con sal	Rolado 2011
Pu y Pu perurbado	750	Planicie residual del río Salado	Haplustoles típicos	Rolado 2009

Laboratorio. Se estimó la densidad* ha^{-1} de árboles y arbustos, área basal ($\text{m}^2*\text{ha}^{-1}$) de árboles, y composición botánica de ambos estratos (frecuencia, %) en cada transecta y comunidad de acuerdo con las fórmulas sugeridas por Borges Silva et al. (2017). Se graficó la estructura de Dap de todas las especies de árboles por establecimiento mediante un histograma utilizando intervalos de clase de 10 cm, de acuerdo con lo sugerido por la Dirección de Bosques y Fauna de Santiago del Estero (com. pers.). Las áreas sin perturbar y perturbadas fueron consideradas tratamientos desde el punto vista estadístico y las transectas como repeticiones, por lo tanto, estiman la variabilidad natural de los 'bosques' perturbados y sin perturbar.

Análisis matemáticos y estadísticos. Con los datos básicos presentados en la Tabla 2 se calculó el 'Índice de condición forestal' (ICF, Tucker et al., 2008) para cada comunidad, con las siguientes modificaciones (fórmula 1):

$$\text{ICF} = [\text{ABT}_i/\text{ABT}_r] + [\text{mDap}_i/\text{mDap}_r] + [\% \text{Dap} < 25_i/\% \text{Dap} < 25_r] + [\% \text{QB}_i/\% \text{QB}_r] + [\% \text{QC}_i/\% \text{QC}_r] \quad [1]$$

dónde: ABT = área basal total ($\text{m}^2*\text{ha}^{-1}$), mDap = diámetro promedio (cm) a la altura del pecho; %Dap < 25 = porcentaje del número de individuos con Dap < 25 cm; QB = frecuencia de *A. quebracho blanco*, y QC = frecuencia de *S. lorentzii*, en el estrato arbóreo respectivamente, *i* = atributos de la comunidad leñosa en campo particular, con o sin perturbación, *r* = atributos de la comunidad leñosa de referencia, u otra seleccionada con el mismo fin. Los términos mDap y %Dap < 25 cm no poseen dimensiones espaciales (Young et al., 2017). Otra adaptación del ICF en el presente trabajo es que los muestreos de leñosas comprenden todas las edades (\approx Dap) de la población leñosa, especialmente las más jóvenes, por lo tanto la evaluación incluye el 'potencial' de la población. El ICF se calculó considerando todas las transectas y comunidades de cada establecimiento.



Los bosques son descriptos por su composición botánica, rendimiento, función, diversidad y estructura (Stone y Porter 1998, Young et al. 2017). En el ICF, el área basal (AB, $m^2 \cdot ha^{-1}$) es un indicador 'sustituto' del servicio ecosistémico de provisión de madera o 'rendimiento' (Thompson et al., 2013, Vauhkonen y Ruotsalainen, 2017). El Dap (cm) es un indicador del tamaño del individuo (\approx edad) y su promedio indica la edad de la población (Tucker et al. 2008). El histograma de Dap (cm), brinda información que se interpreta como una tabla de vida estática. Indica la proporción de individuos jóvenes y viejos, y el tamaño de los individuos a cosechar (estructura, función productiva). El porcentaje de individuos con Dap < 25 cm sobre el total indica el número de individuos jóvenes y sugiere el potencial de expansión de la comunidad. Un gran número de individuos jóvenes puede ser considerado como un indicador de la viabilidad de la población y también de la sustentabilidad de una práctica (Souza, 2007). Sin embargo, es una visión simplista de la dinámica que debe ser tomada con cuidado debido a limitaciones de interpretación del histograma de Dap (Souza, 2007). La composición botánica (frecuencia relativa de especies, indicador de la abundancia) es un indicador de la diversidad, del valor económico, de su funcionamiento normal, evitando así una disminución en la oferta de bienes y servicios (SER 2004, Ruiz Jaén y Mitchell Aide 2005). El concepto de 'comunidad de referencia' es empleado en distintas situaciones para evaluar 'condiciones' (ej. calidad ambiental de lagos, pasturas naturales, etc., Tucker et al., 2008; Thompson et al. 2015). Aun cuando la aplicación del concepto tiene limitaciones y depende del grado de armonía entre la referencia y el objetivo (ej. pertenencia a la misma región, poseer el mismo suelo, etc.), su uso es universalmente aconsejado para establecer estándares objetivos de comparación para evaluar actividades de restauración de ecosistemas y prácticas de manejo productivas (Ghazoul et al., 2015; Thompson et al. 2013). El ICF fue calculado usando 3 denominadores (r) diferentes, asociados a distintos enfoques de medición de la sustentabilidad: (1) atributos de la comunidad de referencia; (2) atributos de la comunidad local antes de la perturbación, (3) usando el área basal de (2) multiplicada por el factor de uso = 0,70, teniendo en cuenta que la Provincia de Santiago del Estero recomienda el aprovechamiento de solo el 30 % del área basal original. El ICF varía de 0 a 5, debido a que los términos de [1] varían de 0 a 1 en los tres métodos de cálculo. El disturbio máximo (\approx máxima degradación) presenta un ICF = 0; y el bosque de referencia (mínimo o cero disturbio) ICF = 5, respectivamente (Tucker et al., 2008).

