



Evaluación integral del impacto de la degradación antropogénica en agroecosistemas pecuarios del Chaco Árido (Argentina)

Integrated impact assessment of Anthropogenic Degradation in livestock Agroecosystems of the Arid Chaco (Argentina)

Avaliação abrangente do impacto da Degradação Antropogênica em Agroecossistemas pecuários do Chaco Árido (Argentina)

Anibal Massut¹

Universidad Nacional de San Juan, San Juan – Argentina, Argentina

 <https://orcid.org/0000-0002-4960-0459>

mdo.anibal@gmail.com (correspondencia)

DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rca.2023.02.002>

Recibido: 27/09/2023 Aceptado: 14/11/2023 Publicado: 03/12/2023

PALABRAS CLAVE

agroecosistemas,
degradación
antropogénica;
evaluación integral,
impacto, indicador
compuesto.

RESUMEN. Objetivos: desarrollar un procedimiento de evaluación integral del impacto de la degradación antropogénica utilizando un indicador compuesto, y conocer la magnitud de los impactos, en tres agroecosistemas pecuarios. **Metodología:** se aplicó un diseño de estudio de casos múltiples integrando métodos mixtos. Se definieron participativamente, y utilizaron métodos matemáticos de cálculo y estandarización sencillos para construir el indicador compuesto. Para la recopilación de información de variables humanas, la muestra fue por redes y evaluada; la unidad de recolección de datos, los actores sociales involucrados en cada caso; y la recopilación de información, se realizó por entrevistas semiestructuradas y estructuradas. Para las variables biológicas-físicas, la muestra fue la transecta; el universo de datos, la finca; y la recolección de información, se realizó por muestreo observacional sistemático. **Resultados:** se obtuvo impacto moderado con riesgo de degradación crítica para dos de las fincas, indicando la necesidad de modificación del plan de manejo para evitar cambios irreversibles. La otra, mostró impacto crítico con riesgo de impacto severo, indicando la detención de actividades y su intervención, para evitar el avance de cambios irreversibles y permitir la rehabilitación. **Conclusiones:** el indicador construido, permitió evaluar integralmente los impactos y riesgos de ocurrencia de la degradación antropogénica. la simplicidad de los métodos utilizados, promueve su uso público abierto. El procedimiento aplicado promueve una mejor comprensión del comportamiento del fenómeno estudiado, mayor efectividad de los planes de gestión, y la viabilidad y conservación de los agroecosistemas de zonas áridas, los más vulnerables ante la acción de la degradación antropogénica.

KEYWORDS

ABSTRACT. Objectives: to develop and apply a procedure of integrated assessment for the impact of anthropogenic degradation using a composite indicator and to know the magnitude of the impact in three livestock agroecosystems. **Methodology:** a multiple case study design integrating mixed

¹ Licenciado en Biología por la Universidad nacional de San Juan, Argentina.



agroecosystems, anthropogenic degradation, composite indicator, impact, integrated assessment.

methods was applied. Used simple calculation and standardization methods to construct the composite indicator. For the collection of information on human variables, the sample was through networks and evaluated; the data collection unit, the social actors involved in each case; and the collection of information was carried out through semi-structured and structured interviews. For the biological-physical variables, the sample was the transect; the data universe, the farm; and the collection of information was carried out through systematic observational sampling. **Results:** moderate impact with risk of critical degradation was obtained for two of the farms, indicating the need to modify the management plan to avoid irreversible changes. The other showed critical impact with risk of severe impact, indicating the stoppage of activities and their intervention, to prevent the advancement of irreversible changes and allow rehabilitation. **Conclusions:** built indicator allowed carried out an integrated assess of the impacts and risks of occurrence of anthropogenic degradation. Simplicity of the methods used promotes its open public use. Applied procedure promotes a better understanding of the behavior of the studied phenomenon, greater effectiveness of management plans, and the viability and conservation of agroecosystems in arid zones, the most vulnerable to action of anthropogenic degradation.

PALAVRAS-CHAVE

agroecossistemas, avaliação abrangente, degradação antropogênica, impacto, indicador composto.

RESUMO. Objetivos: desenvolver e aplicar um procedimento de avaliação abrangente do impacto da degradação antropogênica através de um indicador compósito e conhecer a magnitude do impacto em três agroecossistemas pecuários. **Metodologia:** foi aplicado um desenho de estudo de casos múltiplos integrando métodos mistos. Utilizaram métodos simples de cálculo e padronização para construir o indicador composto. Para a coleta de informações sobre variáveis humanas, a amostra foi por meio de redes e avaliada; a unidade de coleta de dados, os atores sociais envolvidos em cada caso; e a coleta de informações foi realizada por meio de entrevistas semiestruturadas e estruturadas. Para as variáveis físico-biológicas a amostra foi o transecto; o universo dos dados, a fazenda; e a coleta de informações foi realizada por meio de amostragem observacional sistemática. **Resultados:** foi obtido impacto moderado com risco de degradação crítica para duas das fazendas, indicando a necessidade de modificação do plano de manejo para evitar alterações irreversíveis. O outro apresentou impacto crítico com risco de impacto severo, indicando a paralisação das atividades e sua intervenção, para evitar o avanço de alterações irreversíveis e permitir a reabilitação. **Conclusões:** o indicador construído permitiu uma avaliação abrangente dos impactos e riscos de ocorrência da degradação antrópica. A simplicidade dos métodos utilizados promove o seu uso público aberto. O procedimento aplicado promove uma melhor compreensão do comportamento do fenômeno estudado, maior eficácia dos planos de manejo, e a viabilidade e conservação de agroecossistemas em zonas áridas, mais vulneráveis à ação da degradação antrópica.

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Sociales-Ecológicos se definen cómo sistemas integrados, complejos, adaptativos y compuestos de dos subsistemas; uno humano (infraestructura agropecuaria, ciudades, complejos industriales), y, otro ecológico (ecosistemas, sistemas naturales, medio ambiente natural) los cuales mantienen relaciones recíprocas entre sí (Harrington et al., 2010; Liu et al., 2007; Ostrom, 2009). Un tipo particular de estos sistemas, son los denominados Agroecosistemas, los cuales son entendidos como sistemas en donde el ecosistema natural, ha sido modificado por el humano para producir alimentos, fibras, combustible y otros productos de uso consuntivo (Sarandón & Flores, 2014; Tonolli, 2019).

Los Agroecosistemas, son considerados como una unidad fundamental de estudio, en la cual interaccionan variables biofísicas, sociales, económicas, políticas y culturales (Gliessman et al., 2007; Sicard, 2009). Una clase específica de Agroecosistema, son los denominados sistemas de producción ganaderos o pecuarios, a través de los cuales se obtienen beneficios y servicios ecosistémicos, aplicando diferentes prácticas y técnicas de cría de ganado doméstico, pero respondiendo a las características del contexto ecológico y socioeconómico en donde se instalan (Alzerreca & Genin, 1992). Ante condiciones de manejo inadecuado, los agroecosistemas

pueden volverse vulnerables y, verse afectados a lo largo del tiempo por degradación antropogénica (Eswaran et al., 2019; Foley et al., 2011).

Uno de los diversos procesos de degradación antropogénica conocidos, es el denominado “Degradación de la Tierra”, el cual es definido en un sentido general, como un proceso de pérdida persistente de la productividad biológica; y denominado “desertificación”, en sus expresiones extremas (Vogt et al., 2011). Cuando los impactos de este proceso dentro de los ecosistemas naturales, superan los límites o umbrales de acción de los mecanismos naturales de regeneración autógena, ocurren modificaciones irreversibles en la estructura y función de dichos ecosistemas (D’Odorico et al., 2013; Gao et al., 2011; Reynolds & Stafford Smith, 2002). La ocurrencia de este fenómeno, depende estrechamente de contextos culturales y geográficos específicos (D’Odorico et al., 2013; Geist & Lambin, 2004). Además, la Degradación de la Tierra, es considerada un proceso de naturaleza sistémica (Abraham, 2009), multifacético (Bauer & Stringer, 2009) y complejo, debido a su multicausalidad (Becerril-Piña & Mastachi-Loza, 2021; Geist & Lambin, 2004). Las zonas más vulnerables a la acción de la Degradación de la Tierra, son las zonas áridas; debido a una característica combinación para dichas zonas, de sobre uso de los ecosistemas naturales, condiciones económicas desfavorables, y escasas de agua (Huber-Sannwald et al., 2012; MEA, 2005). La Degradación de la Tierra, ha sido reconocida como uno de los fenómenos ambientales más amenazantes del siglo XXI, debido a la reducción que provoca sobre la calidad y disponibilidad de bienes y servicios ecosistémicos (Becerril-Piña & Mastachi-Loza, 2021; Vieira et al., 2021).

Para el estudio de problemáticas ambientales complejas, suelen utilizarse las evaluaciones integrales (Hamilton et al., 2015; Salvati et al., 2009; Thornes, 2002). Dicho tipo de evaluaciones, permite el abordaje y estudio de las múltiples causas o efectos ecológicos y sociales de un fenómeno complejo, la generación de información integral e integrada del comportamiento de los sistemas estudiados, y la creación de un soporte de información útil para la toma de decisiones de gestión (Hamilton et al., 2015; Levin et al., 2009; Tàbara, 2003). Adicionalmente, las evaluaciones integrales, pueden llevarse a cabo a través de indicadores compuestos, denominados también índices compuestos (Jha & Gundimeda, 2019; Krajnc & Glavič, 2005). Los indicadores compuestos, constituyen una alternativa efectiva para el estudio de fenómenos complejos dentro de los Sistemas Sociales-Ecológicos (Becker et al., 2017; Joint Research Centre-European Commission, 2008). Los indicadores, en general, son definidos como variables construidas para obtener información simplificada del comportamiento de un proceso, los cuales sirven para facilitar la toma de decisiones de gestión (García et al., 2016; Winograd, 1995), permiten la comparación de estados de procesos o de diferentes Sistemas Sociales-Ecológicos (Gallopín, 1996; Joint Research Centre-European Commission, 2008), y promueven la comprensión y comunicación pública de la información técnico-científica (Joint Research Centre-European Commission, 2008; Schiller et al., 2001; Singh et al., 2012).

Con respecto a los agroecosistemas estudiados, los mismos corresponden a fincas en las que se aplica ganadería extensiva ubicadas en la zona central-oeste de la ecorregión del Chaco Árido; zona para la cual, los escasos estudios disponibles, sugieren la degradación de la estructura y función del ecosistema natural de bosque de Chaco Árido (Marquez et al., 2009). Para este territorio, la ocurrencia de la degradación antropogénica, esta explicada, por un lado, por el uso histórico sin planificación del bosque natural, llevado a cabo principalmente a través de ganadería extensiva y explotación forestal, y siendo la ganadería la que ha perdurado en el tiempo como actividad económica preferencial (García & Díaz, 2009; Marquez et al., 2009). Por otro lado, por la acción retroalimentativa del proceso estudiado; la cual ha generado a lo largo del tiempo, una

pérdida significativa de la capacidad de regeneración autógena del bosque nativo del Chaco Árido (Marquez et al., 2009; Municipio Valle Fértil, 2011). También, la aridez propia de dicho sistema ecológico y sus característicos ciclos de sequía, han intensificado a lo largo de la historia los impactos del fenómeno (García & Díaz, 2009; Marquez et al., 2009). Adicionalmente, y para la misma zona, se han documentado impactos económicos y sociales adversos provocados por la Degradación de la Tierra, a diversas escalas, y que incluyen desde pobreza estructural domiciliaria, hasta pérdidas económicas a escala de departamento (Marquez et al., 2009; Moreno, 2010).

Consecuentemente, dado el escenario zonal registrado de impactos múltiples y retroalimentativos de degradación antropogénica, la aplicación de una evaluación integral, es de vital importancia para la promoción de la conservación y viabilidad de las fincas bajo estudio por dos razones. La primera razón, y desde el punto de vista científico, es que a través de la aplicación una evaluación integral, se contribuye al avance en el conocimiento necesario para poder predecir, y, por ende, evitar la ocurrencia del fenómeno focal. La segunda razón, y desde el punto de vista de la gestión, una evaluación integral, permite la evaluación, síntesis y comparación del estado de todas las variables consideradas mediante métodos específicos, lo cual aumenta la precisión de la información obtenida. Por lo tanto, y gracias a dicha propiedad, se pueden tomar acciones correctoras de gestión de mayor efectividad, y lograr así, la detención del avance de los impactos degradativos, y posteriormente, su reversión.

Por lo descripto entonces, es que esta investigación se realizó bajo las dos siguientes hipótesis: 1) es posible desarrollar un procedimiento de evaluación integral, través de la construcción de un indicador compuesto, sensible al impacto de la degradación antropogénica; y 2) los agroecosistemas abordados se encuentran afectados por los impactos múltiples de la degradación antropogénica.

2. MÉTODO

Sistema social-ecológico: información de referencia

En esta investigación se estudiaron tres fincas privadas, en las que se practica ganadería extensiva como única actividad económica en el ecosistema natural; actividad sustentada en la utilización del bosque nativo como una fuente diversa de forraje. Las tres fincas están ubicadas en las inmediaciones de la villa cabecera del Departamento Valle Fértil, en la Provincia de San Juan en Argentina. En este territorio, la ecorregión Chaco Árido, y desde el punto de vista hidrogeológico, abarca la planicie aluvial pedemontana y la planicie aluvial del sistema de sierras Valle Fértil-La Huerta, que generalmente, contiene cursos de agua temporales (Marquez et al., 2009). Además, las precipitaciones líquidas, se concentran en la temporada de verano, que se extiende por cinco meses (Noviembre-Marzo), mientras que la estación seca dura siete meses (abril-octubre) (Marquez et al., 2009).

En lo que concierne a la fitogeografía, la ecorregión del Chaco Árido, posee un bosque climácico constituido mayoritariamente por *Aspidosperma quebracho-blanco*, con variaciones zonales según el tipo de ambiente, ya sea de sierras, dunas o barreales, o con alteraciones causadas por el uso ganadero y forestal, lo que lleva a bosques secundarios dominados por *Neltuma flexuosa* y matorrales dominados por *Larrea divaricata* (Karlin et al., 2013; Marquez et al., 2009). En particular, la zona abordada en este estudio, corresponde a una zona de transición con la ecorregión del monte (Karlin et al., 2013; Marquez et al., 2009). El clima de la zona,

corresponde al tipo árido cálido de desierto, BWh, según la clasificación de Köppen-Geiger (Beck et al., 2020), con precipitaciones que muestran un promedio anual de 371 mm (Municipio Valle Fertil, 2011).

En lo referente a los aspectos demográfico y social, el departamento Valle Fértil, reúne una población de 7.821 habitantes, la cual está distribuida 60% en la villa cabecera (30°37'50,22" S; 67°28'02,70" O) y un 40% en pueblos de menor tamaño distribuidos a lo largo del departamento (Municipio Valle Fertil, 2017). Para este Departamento, la población económicamente activa corresponde a un 56% del total abarcando un rango etario de entre 15 y 64 años; posee un 15,5% de hogares con necesidades básicas insatisfechas (Municipio Valle Fertil, 2017). El departamento está constituido mayoritariamente por un conglomerado de fincas con aplicación de ganadería extensiva de diversas extensiones, en muchos casos sin límites definidos, realizando ganadería de ganado vacuno o caprino principalmente, y en algunos casos ovino (Municipio Valle Fertil, 2017; Municipio Valle Fertil, 2011). En su mayoría, responden a una lógica con fines económicos, en particular la ganadería bovina, y con fines de subsistencia para la caprina y la ovina (Municipio Valle Fertil, 2017; Municipio Valle Fertil, 2011).

Marco conceptual específico

En este estudio, los agroecosistemas, fueron definidos como sistemas integrados, adaptativos y de naturaleza multisistémica, y conformados por 4 subsistemas interconectados que mantienen relaciones recíprocas entre sí y los cuales son: Biológico-Físico, Institucional-Político, Económico-Productivo y Conciencia Social-Ecológica. Además, Para contar con un concepto genérico y de simple comprensión para el proceso focal, y que permita la medición de su impacto en todos los subsistemas de un agroecosistema, la degradación antropogénica, se definió como, un proceso iniciado o potenciado directa o indirectamente por el ser humano, que provoca la pérdida o modificación total o parcial de uno, varios o todos los elementos constitutivos de un sistema, que permiten y promueven su conservación. El proceso de degradación antropogénica, se consideró caracterizado por una naturaleza sistémica, multicausal, multifacética y compleja, ya que puede transmitirse, amplificarse y expresarse de manera diferencial en uno, varios o todos los subsistemas de un sistema, simultáneamente.