Usando el resultado de los 5 términos de la fórmula 1 estimados utilizando como denominador los atributos de la comunidad de referencia, se efectuaron los siguientes cálculos: (a) coeficientes de similitud entre comunidades con el índice de Bray y Curtis (Legendre y Legendre, 1998) y (b) ordenamiento multivariado con el método de Bray y Curtis (McCune y Grace 2002). Los cálculos matemáticos se realizaron mediante el paquete PCORD Version 5 (McCune y Grace 2002). Se construyeron los histogramas de Dap con clases de 10 cm, intervalo recomendado por la Dirección de Bosques de Santiago del Estero, empleando el PROC UNIVARIATE del paquete estadístico SAS (SAS Studio, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los atributos de las comunidades leñosas bajo estudio se presentan en la Tabla 2. De los cinco atributos usados para calcular los términos de la fórmula 1, los tres primeros indican aspectos estructurales de las comunidades ligados a su sustentabilidad (edad, producción y regeneración); y los otros dos la composición botánica y la dominancia de una determinada especie. En todos los



casos y en los tres métodos de cálculo, la magnitud del ICF osciló entre 3,89 y 5, sugiriendo que las comunidades bajo estudio no estarían fuertemente degradadas cuando se las compara con similares atributos de las comunidades utilizadas como denominador (Tabla 3). Este resultado sugiere que su degradación es media o casi nula: el rolado no habría producido una pérdida significativa de atributos en términos genéricos. En los tres métodos, los términos de la ecuación [1] indicaron una reducción del área basal, es decir un menor rendimiento como consecuencia directa de la eliminación de biomasa leñosa. Cuando el numerador corresponde a la comunidad de referencia, el tercer (% individuos con Dap < 25 cm), y cuarto (abundancia de *A. quebracho blanco*) término son casi el doble de los observados en la comunidad de referencia. Tucker et al. (2008) indican que si los términos de la fórmula 1 asociados con la edad y la regeneración son mayores que la unidad, pueden indicar degradación. Comunidades con abundancia de individuos jóvenes (% Dap < 25 cm) pueden presentarse como bosques muy aprovechados y en etapa de reconstitución natural (ej. 'brinzal', Tucker et al 2008). La mayor abundancia de *A. quebracho blanco* puede atribuirse a su gran agresividad y capacidad de dispersión. Esta especie presenta: (a) una amplia distribución en el país, lo que señala su gran adaptación a distintos ambientes climáticos y perturbaciones (Barchuk, 1999); (b) gran resistencia al pastoreo por poseer una espina lignificada en sus hojas, (c) gran potencial de supervivencia al fuego por el espesor de su corteza (Bravo et al., 2014); y (d) gran potencial de diseminación por las características de sus semillas aladas por el viento. Existe también la posibilidad que su gran abundancia se deba a que los sectores perturbados, aunque actualmente comunidades leñosas, hayan sido originalmente sabanas de *Elionorus muticus* (Spreng.) Kuntze, ya que la degradación de las mismas se manifiesta por gran dominancia de *A. quebracho blanco* y *Prosopis nigra* Griseb. (Kunst et al. 2018).

Cuando se emplean los atributos de la comunidad bajo estudio observados antes del rolado (numerador 2), se observa un incremento en el Dap promedio (Tabla 3 y Fig. 2), sugiriendo 'envejecimiento' de la comunidad. En rolados sin prescripción se observa una tendencia de los operadores de la maquinaria a dejar en pie individuos medianos a grandes porque aportan más sombra, enfoque que puede ser la causa de estos resultados (Kunst observación personal).

El índice de Bray-Curtis indicó que la similitud de las comunidades entre sí y con la referencia fue mayor que el 50 % y varió entre 65-90 % (Tabla 4). La comunidad más similar a la referencia fue Pu perturbada (aprox. 77 %, Tabla 4). ¿Qué atributos de la vegetación nativa fueron causantes de este porcentaje de similitud? El ordenamiento de comunidades indicó que 2 ejes explicaron el 98% de la variación total, con el primer eje explicando el 78 % de la misma y el segundo aprox. 20 %. La magnitud de las correlaciones entre los componentes del ICF y la composición botánica sugieren que el eje 1 puede identificarse como un gradiente de perturbación, con una menor intensidad hacia la izquierda del gráfico, donde se observó el mayor área basal (Tabla 5 y Fig. 1). El eje 2 se relacionó con la edad de la comunidad leñosa, debido a su correlación significativa con la frecuencia de individuos con Dap ≤ 25 cm.