Enfoque metodológico

Para que el diseño de investigación permitiera un abordaje integral de los agroecosistemas, fue necesario combinar distintos enfoques conceptuales. Para lograr esto, se utilizó triangulación teórica, la cual consiste en la combinación de distintas teorías, enfoques conceptuales o perspectivas para generar un visión e interpretación más precisa de la realidad a estudiar (Forni & Grande, 2020; Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018). Para este estudio, uno de los enfoques seleccionados, fue el enfoque holístico, el cual permite observar las diversas partes del sistema en contexto con el sistema en su totalidad (Arodudu et al., 2017; Sarandón & Flores, 2009). El otro, fue el enfoque sistémico, en el cual se asume que lo que le ocurre a una de las partes del sistema, afecta al resto de las partes (Sala et al., 2015; Sarandón et al., 2006). Para promover un proceso de evaluación con potencial de comprensión y uso público, se utilizó un procedimiento de evaluación participativo, en el que intervienen los actores sociales vinculados con la problemática, es decir las partes involucradas, ya sea para integrar el conocimiento local al conocimiento científico y adaptar los métodos preexistentes, en particular para esta investigación, de construcción de indicadores (Abraham et al., 2006; Bautista et al., 2017; Reed et al., 2008).

Metodología preexistente

Para aumentar la validez operacional y experiencial de los métodos utilizados para la construcción del indicador compuesto (De Neufville, 1978), se seleccionó *a priori* y como base lógica, una metodología aplicada efectivamente a escala local, para evaluar integralmente el impacto de actividades productivas dentro de los Agroecosistemas (Sarandón et al., 2006; Sarandón & Flores, 2009). La preselección de dicha metodología, siguió los criterios de: a) uso de promedios y promedios ponderados como cálculos de agregación de datos, los cuales utilizan suma, división y multiplicación, herramientas matemáticas entendidas por cualquier persona que haya completado la educación secundaria; b) la extensión numérica corta de la escala de medición (0 a 4), que reduce la varianza de los datos y el enmascaramiento de información, gracias a que los valores están próximos entre sí dentro de la escala, a) bajo costo de aplicación; b) ajuste a la falta de información disponible y el nivel variable de educación general de los potenciales usuarios del indicador; c) viabilidad de la información obtenida; d) que permitan el monitoreo de la degradación antropogénica en los Agroecosistemas estudiados.

Se preseleccionaron también como guía lógica, subindicadores, los cuales fueron utilizados efectivamente en investigaciones precedentes, y los que fueron modificados en su forma de medición y estandarización cuando correspondió, para ser utilizados. Los subindicadores preseleccionados para el subsistema Biológico-Físico, fueron, cobertura vegetal (Abraham, 2006) y signos de erosión del suelo (McDonagh, 2007). Para el subsistema Institucional-Político, fueron presencia y actividad de instituciones gubernamentales y extra gubernamentales (Abraham, 2006). También, con la finalidad de captar el accionar y la relación del propietario o productor a cargo del Agroecosistema y la actividad desarrollada, se preseleccionaron para el subsistema Económico-Productivo, los subindicadores satisfacción con la actividad productiva (Sarandón et al., 2006) y pozo de extracción de agua activo para uso animal (Abraham, 2006). Por último, y con la misma finalidad, se propusieron nuevos subindicadores, siendo uno potreros activos, y otro, aptitud económica de la actividad. Para conocer el estado del subsistema Conciencia Social-Ecológica, se predefinió el subindicador conciencia social-ecológica (Sarandón et al., 2006). Los estados de referencia de los subindicadores y del indicador compuesto (Conti, 2008; Moldan et al., 2012), se definieron siguiendo la metodología utilizada como base lógica, otorgándole el valor 0 al valor de referencia (Sarandón et al., 2006) y representando para esta investigación la ausencia de degradación en cada variable.

Diseño de estudio

Dado que en esta investigación se abordaron fincas con características intrínsecas diferenciales, el tipo de diseño de estudio global seleccionado fue el Estudio de Casos Múltiples (Creswell & Poth, 2016; Gustafsson, 2017). Este tipo de diseño, integró Métodos Mixtos (Creswell & Creswell, 2017; Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), también denominados, triangulación o triangulación metodológica (Forni & Grande, 2020; Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018). Los métodos mixtos, son considerados necesarios para estudiar fenómenos complejos (Guetterman & Fetters, 2018), especialmente en sistemas sociales-ecológicos (Okpara et al., 2018). Además, el diseño de estudio utilizado, fue del tipo flexible, el cual admite procedimientos con vías adaptables e iterativas de acuerdo a los objetivos de estudio y a las condiciones contextuales (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018; Mendizábal, 2006). Por ejemplo, debido a la necesidad de adaptación de los métodos preseleccionados en función de las preferencias establecidas por los potenciales usuarios (Coteur et al., 2016; Ewert et al., 2009; Ittersum et al., 2008).

Para la recopilación de información en los subsistemas humanos se definió una muestra dirigida, y compuesta, por una del tipo por redes o en cadena (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018) y una evaluada (Guber, 2004). Esto, porque en primera instancia, los actores sociales clave técnicos, fueron hallados por recomendación y a partir de entrevistas casuales; y luego, los productores rurales y trabajadores rurales, identificados por su relevancia para el estudio. Se realizaron entrevistas exploratorias (Molina-Azorín & López-Gamero, 2016) del tipo abiertas, y casuales o por recomendación, para iniciar la inserción al contexto social y el proceso de identificación de los actores sociales clave (Tapella, 2011). Las mismas sumaron un total de 11. Dichas entrevistas consistieron en 3 entrevistas casuales realizadas a trabajadores rurales de la zona, 4 a propietarios de fincas, 2 entrevistas a técnicos del sector privado, y 2 a técnicos de instituciones públicas, correspondiendo las dos últimas a 1 entrevista grupal y 1 individual. Las mismas se realizaron en lugar de trabajo de los entrevistados y en espacio públicos. En total, los actores sociales clave identificados, fueron 8; 3 productores rurales, 4 técnicos de instituciones públicas, y un técnico privado. Este último, con permiso de acceso libre a las fincas a estudiar. La identificación de los 3 productores rurales como actores sociales clave, simultáneamente, constituyó la selección de los tres casos de estudio o fincas focales. Además, se identificaron como actores sociales complementarios, los trabajadores rurales activos en cada finca.

La unidad de recolección de datos para cada caso de estudio, fue el conjunto de personas y grupos entrevistados (Mendizábal, 2006). Cada conjunto, y para cada finca o caso, estuvo conformado por 7 personas, que incluyen el productor rural, los técnicos entrevistados vinculados con las fincas y el trabajador rural de cada finca. El conjunto conformado por todos los actores sociales clave y complementarios, corresponden a las partes involucradas en esta investigación. También se incluyeron las denominadas partes no involucradas, que fueron los investigadores independientes y un exgerente de emprendimiento productivo relacionado con la actividad pecuaria, para que interviniesen como revisores y agentes de validación externa de los métodos propuestos.

Se utilizaron entrevistas semiestructuradas (Kiruki et al., 2017) para llevar a cabo el proceso de revisión y valoración de las definiciones de los subindicadores, los métodos precedentes de construcción del indicador compuesto, es decir, de normalización y cálculo, y la construcción de la escala de medición y validación del indicador compuesto. Estas actividades, todas de modalidad participativa, siguieron un criterio de "uso final". El mismo, prioriza la utilidad práctica para la toma de decisiones de gestión de los métodos considerados (Meul et al., 2009). En esta investigación, se garantizó confidencialidad y anonimato de la información (Kaufman & Ramarao, 2005; Petrova et al., 2016) a los productores, dada la solicitud explícita sobre estos aspectos.