De acuerdo a estos resultados, las diferencias entre comunidades se deberían al tamaño de los individuos (≈edad, tamaño) y al aprovechamiento en el pasado (menor mDap y más cantidad de individuos jóvenes). Los histogramas de Dap (Fig. 3) indican un aumento de los individuos con Dap entre 20 y 30 cm luego de la perturbación. Es evidente que un aspecto que influencia este proceso es el intervalo utilizado para definir las clases de Dap, y por lo tanto las magnitudes resultantes del



ICF. Al no existir una recomendación formal sobre cual intervalo utilizar, se resolvió aplicar el sugerido oficialmente, y los resultados obtenidos reflejan esa elección.

Un atributo de la comunidad leñosa donde hay propuestas empíricas para la evaluación del impacto del rolado es la distribución de Dap. Se recomienda, en base a principios silviculturales de manejo de bosques disetáneos, que luego de la perturbación el histograma esté sesgado hacia las clases más pequeñas, es decir que se asemeje a una curva 'J invertida' (Barreira et al., 2000; De la Orden et al. 2003, Hitimana et al. 2004). En ningún caso, ni antes ni después de la perturbación se observa esta distribución teórica en las comunidades bajo estudio. Este comportamiento es similar al observado en poblaciones de leñosas alrededor del mundo (North et al., 2007).



IV Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles

"Una oportunidad para el desarrollo sustentable"

Villa la Angostura, Neuquén, Argentina, 31 de octubre al 2 de noviembre

Tabla 2. Atributos cuantitativos de las comunidades leñosas muestreadas en este estudio.

Atributo	Comunidades										
	Referencia		Es		Pu		Es perturbada		Pu perturbada		
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
Densidad árboles (individuos*ha ⁻¹)	45-127	80	55-308	160	224-419	293	28-95	55	54-90	66	
Área basal m ² *ha ⁻¹ (promedio)	8		4		8		2,41		4,77		
Porcentaje Área basal en clases de Dap ≤ 25 cm	14		65		65		62		34		
Porcentaje de individuos en clases de Dap ≤ 25 cm	36.10		65.13		66.13		61.72		33.73		
Número de Clases de Dap presentes (intervalo clase 10 cm)	6		5		5		5		6		
Dap máximo muestreado (cm)	59		48		49		42		60		
Densidad de arbustos (plantas*ha ⁻¹)	1130-12000	5000	1700-3900	2636	5300-8600	6626	1800-4972	2898	3044-4113	3386	
Composición botánica (Frecuencia especies > 5%)	Árboles:										
	<i>Schinopsis lorentzii</i> (Griseb) Engl.	50-80	66,25	15-62	35	5-30	19	0-32,5	22,33	8,75-	13
	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i> Schltdl	20-40	31,25	20-70	46	40-80	64	45-65	59	0	0
	<i>Ziziphus mistol</i> Griseb.	0-5	2,5	2-40	8	0	0	0-10	3	0	0
	<i>Prosopis nigra</i> (Griseb.) Hieron. var. <i>nigra</i>	0	0	0	0	5-20	10			8,75-18,75	12
	<i>Prosopis kuntzei</i> Harms.	0	0	0	0	7,5-10	9			8,75-36	23
	Arbustos:										
	<i>Acacia gilliessi</i> Burkart	5-30	20	0	0	0	0				
	<i>Celtis ehrenbergiana</i> (Klotzsch) Liebm.	0-50	34	17-36	29	25-75	52	25-60	51,5	43-66	54
	<i>Acacia praecox</i> Griseb.	0	0	10-35	20	20-37	29	0-55	20	14-28,75	20
<i>Atamisquea emarginata</i> Miers ex Hook. & Arn.	10-40	24	0-25	4	0	0	0	0	0	0	



Tabla 3. Índice de condición forestal (ICF) y sus componentes. Numerador: 1 = atributos de la referencia; 2 = atributos antes de la perturbación. 3= área basal original*0,70.