La recopilación de información para esta investigación, se llevó a cabo en tres campañas de trabajo. La primera, desarrollada durante los meses de agosto y octubre de 2017. La segunda campaña, desarrollada durante los meses de abril y mayo del año 2018. La tercera, y última, se llevó a cabo, en los meses de febrero y abril del año 2021; agosto, septiembre de 2022; y abril y junio del año 2023.

La escala espacial del estudio, corresponde con la superficie de terreno particular de cada finca. El relevamiento de la información biofísica, afectó 21.000 hectáreas aproximadamente, superficie correspondiente a la suma de las extensiones individuales de cada finca, y siendo 4000 hectáreas, 10000 hectáreas, y 7000 hectáreas las extensiones por separado de cada finca. Esta información, fue brindada por los técnicos, ya que los productores fueron reacios a brindar información precisa sobre ese aspecto. La escala temporal se subdividió en dos. La escala temporal específica, la que determina el alcance temporal de los resultados y conclusiones obtenidas, corresponde un año no calendario, comenzando y terminando con el inicio de la estación seca en dos años

calendario sucesivos. La escala temporal general, o duración del estudio, corresponde con un periodo de cuatro años, durante el cual, se llevaron a cabo todas las instancias metodológicas, necesarias para cumplir con los objetivos del estudio.

Revisión, valoración y adaptación de métodos preexistentes

En el proceso de revisión y valoración se puso a consideración de los técnicos, los potenciales usuarios del procedimiento, los investigadores independientes y el exgerente de emprendimiento productivo pecuario, los métodos de construcción del indicador compuesto y subindicadores preexistentes con sus modificaciones previas y los propuestos. A lo largo de un proceso de tres etapas, los métodos y subindicadores fueron adecuados cuando se observó, a los objetivos de estudio y al contexto socio-ecológico. En este proceso participaron los técnicos, los potenciales usuarios del procedimiento de evaluación, y los investigadores independientes y el exgerente de emprendimiento productivo pecuario. En la primera etapa, se obtuvo la valoración positiva de los métodos y subindicadores considerados, dada su simplicidad de comprensión y utilidad como instrumentos para la toma de decisiones de gestión. Se remarcó particularmente, la practicidad y simplicidad de la forma de medición en porcentaje de los subindicadores específicos del subsistema Biológico-Físico. Por parte de los investigadores independientes, y del exgerente de emprendimiento productivo privado, se observó la falta de información específica sobre los subindicadores de primer grado de los subsistemas humanos. Este aspecto, no pudo ser evacuado, debido a la falta de información de base, acuerdos de confidencialidad establecidos con los propietarios de fincas y a la especificidad de la información otorgada por los mismos.

En segunda etapa, se sometieron nuevamente a opinión de los técnicos, todos los aspectos considerados en la primera etapa, con las incorporaciones realizadas. En esta instancia, todos los aspectos mostraron aceptación general definitiva. Se observaron específicamente aspectos puntuales nomenclaturales y de escritura de las escalas de medición de los subindicadores de los subsistemas humanos, que fueron incorporados también. En total, para estas dos fases del proceso de revisión, se realizaron 16 entrevistas: 2 fueron entrevistas grupales con técnicos de instituciones públicas; 4 individuales al técnico del sector privado y 4 a técnicos de instituciones públicas vinculados con las fincas; 2 a un exgerente de emprendimientos productivos relacionados con la actividad agropecuaria, y 4 a investigadores independientes. Por último, la tercera etapa, se llevó a cabo durante el proceso de validación del indicador compuesto.

Definición de la escala de medición

El rango numérico de la escala de medición predefinida, se estableció siguiendo la metodología preseleccionada como base lógica (Sarandón et al., 2006; Sarandón & Flores, 2009) y constó de cinco valores (de 0 a 4) permitiendo determinar cinco niveles de impacto por degradación con un valor intermedio que representa el umbral de irreversibilidad o crisis. Los valores intermedios de cada estado que mide la escala, equivalen a la situación de riesgo de impacto por degradación del siguiente nivel de impacto. La escala, se definió priorizando el estado del subsistema Biológico-Físico natural, pues constituye el sustento basal para el desarrollo de las actividades vitales de todos los seres vivos. La escala de medición, fue puesta a consideración de los investigadores independientes. En este paso, se observó la necesidad de especificar la información de las situaciones de irreversibilidad en función de la acción de los mecanismos de regeneración autógena y los plazos

para las intervenciones de gestión, aspectos que fueron incorporados. La revisión de escala de medición con los investigadores independientes, consto de 4 entrevista semiestructuradas.

Recolección de datos para aplicación de los métodos de construcción

Se llevaron a cabo entrevistas estructuradas (Kouassi et al., 2021) a los propietarios de fincas, para realizar la recopilación de información en los subsistemas humanos, sustrato de los métodos de estandarización. Se realizaron entrevistas individuales a los productores rurales en el horario y lugar de trabajo. Se priorizó, que estas entrevistas, se realizaran directamente con estos actores sociales. Sin embargo, cuando los mismos se ausentaron de las instancias de entrevistas, estas se llevaron a cabo con el técnico privado autorizado. Las entrevistas se realizaron por teléfono cuando fue necesario, debido a condiciones climáticas extremas, obligaciones laborales de los entrevistados y lugares de trabajo remotos. Se realizaron 12 entrevistas individuales estructuradas, 4 para cada finca.

Para la recolección de datos biofísicos, se siguieron métodos preexistentes para el relevamiento de parámetros biofísicos en la misma ecorregión que abarca los ecosistemas focales (Callela & Corzo, 2006), con adaptaciones a los objetivos de estudio. En primer lugar, se identificaron unidades de paisaje junto con trabajadores rurales y el técnico privado autorizado, identificando cambios en la fisonomía y distribución de la vegetación, de la forma de los cursos de los ríos y arroyos y geoformas y en complemento con imágenes satelitales de la zona. El largo de transecta se definió en áreas piloto. Las áreas piloto fueron seleccionadas con trabajadores rurales y el técnico de la actividad privada. El criterio de elección de estas aéreas fue el de mejor situación de conservación de la diversidad vegetal y con la historia de uso más corta. Dicho criterio, fue elegido para poder contar con un largo de transecta acorde a una situación de composición de especies vegetales lo más completa posible, con respecto a la situación climática, y así, disminuir las probabilidades de subestimar o sobreestimar el largo de transecta. Tanto para la identificación de las unidades de paisaje, como para la identificación de las áreas piloto, se realizaron 3 entrevistas individuales, 1 para cada finca.

Para el relevamiento de información biofísica, se utilizó el método 'Point-Quadrat Modificado' (Passera et al., 1983). En primera instancia, se aplicó dentro de las áreas piloto para definir el largo de transectas. Para establecer dicha medida, se utilizó el criterio de ausencia de aparición de especies vegetales nuevas registradas. Para aplicar el criterio establecido, en primera instancia, se realizaron transectas *ex ante* con puntos de observación cada 1m, registrando la, o las, especies vegetales presentes en cada punto, hasta dejar de registrar nuevas especies. Se obtuvo una longitud de transecta de 50 m. Luego, durante el muestreo definitivo, se mantuvo la distancia entre estaciones de registro de 1 m. La cantidad de transectas también respondió al criterio de ausencia aparición de especies vegetales nuevas registradas. Se realizaron 32 transectas en total en las 3 fincas focales, 6 en la finca 1 y 2, y 4 en la finca 3, por cada estación climática. Se realizó la mitad de las transectas en cada unidad de paisaje, tanto para la finca 1, como para la 2. En la finca 3 se realizó un menor número de transectas, debido a su menor tamaño, menor cantidad de huellas de acceso, permiso de acceso restringido a la finca y a su ubicación dentro de una sola unidad de paisaje.

Para que la información obtenida del muestreo a campo, pudiera ser utilizada como sustrato del sistema de estandarización definido, se transformó a porcentaje el número de intercepciones registrado para cada subindicador específico del subsistema Biológico-Físico, en cada transecta realizada y dentro de cada finca. Se calculó este porcentaje, en función del total de 50 puntos de registro dentro de la transecta, los cuales

representaron el 100% potencial de ocurrencia del estado del subindicador registrado. Este porcentaje fue sumado y promediado, sobre el número total de transectas realizadas, dentro del subsistema Biológico-Físico y dentro de cada finca, tanto para la estación seca (invernal) como para la húmeda (estival) por separado. De esta manera, se obtuvo el valor numérico de cada subindicador, para la superficie total de cada finca focal y en cada estación.

Validación y ponderación del indicador compuesto

El proceso de validación del indicador compuesto, correspondió a uno por triangulación de datos y observadores (Carugi, 2016; Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018). Dicho proceso, consistió en la contrastación y posterior identificación de coincidencias, entre la magnitud del impacto de la degradación antropogénica, obtenido a partir de la aplicación de los métodos de estandarización, cálculo y recolección de datos; y la información obtenida por los técnicos, a partir del conocimiento acumulado en su labor diaria y experiencia. El estándar de referencia para la validación fue acordado unánimemente y descrito cualitativamente por los técnicos, y consistió en un gradiente para la magnitud del impacto por degradación antropogénica presentado por cada agroecosistema. En este gradiente, la finca 2 presenta el menor grado de degradación, seguida por la finca 1 y, por último, la finca 3, con el mayor grado de degradación. El indicador se validó tres veces. Primero se compararon los resultados numéricos obtenidos de una primera aplicación del procedimiento desarrollado, con el estándar de referencia, y la validación resultó exitosa, dado que las tendencias numéricas fueron coincidentes. Para la instancia de la definición del estándar de referencia y la primera validación, se realizaron 2 entrevistas grupales y 1 individual con técnicos de instituciones públicas, y 2 individuales con el técnico privado.

Luego, por opinión común de los investigadores independientes, se modificó la escala del sistema de estandarización de los subindicadores de los subsistemas humanos. Siguiendo un criterio de simplicidad de interpretación y simbología elemental, se realizó una codificación, que consistió en asignar números, letras y símbolos, en orden ascendente, de acuerdo con el orden de ocurrencia de los diferentes estados de degradación que podría mostrar cada subindicador. Consiguientemente, la nueva escala fue revisada por los investigadores independientes, y volvió a ser modificada ampliando la simbología por sugerencia de estos, para precisar los estados de degradación. También, sugirieron profundizar información, pero este aspecto no pudo ser evacuado dada la especificidad de información otorgada por los productores. Por último, los métodos considerados se aplicaron nuevamente, y los valores obtenidos fueron validados una vez más con los técnicos. Por segunda vez, se obtuvo una validación satisfactoria del indicador compuesto. La segunda validación y las modificaciones en sistema de estandarización, constaron de 3 entrevistas individuales a investigadores independientes, y 2 entrevistas individuales con técnicos de instituciones públicas y de la actividad privada.

En última instancia, debido a la opinión recurrente de los investigadores independientes, se realizó la ponderación de los subindicadores. La ponderación, se realizó teniendo en cuenta la opinión de las partes involucradas (Meul et al., 2008) y siguiendo la metodología utilizada como base lógica (Sarandón et al., 2006; Sarandón & Flores, 2009). Dicha actividad, se llevó a cabo a pesar de la validación previa exitosa que había mostrado el indicador compuesto, y de la falta de evidencia científica disponible. Los coeficientes de ponderación, se obtuvieron consultándole a los técnicos en qué medida, cada subindicador, y debido al grado de impacto soportado, contribuía a la ocurrencia de la degradación antropogénica dentro de los Agroecosistemas focales. También, se solicitó a los técnicos, que el valor de los coeficientes, fuese asignado en una escala que iniciaba en el valor uno y finalizaba en el valor diez (Tabla 1).

Finalmente, el indicador compuesto fue sometido a su tercera, y última validación. Esta validación se realizó con el estándar de referencia actualizado por los técnicos. El estándar, mantuvo el gradiente de impacto por degradación antropogénica, expuesto inicialmente para las tres fincas. El resultado de la validación, volvió a ser satisfactorio. En total, el proceso de ponderación, constó de 4 entrevistas semiestructuradas; 2 en primera instancia, para actualizar el estándar de referencia, y 2 segunda instancia, para consultar los coeficientes de ponderación. Las dos entrevistas de consulta de coeficientes correspondieron a una de consulta, y la otra, de consulta a modo de revisión, obteniéndose en ambos casos los mismos valores numéricos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Indicador compuesto construido

Para poder evaluar el impacto de la degradación antropogénica dentro de los agroecosistemas estudiados, el indicador compuesto construido, está constituido por tres tipos de subindicadores: a) específicos, que describen situaciones precisas específicas de cada subsistema; b) generales, los cuales integran a los subindicadores específicos, y proporcionan una escala de análisis más amplia; c) sub-globales, los cuales describen la situación general y proporcionan una escala de análisis a nivel de subsistema. Estos tres tipos de subindicadores preceden al indicador compuesto, el cual describe la situación general de cada agroecosistema estudiado. Todos los indicadores descritos, en conjunto, constituyen un sistema de indicadores. Debido a la falta generalidad de información de referencia social, y a los acuerdos de confidencialidad establecidos con los propietarios, el grado de integración 2º, para los subindicadores, solo corresponde al Subsistema Biológico-Físico. El sistema de cálculo del indicador compuesto, corresponde a la aplicación de una serie ascendente de promedios ponderados. Dichos cálculos se aplican para hallar el valor numérico de cada subindicador hasta llegar al del indicador compuesto. El cálculo aplicado a lo largo de la serie, consiste en la sumatoria de las multiplicaciones realizadas entre valor de cada subindicador y su coeficiente de ponderación, dividida en el valor resultante de la sumatoria de los coeficientes.

Escala de medición

La escala de medición definida, el valor 0 corresponde a un impacto nulo (NI), en el que el Subsistema Biológico-Físico posee un estado climático natural totalmente conservado y sin intervención humana. Valores > 0 y < 1 corresponden a un impacto leve (IB), caracterizado por propiedades naturales del Subsistema Biológico-Físico conservadas, en las que las actividades que se realizan pueden ser sostenidas sin comprometer la conservación de la finca o ecosistema. Valores > 1 y < 2 corresponden a un impacto moderado (IM), caracterizado por un Subsistema Biológico-Físico con un estado natural degradado capaz de alcanzar la regeneración autógena si se somete a descanso y al manejo adecuado de las actividades realizadas, y con generación de pérdidas en la productividad ecológica y rendimiento económico de las actividades, pero recuperables bajo manejo adecuado del Subsistema Biológico-Físico y adecuado funcionamiento del resto de los subsistemas humanos.

Luego, el valor 2, corresponde al umbral de irreversibilidad. Los valores > 2 y < 3 corresponden al impacto crítico (IC), que implica un estado irrecuperable para los estados anteriores, a través de mecanismos biofísicos autógenos naturales, pero, que podría revertirse parcialmente o de manera cuasi total, mediante la intervención humana adecuada y un adecuado funcionamiento de todos los subsistemas. Para esto se requeriría intervención a corto, mediano y largo plazo para evitar pérdidas definitivas de las propiedades intrínsecas naturales del

Subsistema Biológico-Físico, y así poder mantener la viabilidad de las actividades económicas y productivas y la función de los mecanismos naturales de regeneración autógena.

Po último, los valores > 3 y < 4 corresponden a un impacto severo (IS), caracterizado por pérdidas o modificaciones cuasi totales de elementos estructurales y funcionales del Subsistema Biológico-Físico, pudiendo ser rehabilitados por intervención humana, para desarrollar solo actividades específicas de subsistencia efectivas a mediano y largo plazo, pero mediante una significativa inversión de tiempo, capital y energía al corto y mediano plazo. El valor 4 corresponde al impacto total (IT), estado de pérdida total de estructura y función natural para el Subsistema Biológico-Físico. En este estado se podría intentar la rehabilitación, para permitir a largo plazo usos específicos de subsistencia humana, pero mediante una altísima inversión de tiempo, dinero y energía. Sin embargo, serían escasas las probabilidades de subsistencia, para cualquier forma de vida.

Sistema de indicadores, estandarización y cálculo

1) *Subsistema biológico-físico*

A) Subindicadores específicos.