Numerador	Comunidades	Términos ecuación de ICF					ICF
		Área basal (m ² *ha ⁻¹)	Dap Promedio (cm)	% individuos < Dap = 25 cm	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	<i>Schinopsis lorentzii</i>	
	Referencia	1	1	1	1	1	5,00
1	Es	0,382	0,501	1,804	1,481	0,523	4,69
	Pu	0,784	0,5	1,832	2,06	0,283	5,46
	Es perturbada	0,242	0,613	1,71	1,888	0,337	4,79
	Pu perturbada	0,479	0,805	0,935	1,472	0,196	3,89
	Es perturbada	0,634	1,223	0,948	1,275	0,644	4,72
2	Pu perturbada	0,611	1,611	0,510	0,715	0,693	4,14
	Es perturbada	0,905	1,223	0,948	1,275	0,644	4,99
3	Pu perturbada	0,873	1,611	0,510	0,715	0,693	4,40

Tabla 4. Comparación entre los componentes del ICF de las comunidades leñosas estudiadas usando como numerador la referencia (índice de similitud de Bray y Curtis, McCune y Grace, 2002).

	Referencia	Es	Pu	Es perturbada	Pu perturbada
Referencia	1,000	0,703	0,682	0,652	0,769
Es		1,000	0,877	0,901	0,813
Pu			1,000	0,902	0,767
Es perturbada				1,000	0,797
Pu perturbada					1,000

Tabla 5. Coeficientes de correlación de Pearson (r), coeficiente de determinación de Pearson (r-sq) y coeficiente de correlación de Kendall (τ) entre componentes del ICF (numerador referencia) y de composición botánica, con los ejes del ordenamiento multivariado, método de Bray y Curtis, n = 5 (McCune y Grace, 2002).

Componentes ICF/ composición botánica	Ejes del análisis multivariado					
	1			2		
	r	r-sq	τ	r	r-sq	τ
Área basal (m ² *ha ⁻¹)	-0,775	0,601	-0,600	0,023	0,001	-0,105
Dap promedio (cm)	-0,690	0,476	-0,200	-0,587	0,344	-0,527
Porcentaje individuos < Dap = 25 cm	0,471	0,222	0,000	0,787	0,619	0,738
Porcentaje <i>A. quebracho blanco</i>	0,833	0,694	0,400	0,191	0,037	0,316
Porcentaje <i>S. lorentzii</i>	-0,958	0,917	-0,600	0,285	0,081	0,316

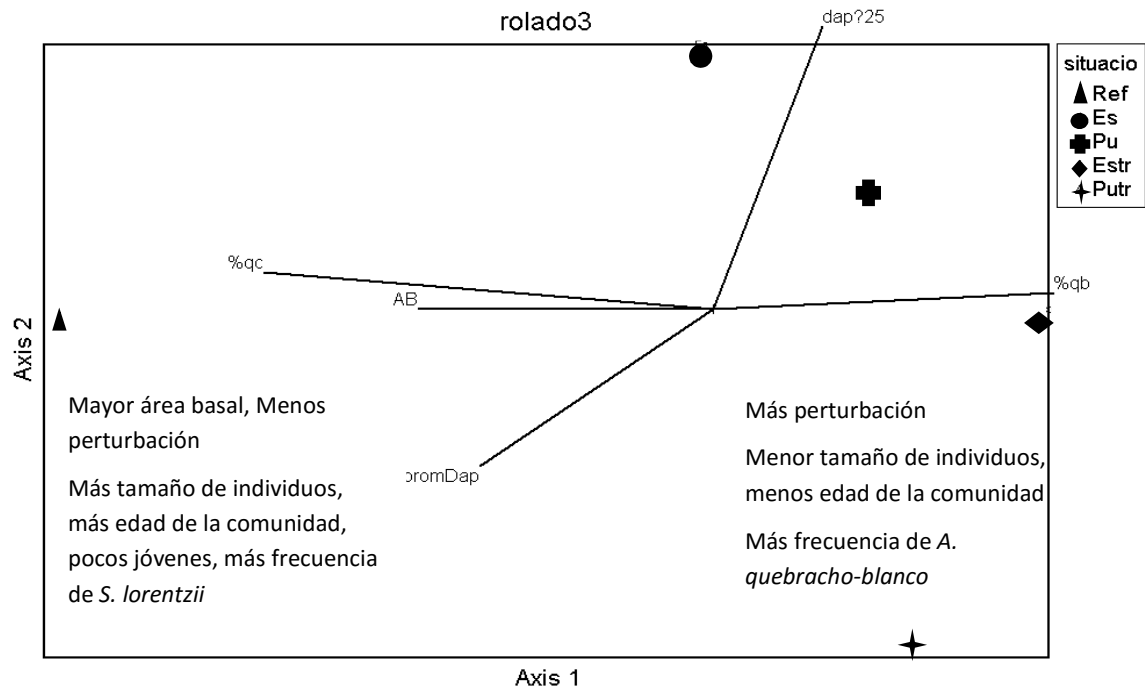


Figura 1. Ordenamiento multivariado de las comunidades estudiadas en el espacio términos del ICF. (Método de Bray y Curtis, McCune y Grace, 2002). Abreviaturas: promDap: Dap promedio, AB: área basal; %qc: frecuencia de *S. lorentzii*; %qb: frecuencia de *A. quebracho blanco*; dap<25: porcentaje de individuos < Dap =25 cm. Ref: referencia; Es: Es sin perturbar; Estr: Es perturbada; Pu: Pu sin perturbar, Putr: Pu perturbada

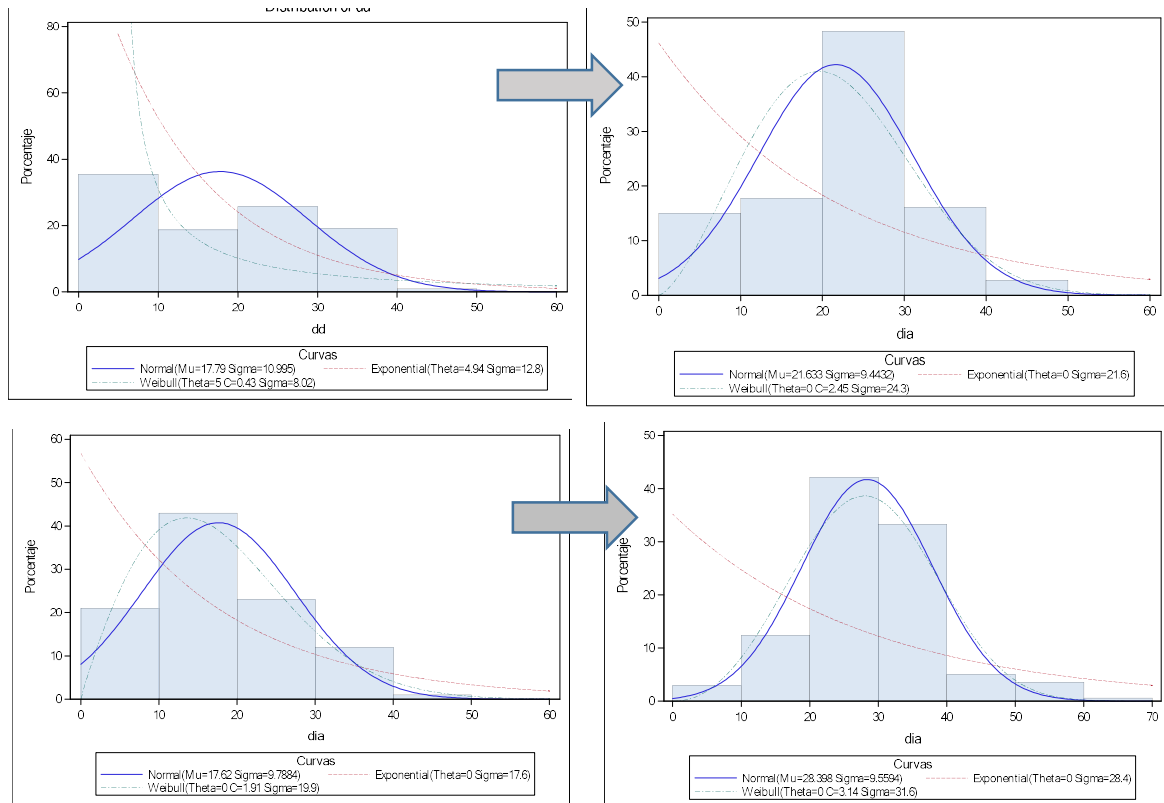


Figura 2. Histogramas de Dap: arriba estancia Es, izquierda sin perturbar: derecha, perturbada. Abajo estancia Pu: izquierda sin perturbar; derecha, perturbada.

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS PARA EL MANEJO.

El primer objetivo de este trabajo fue explorar el potencial del ICF para evaluar el grado de degradación del bosque en comunidades donde se aplicaron perturbaciones mecánicas. Existen trabajos en la Argentina que aplican índices para evaluar cambios en los servicios brindados por los bosques (Peri et al. 2017). En forma similar, utilizan magnitudes relativas de atributos, con base en comunidades de referencia (Peri et al. 2017). El ICF, se distingue porque se basa en información de inventarios y análisis de la vegetación con la cual los profesionales se encuentran familiarizados, fáciles de llevar a cabo y los cálculos matemáticos son sencillos (Ochoa-Gaona et al., 2010). En ese aspecto, aunque puede mejorarse, el ICF es promisorio como indicador rápido de diagnóstico. Como inconveniente, puede decirse que el ICF representa una 'foto' de un proceso dinámico de largo plazo. Se debe tener en cuenta que la silvicultura práctica utiliza indicadores tales como por ej. histogramas de Dap, que son también 'fotos' de un proceso. Sin embargo, se toman decisiones de manejo en base a los mismos, porque representan un resumen de la situación actual. Este resultado también refuerza la necesidad de los monitoreos permanentes.