A.1) Cobertura vegetal: a) cobertura vegetal con enraizamiento (VR), situación en la que el suelo posee incorporado el tallo principal o base de ramificación de algún organismo vegetal vivo o muerto; b) cobertura vegetal sin enraizamiento (SR), situación en la que suelo está cubierto al contacto, por una o varias porciones, de uno o varios organismos vegetales vivos o muertos, enraizados o caídos; cobertura vegetal sin enraizamiento con cobertura vegetal aérea (SA), situaciones en la que el suelo está cubierto al contacto directo, por una o varias porciones de uno o varios organismos vegetales vivos, o muertos, enraizados o caídos y; por encima, y a distancias variables, una o varias porciones de uno o varios organismos vegetales vivos o muertos, enraizados o caídos; d) cobertura vegetal aérea (VA), situaciones en las que el suelo está cubierto por encima a distancias variables y sin estar en contacto su superficie, por una o varias porciones de uno o varios organismos vegetales vivos o muertos, enraizados o caídos. Rango de medición: 0% a 100% de suelo con cobertura vegetal. Escala de medida (4 es el estado con mayor impacto): 4- (0% a 25%); 3- (25% a 50%); 2- (50% a 75%); 1- (75% a 100%). Suelo sin cobertura vegetal (SC); definición: situaciones del suelo sin cobertura vegetal; rango de medición: 0% a 100% de suelo sin cobertura vegetal; escala de medida (4 es el estado con mayor impacto): 4- (75% a 100%); 3- (50% a 75%); 2- (25% a 50%); 1- (0,1% a 25%); 0- (0% a 0%).

A.2) Remoción de suelo: a) individuos en pedestal (IP), individuos con su sistema radicular incorporado a un montículo de suelo, con su superficie ubicada a mayor altura que la superficie del suelo dominante, situación resultado de la acción de los agentes de erosión hídrica y eólica (altura mayor a 15 cm); b) surcos de erosión hídrica (EH), depresiones canalizadas de la superficie del suelo, ocasionadas por la remoción de capas de sedimento llevada a cabo por agentes de erosión hídrica de acción horizontal y vertical y por el pisoteo del ganado (profundidad superior a 5 cm); c) hojarasca retenida (HR), porciones de organismos vegetales arrastradas por la acción del agua en movimiento sobre la superficie del suelo y acumuladas sobre organismos vegetales vivos o muertos enraizados o caídos; d) pisoteo de ganado (PG), marcas de huellas de ganado vacuno o caprino impresas en la superficie del suelo. Rango de medición: 0% a 100% del suelo afectado por erosión. Escala de medida (4 es el estado con mayor impacto): 4- (75% a 100%);

3- (50% a 75%); 2- (25% a 50%); 1- (0,1% a 25%); 0- (0%). Indicador específico: suelo sin signos de erosión (SE); rango de medición: 0% a 100% del suelo sin signos de erosión; escala de medida (4 es el estado con mayor impacto): 4- (0%); 3- (0,1% a 25%); 2- (25% a 50%); 1- (50% a 75%); 0- (75% a 100%).

B) Subindicadores generales.

B.1) Cobertura vegetal (CV) Definición: situaciones de la superficie del suelo afectada total o parcialmente por organismos vegetales, vivos o muertos, enraizados o no, en contacto directo con la superficie o sobre la misma, que contribuyen a la protección y fijación del suelo y evitan o reducen el efecto de los procesos de erosión hídrica, eólica o por pisoteo del ganado.

B.2) Remoción de suelo (RS). Definición: situaciones de la superficie del suelo afectado por signos de erosión hídrica o por pisoteo del ganado.

C) Subindicador sub-global (SSB).

2) *Subsistema conciencia social-ecológica.*

A) Subindicadores generales.

A.1) Consciencia integral del impacto degradativo (II). Definición: reconocimiento por parte del productor, de la integración del ser humano al sistema social-ecológico y su capacidad de modificarlo. Rango de medición: a) existencia (a1) o inexistencia (a2) de la concepción de la finca como parte integral del sistema social-ecológico; b) existencia (b1) o inexistencia (b2) de conocimiento del impacto de la actividad productiva en el bosque; c) existencia (c1), intención de aplicación (c2) o inexistencia (c3) de un plan de manejo; d) existencia (d1), intención de aplicación (d2) o inexistencia (d3) de potreros; e) el propietario desea mantener la actividad y conservar el bosque como fuente de recursos forrajeros (e1), desea mantener la actividad y conservar lo mínimo posible el bosque (e2) o realizar la actividad hasta que se agoten los recursos forrajeros (e3). Escala de medida: 4-a2b2c3d3e3; 3-a2b1c2d3e2; 2-a1b1c1d3e2; 1-a1b1c1d2e2; 0-a1b1c1d1e1.

A.2) Valoración del ecosistema natural (VE). Definición: valoración del ecosistema natural, aunque modificado, desde un valor puramente económico hasta uno que incluye el valor ecológico. Rango de medición: a) consideración (a1) o no (a2) por parte del productor del impacto negativo de la degradación sobre la actividad productiva y sobre el bosque a lo largo del tiempo; b) el productor posee tolerancia eventual a la pérdida de ingresos (b1), pretende estabilidad en los ingresos (b2), tiene intención de aumentar los ingresos (b3), intenta constante aumentar los ingresos (b4); c) el productor no excederá (c1), es poco probable que exceda (c2), excederá solo en situaciones de emergencia (c3), tiene la intención de exceder (4), excede constantemente (C5) la capacidad de carga máxima. Escala de medida: 4- a2b4c5; 3- a1b3c4; 2- a1b2c3; 1-a1b1c2; 0-a1b1c1.

A.3) Motivación para aplicar un plan de manejo (PM). Definición: razones por las que un productor implementa un plan de manejo, desde unas puramente económicas hasta ecológicas e incluyendo ambos tipos. Rango de medición: a) aplica (a1) o no aplica (a2) un plan de manejo; b) aplica un plan de manejo para conservar el bosque, aunque perciba ganancias eventualmente (b1), aunque eventualmente perciba

perdidas (b2), para mantener la actividad y las ganancias (b3); para aumentar las ganancias (b4), no está interesado en mantener la actividad y utilizará el recurso forrajero hasta que se agote (b5). Escala de medida: 4- a2b5; 3-a1b4; 2-a1b3; 1-a1b2; 0-a1b1.

B) Subindicador sub-global (SSC).

3) *Subsistema Económico-Productivo.*

A) Subindicadores generales.

A.1) Potreros activos (PA). Definición: subdivisiones perimetrales internas, instaladas para permitir la rotación del pastoreo a lo largo del año y en la totalidad del terreno abarcado por la finca y, consideradas en el plan de rotación vigente. Se consideran un mínimo de cuatro potreros, para permitir la rotación en función de las estaciones climáticas y permite períodos de descanso de las áreas de pastoreo de un año a otro. Escala de medida: 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4 o más).

A.2) Fuente de agua activa para uso animal (EA). Definición: fuentes de agua activas considerando un mínimo de una por finca, ya que este es el número mínimo que permitiría un efecto de pastoreo independiente en los potreros, y posibilidades de rotación de pastoreo a lo largo del año. Escala de medida: 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4).

A.3) Conformidad con la actividad (CA). Definición: preocupación del productor por el impacto de la actividad económica sobre el bosque, según su grado de satisfacción con la actividad desde el punto de vista económico. Rango de medición: a) totalmente (a1), parcialmente (a2) o no (a3) satisfecho con la actividad productiva; B) mantiene la actividad por placer (b1); para complementar otras (b2), es la única actividad económica que realiza (b3), planea abandonarla cuando agote los recursos forrajeros (b4); c) controla periódicamente (c1), ocasionalmente, (c2) no controla (c3) el impacto degradativo de la actividad en el bosque; d) mejora constantemente (d1), eventualmente mejora (d2) no mejora (d3) el plan de manejo. Escala de medida: 4- a3b4c3d3; 3- a2b3c3d3; 2-a2b3c3d2; 1- a2b2c2d2; 0- a1b1c1d1.

A.4) Aptitud económica de la actividad (AE). Definición: capacidad de la actividad económica, ya sea como actividad única o complementaria, de satisfacer las necesidades básicas del productor, los costos de acceso a servicios, incluida la salud y, de obtener las ganancias y ahorros netos esperados, conservando el ecosistema y manteniendo la actividad en el tiempo. Rango de medición: a) acceso total (100%) (a1), acceso parcial (50%) (a2), inacceso (0%) (a3), al ingreso neto esperado; b) Acceso (b1) o no (b2) al ahorro (*1), reinversión (*2) o ambos (*3); c) acceso (c1) o no (c2) a la satisfacción de necesidades básicas y servicios; d) deseo (d1), intento constante (d2), o mantenimiento (d3), del aumento de las ganancias, e) disminución (e1), mantenimiento (e2) o aumento (e3) del impacto sobre el bosque nativo. Escala de medida: 4- a3b2c2d3e3; 3- a2b2c1d2e2; 2-a2b1*1c1d1e2; 1- a2b1*2c1d1e2; 0- a2b1*3c1d1e1.