El segundo objetivo fue estudiar el comportamiento del ICF cuando se aplica a rolados destinados a implementar sistemas silvopastoriles ejecutados sin prescripciones formales. De acuerdo a Ghazoul et al. (2015), 'degradación' se define como la disminución de algún atributo (ej. abundancia de una especie), función (ej. absorción de agua de lluvia) que va a limitar la provisión de un servicio



(ej. oferta de madera) como consecuencia de una perturbación. Este enfoque es también limitado porque perturbaciones naturales (ej. fuego) pueden causar cambios que pueden interpretarse como 'degradación'. En párrafos anteriores se presentó la asociación entre los términos de la fórmula para calcular el ICF y su interpretación ecológica y productiva. La reducción observada en el ICF no es ecológicamente relevante y sugiere una baja magnitud de degradación en las comunidades arbóreas estudiadas. La principal conclusión sería que, dentro de ciertos límites, la perturbación 'rolado' sería compatible con la sustentabilidad de los bosques en un contexto productivo ganadero bajo determinados esquemas de intensidad y supervisión. Este resultado, aunque parcial, contradice la percepción muy difundida que el rolado sin prescripciones es degradante de las comunidades leñosas de la región chaqueña. (\approx bosques). Un corolario de esta conclusión sería que el ICF no es útil como indicador y que debería descartarse. El ICF consiste en la suma de 5 términos (= tiene en cuenta varias visiones), en los que la magnitud actual de un atributo (numerador) se expresa en forma relativa a 3 bases de cálculo (denominadores) distintas: la comunidad de referencia propiamente dicha, la comunidad bajo estudio antes de la perturbación, y un umbral de extracción compatible con el aprovechamiento sustentable. Este estudio sugiere que la disminución en la magnitud de uno de los términos es compensada por incremento(s) en otro(s). Un atributo de mucha influencia en el cálculo del ICF es la frecuencia de *A. quebracho blanco*. Esto plantea la posibilidad de no tener en cuenta la abundancia de esa especie en la evaluación de la degradación de comunidades leñosas, o fijar un umbral máximo para incluirla en la evaluación.

El resultado final de la aplicación del ICF indica que, al menos para los casos de estudio incluidos en el presente trabajo, no es posible generalizar sobre el efecto negativo de la perturbación mecánica, aunque se la aplique con prescripciones mínimas. La evidencia indica que el efecto del rolado puede ser neutro a positivo sobre atributos del ecosistema en general si se planifica con una intensidad, severidad y frecuencia apropiadas (\approx prescripciones) de acuerdo al sitio ecológico de referencia (Bogino y Bravo 2014, Albanesi et al. 2012, Coria et al. 2015, Kunst et al. 2012 y 2016, Rejzek et al. 2017). Este es el primer trabajo – dentro de nuestros conocimientos- que utiliza un índice para evaluar efectos de perturbaciones en bosques de la región chaqueña con fines productivos. La "degradación" del bosque es un concepto de difícil definición (Ghazoul et al., 2015). Las dificultades surgen de la definición de bosque, selección de comunidades de referencia, tipos de perturbaciones naturales, escalas de tiempo y espacio consideradas, umbrales y atributos del ecosistema y la vegetación bajo estudio (Sasaki y Putz, 2009, Putz y Roberts, 2010, Thompson et al., 2013; Morales-Barquero et al. 2014). Todos los aspectos anteriores se deberían usar para enriquecer el ICF, o cualquier otro índice.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del PICTO 0066 "Regímenes de perturbación de bosques nativos y otras comunidades vegetales del Chaco occidental", Convocatoria PICTO 2014, Manejo Sustentable de los Bosques Nativos. Se agradece a los Ings. Agrs. Carlos M. E. Kunst (h) y Miguel Nellem por facilitar los datos de campo.

Bibliografía

Adámoli, J., Neumann, R., Colina, A., Morello, J. 1972. El Chaco aluvional salteño. INTA, Revista de Investigaciones Agropecuarias Serie 3, 9: 165-237.

Albanesi A., Anríquez A., Silberman J., Kunst C., Duffau A., Domínguez Nuñez J. 2012. Fracciones de carbono orgánico del suelo en rolados en el Chaco semiárido. Actas 2do Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, 317-322, ISBN 978-987-679-123-6.