B) Subindicador sub-global (SSE). Fórmula: $SSE = (PA + EA + CA + AE) / 4$.

4) *Subsistema Institucional-Político.*

A) Subindicadores generales.

A.1) Asistencia técnica efectiva gubernamental (GT). Definición: otorgamiento de conocimiento técnico efectivo proveniente de instituciones estatales públicas, para promover una toma de decisiones de gestión, que impida o revierta los impactos de la degradación antropogénica. Rango de medición: ninguna, a más de 4 instituciones con jurisdicción. Escala de medición (número de instituciones con jurisdicción): 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4 o más).

A.2) Asistencia económica efectiva gubernamental (GE). Definición: otorgamiento de créditos o subsidios por parte de instituciones estatales públicas, para impulsar una toma de decisiones de gestión que impida y revierta los impactos de la degradación antropogénica. Rango de medición: ninguno, a más de 4 créditos o subsidios recibidos. Escala de medición (créditos o subsidios recibidos): 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4 o más).

A.3) Asistencia técnica efectiva extra-gubernamentales (ET). Definición: otorgamiento de conocimiento técnico efectivo proveniente de instituciones estatales públicas, para promover una toma de decisiones de gestión, que impida y revierta los impactos de la degradación antropogénica. Rango de medición: ninguna, a más de 4 instituciones con jurisdicción. Escala de medición (número de instituciones con jurisdicción): 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4 o más).

A.4) Asistencia económica efectiva extra-gubernamental (EE). Definición: otorgamiento de conocimiento técnico efectivo proveniente de instituciones estatales públicas, para promover una toma de decisiones de gestión que impida y revierta los impactos de la degradación antropogénica. Rango de medición: ninguno, a más de 4 créditos o subsidios recibidos. Escala de medición (créditos o subsidios recibidos): 4- (0); 3- (1); 2- (2); 1- (3); 0- (4 o más).

B) Subindicador sub-global (SSI).

5) *Indicador global (IGID).*

Integrador anual de parámetros biológicos-físicos

Con la finalidad de adaptar el volumen de la información numérica proveniente del Subsistema Biológico-Físico, a la precisada para la aplicación de las escalas de normalización, se desarrolló un integrador matemático, denominado Integrador Anual de Parámetros Biológicos-Físicos. El mismo, integra la variabilidad anual de la cobertura vegetal, provocada por las variaciones climáticas estacionales, ocurridas tanto en la estación seca, como en la húmeda. El integrador desarrollado, consiste en la ponderación por suma algebraica del valor en porcentaje presentado a campo por cada subindicador, ya sea durante la estación húmeda (IAH) o seca (IAS). Luego se multiplica en cada caso por un coeficiente calculado como la relación entre el número de meses de cada estación, húmeda y seca, dividido por los 12 meses del año. Así, el coeficiente para la estación húmeda tiene un valor adimensional de 0,42 (5 meses de la estación / 12 meses del año) mientras que la estación seca tiene un valor de 0,58 (7 meses de la estación / 12 meses del año) (Fórm. 1). Este estimador se desarrolló, por una parte, para poder captar el aporte de la variabilidad estacionalidad climática, a la variabilidad anual de las magnitudes de los parámetros biológicos-físicos observados. Por otra, para generar un valor único de los parámetros biológicos-físicos, que pueda convertirse en sustrato del sistema de normalización. Los criterios de elección del tipo de ponderación, fueron: a) sensibilidad a la variabilidad interanual de los parámetros biofísicos; b) naturaleza matemática sencilla; c) facilidad de cálculo e interpretación.

$$IAPB = 0,42 * (IAH) + 0,58 * (IAS) \quad (\text{Fórmula 1})$$

Tabla 1

Valores numéricos

Subindicadores generales	Coeficientes de ponderación		
	Finca 1	Finca 2	Finca 3
Cobertura vegetal	10	2	6
Remoción de suelo	2	1	7
Consciencia integral del impacto degradativo	5	2	9
Valoración del ecosistema natural	5	2	9
Motivación para aplicar un plan de manejo	5	2	9
Potreros activos	5	2	7
Fuentes de agua activas para uso animal	6	2	8
Conformidad con la actividad	5	3	9
Aptitud económica de la actividad	6	4	9
Asistencia técnica efectiva gubernamental	7	2	9
Asistencia económica efectiva gubernamental	7	2	9
Asistencia técnica efectiva extra-gubernamental	7	2	9
Asistencia económica efectiva extra-gubernamental	7	2	9

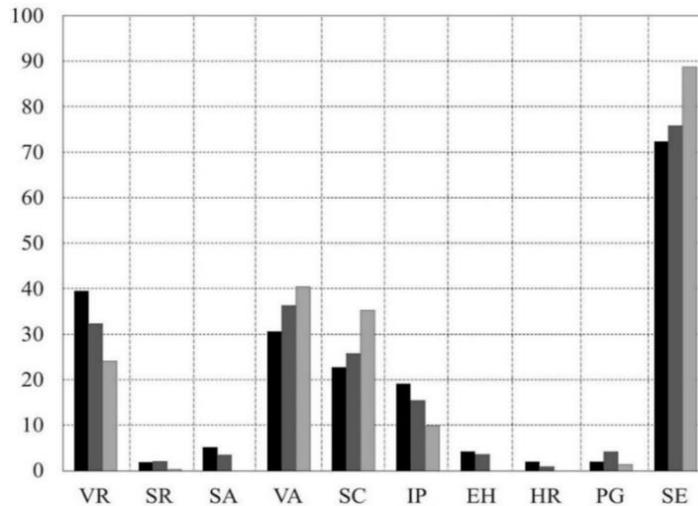
Nota. Coeficientes de ponderación para subindicadores generales de impacto por degradación antropogénica, en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva, bajo condiciones de manejo diferencial, en la zona central-oeste del Chaco Árido, en San Juan, Argentina.

Análisis del impacto por degradación antropogénica

A partir de la aplicación del diseño de estudio, se obtuvieron los valores de impacto por degradación para las tres fincas estudiadas y sus respectivos subsistemas. Específicamente para el subsistema Biológico-Físico, los valores obtenidos a campo y su posterior simplificación a través del Integrador Anual de Parámetros Biológicos-Físicos (Fig. 1), permitió obtener los valores de los subindicadores específicos para el subsistema que los alberga (Fig. 2). Así, se pudo completar la obtención de los valores numéricos para el resto de los subindicadores generales (Fig.3), subindicadores subglobales (Fig. 4) y del indicador compuesto (Fig. 5).

Figura 1

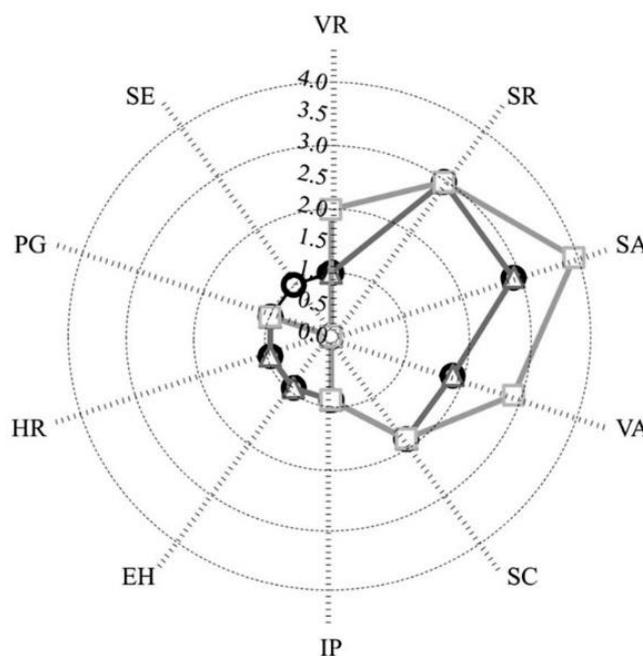
Gráfico de barras



Nota. las series de datos corresponden con los valores numéricos anuales, obtenidos para el integrador anual de parámetros biológicos-físicos en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva bajo condiciones de manejo diferencial en la zona central-oeste de la ecorregión Chaco Árido en San Juan, Argentina; y siendo: (VR) Cobertura vegetal con enraizamiento, (SR) Cobertura vegetal sin enraizamiento, (SA) Cobertura vegetal sin enraizamiento con cobertura vegetal aérea, (VA) Cobertura vegetal sin enraizamiento con cobertura vegetal aérea, (SC) Sin cobertura vegetal aérea, (IP) Individuos en pedestal, (EH) Surcos de erosión hídrica, (HR) Hojarasca retenida, (PG) Pisoteo de ganado, (SE) Suelo sin signos de erosión. El color negro, representa la finca 1; el color gris oscuro, la finca 2, y el color gris claro, la finca 3.