- Barchuk, A., Díaz, M. 1999. Regeneration and structure of *Aspidosperma quebracho.blanco* Schl. in the arid Chaco (Córdoba, Argentina). *Forest Ecology and Management* 118: 31-36.
- Barreira, S., Alvarenga Botelho, S., Scofuro, J., Márcio de Mello, J. 2000. Efeito de diferentes intensidades de corte seletivo sobre regeneração natural de Cerrado. *Cerne* 6: 40-51
- Bogino, S., Bravo, M. 2014. Impacto del rolado sobre la biodiversidad de especies leñosas y la biomasa individual de jarilla (*Larrea divaricata*) en el Chaco Árido Argentino. *Quebracho* 22:
- Borges Silva, L., Alves, M., Bento Elias R., Silva, L. 2017. Comparison of T-square, Point Centered Quarter, and N-Tree sampling methods in *Pittosporum undulatum* invaded woodlands. *Hindawi International Journal of Forest Research* 2017. Article ID 2818132.
- Bravo, S., Kunst, C., Leiva, M., Ledesma, R. 2014. Response of hardwood tree regeneration to surface fires, western Chaco region, Argentina. *Forest Ecology and Management* 326: 36-45
- Coria R., Coria O., Kunst C. 2015. Influencia del rolado selectivo de baja intensidad (RBI) sobre las comunidades de aves de bosques del Chaco Occidental. *Ecología Austral* 25: 158-171.
- De la Orden, E., Quiroga, A., Pico Zossi, R. 2003. Estructura de las poblaciones de *Prosopis nigra* (Gris.) Hyeron. y *Aspidosperma quebracho blanco* Schl. en el Campo Experimental de la Colonia del Valle (Catamarca, Argentina). *Ecosistemas* 2003/3 (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/033/investigacion6.htm>)
- Del Castillo, H., Saravia Toledo, C. 1985. Manejo silvopastoril en el Chaco nor-occidental de Argentina: II. Regeneración forestal en suelos de la unidad Jume Pozo. Pag. 241-255. En: Ayerza, R. IV° Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas. Centro Argentino de Ings. Agrónomos, Bs. As.
- Fulbright T. 2004. Disturbance effects on species richness of herbaceous plants in a semiarid habitat. *Journal of Arid Environments* 58: 119-133.
- Ghazoul, J., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., King, L. 2015. Conceptualizing forest degradation. A review. *Trends in Ecology and Evolution* 30: 622-632.
- Giménez, A., Moglia, A. 2017. Los bosques actuales del Chaco semiárido argentino: ecoanatomía y biodiversidad. Una mirada propositiva. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Sgo del Estero, Argentina.
- Hitimana, J., Kiayipi, J., Njunge, J. 2004. Forest structure characteristics in disturbed and undisturbed sites of Mt. Elgon moist lower montane forest, western Kenya. *Forest Ecology and Management* 194: 269-291.
- Kunst C., Ledesma R., Bravo S., Godoy J., Navarrete V. 2009. Sistemas silvopastoriles en el Chaco semiárido III: efecto del rolado sobre la estructura de especies arbustivas nativas. *Actas 1er Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles, Posadas, Misiones* 282-289. ISBN 978 987 521 350 0
- Kunst C., Ledesma R., Navall M. 2008. Rolado Selectivo de Baja Intensidad (RBI) INTA EEA Santiago del Estero. *Boletín* 57 ISBN 978 987 521 329 6.
- Kunst C., Navall M., Ledesma R., Silberman J., Anríquez A., Coria D. [et al.]. 2016. Silvopastoral Systems in the Western Chaco Region, Argentina. Cap 4, p. 63-88, En: P. Peri, F. Dube, A. Varella (ed.) *Silvopastoral Systems in Southern South America*. *Advances in Agroforestry* No 11, Springer International Pub., ISSN 1875-1199:
- Kunst C.; Ledesma R., Bravo S., Albanesi, A., Godoy J. 2012. Rolados y diversidad botánica I: ¿Sitio ecológico, tiempo o perturbación?. *Memorias III Congreso Silvopastoril, Santiago del Estero*.
- Kunst, C., Bravo, S., Coria, D. et al. 2018. 'Condición de referencia' de la vegetación nativa tipo 'bosque' y su aplicación en el manejo silvopastoril, región chaqueña, Argentina. *Este Congreso*.
- Kunst, C., Coria D., Ledesma R. Bravo, S., Godoy J. 2018. Indicadores de ocurrencia de fuego en sitios ecológicos del Chaco occidental, p. 12. En: Resúmenes y charlas, IV Congreso del Mercosur sobre Manejo de Pastizales Naturales, Chamental, La Rioja, Chamental - La Rioja (Argentina), 15, 16 y 17 de mayo de 2018.
- Kunst, C., Ledesma, R., Casillo, J., Godoy, J. 2006. Rolados y residuos leñosos: I. estimación de la carga de combustibles. *Memorias Ecofuego*
- Legendre, P., Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Leynaud, G., Bucher, E. 2005. Restoration of degraded Chaco woodlands: Effects on reptile assemblages. *Forest Ecology and Management* 213: 384-390.
- Rejzek, R., Coria, D., Kunst C., Svátek, M., Kvasnica, J., Ledesma, R., Matula, R. 2017. To chop or not to chop? Tackling shrub encroachment by roller-chopping preserves woody. *Forest Ecology and Management* 402: 29-36



- Morales-Barquero, L., Skutsch, M., Jardel-Peláez, E., Ghilardi, A., Kleinn, A., Healey, J. 2014. Operationalizing the definition of forest degradation for REDD+, with application to Mexico. *Forests* 5: 1653-1681; doi:10.3390/f5071653
- Morello, J., Saravia Toledo, C. (1959) El bosque chaqueño I y II. *Rev. Agronómica del Noroeste Argentino* 3: 5-81/209-258.
- North, M., Innes, J., Zald, H. 2007. Comparison of thinning and prescribed fire restoration treatments to Sierran mixed-conifer historic conditions. *Canadian Journal of Forest Research* 37: 331-342.
- Ochoa-Gaona, S., Kampicher, C., de Jong, B., Hernández, S., Geissen, V., Huerta, E. 2010. A multi-criterion index for the evaluation of local tropical forest conditions in Mexico. *Forest Ecology and Management* 268: 618-627.
- Platt, W., Connell, J. 2003. Natural disturbances and directional replacement of species. *Ecological Monographs* 73: 507-522.
- Peri, P. et al. 2017. State and transition model approach in native forests of Southern Patagonia: linking ecosystemic services, thresholds and resilience. *Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*; 13: 105-118.
- Putz, F., Redford, K. 2010. The importance of defining 'Forest': Tropical Forest Degradation, Deforestation, Long-term Phase Shifts, and Further Transitions. *BIOTROPICA* 42: 10-20 2010.
- Ruiz Jaen M., Mitchell Aide. T. 2005. Vegetation structure, species diversity and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management* 218: 159-173.
- Sasaki, N., Putz, F. 2009. Critical need for new definitions of 'forest' and 'forest degradation' in global climate change agreements. *Conservation Letters* 2: 226-232.
- Sevilla Martínez F. 2011. Evolución temporal del régimen de renovaciones en la montaña cantábrica. p. 31- 46. En: Ezquerro Boticario F., Rey van der Bercken F. (Ed.) *La evolución del paisaje vegetal y el uso del fuego en la cordillera Cantábrica- Fundación Patrimonio Natural de Castilla y León, Valladolid*. 388 pp
- SER. Society for Ecological Restoration. 2004. International Primer on Ecological Restoration. En: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp
- Sousa. W. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 15: 353-391.
- Souza, A. 2007. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: The case of *Araucaria angustifolia* in South America. *Austral Ecology* 32: 524-533.
- Stone, J., Porter, J. 1998. What is forest structure and how to measure it? *Northwest Science* 78: 25-26
- Táلامo, A., Barchuk, A., Cardozo, S., Truccio, C., Marás, G., Trigo, C. 2015. Direct and indirect facilitation (herbivore mediated) among woody plants in a semiarid Chaco forest: A spatial association approach. *Austral Ecology* doi:10.1111/aec.12224
- Thompson, I., Guariguata, M., Okabe, K., Bahamondez, C., Nasi, R., Heymell, V., Sabogal, C. 2013. An operational framework for defining and monitoring forest degradation. *Ecology and Society* 18 (2): 20: https://unfccc.int/files/land_use_and_climate_change/redd/submissions/application/pdf/redd_20130704_cpf_working_group_on_forest_degradation.pdf.
- Tucker, C., Randolph, J., Evans, T., Andersson, K., Persha, L., Green, G. 2008. An approach to assess relative degradation in dissimilar forests: toward a comparative assessment of institutional outcomes. *Ecology and society*: 13 (1): 4 [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art4/>
- Vauhkonen, J., Ruotsalainen, R. 2017. Assessing the provisioning potential of ecosystem services in a Scandinavian boreal forest: Suitability and tradeoff analyses on grid wall-to-wall forest inventory data. *Forest Ecology and Management* 389: 272-284.
- Young, B., D'Amato, A., Kern, C., Kastendick, D., Palik, B. 2017. Seven decades of change in forest structure and composition in *Pinus resinosa* forests in northern Minnesota, USA: Comparing managed and unmanaged conditions. *Forest Ecology and Management* 395: 92-103.