Figura 2

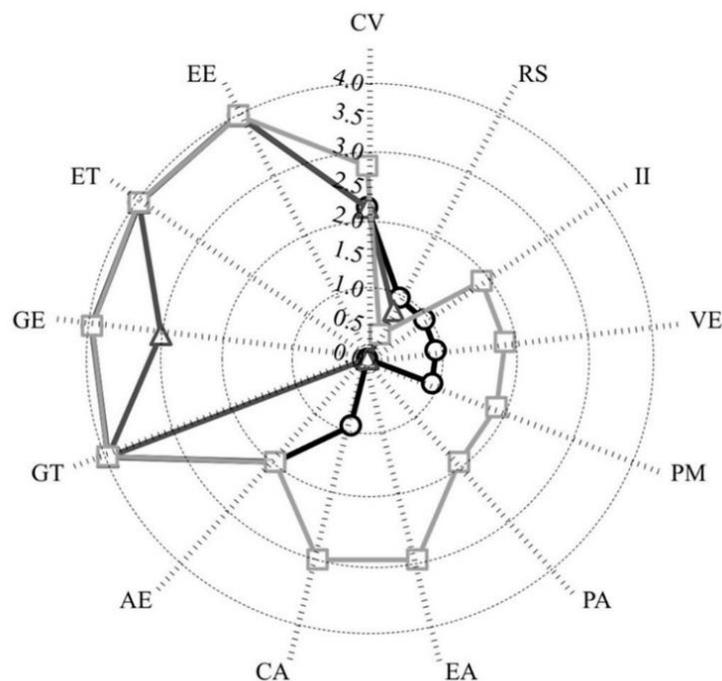
Gráfico de radar



Nota. Las series de datos corresponden con los valores numéricos anuales obtenidos para subindicadores específicos de impacto por degradación para el Subsistema Biológico-Físico en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva bajo condiciones de manejo diferencial en la zona central-oeste de la ecorregión Chaco Árido, en San Juan, Argentina; siendo: (VR) Cobertura vegetal con enraizamiento, (SR) Cobertura vegetal sin enraizamiento, (SA) Cobertura vegetal sin enraizamiento con cobertura vegetal aérea, (VA) Suelo con cobertura vegetal aérea, (SC) Suelo sin cobertura vegetal, y (IP) Individuos en pedestal, (EH) Surcos de erosión hídrica, (HR) Hojarasca retenida, (PG) Pisoteo de ganado, (SE) Suelo sin signos de erosión. La serie de datos representados con un círculo, corresponden a la finca 1; con un triángulo, a la finca 2; y con un cuadrado, a la finca 3.

Figura 3

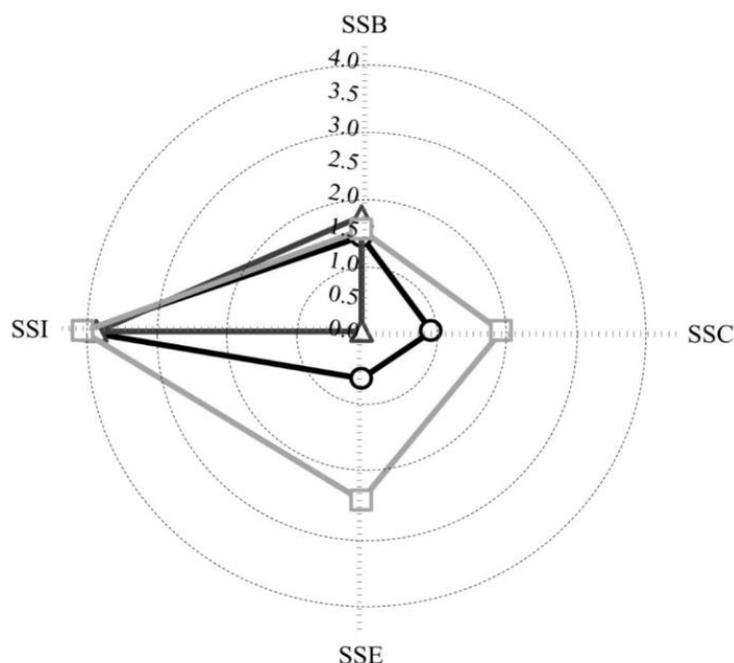
Gráfico de radar



Nota. Las series de datos corresponden a los valores numéricos anuales obtenidos para subindicadores generales de impacto por degradación, en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva sobre el ecosistema natural bajo condiciones de manejo diferencial en la zona central-oeste de la ecorregión Chaco Árido, en San Juan, Argentina; siendo: (CV), Cobertura vegetal, y (RS), Remoción de suelo, como subindicadores para el Subsistema Biológico-Físico; (II) Conciencia integral del impacto degradativo, (VE) Valoración del ecosistema natural, (PM) Motivación para aplicar un plan de manejo, como subindicadores para el Subsistema Conciencia Social-Ecológica; (PA) Potreros activos, (EA) Pozo de extracción de agua activo para uso animal, (CA) Conformidad con la actividad, y (AE) Aptitud económica de la actividad, como subindicadores para el Subsistema Económico-Productivo; y (GT) Asistencia técnica efectiva de organismos públicos gubernamentales, (GE) Asistencia económica efectiva de organismos públicos gubernamentales, (ET) Asistencia técnica efectiva de organismos públicos extra-gubernamentales, (EE) Asistencia económica efectiva de organismos públicos extra-gubernamentales, como subindicadores para el Subsistema Institucional-Político. La serie de datos representada con un círculo, corresponden a la finca 1; con un triángulo, a la finca 2; y con un cuadrado, a la finca 3.

Figura 4

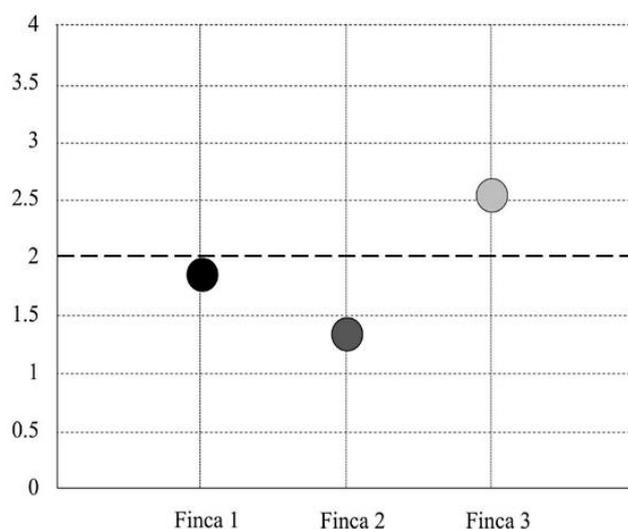
Gráfico de radar



Nota. Las series de datos, corresponden a los valores numéricos anuales obtenidos para subindicadores sub-globales de impacto por degradación, en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva sobre el subsistema Biológico-Físico, bajo condiciones de manejo diferencial en la zona central-oeste de la ecorregión Chaco Árido en San Juan, Argentina; siendo: a) SSB, Subsistema Biológico-Físico; SSC, Subsistema Conciencia Social-Ecológica; c) SSE, Subsistema Económico-Productivo; d) SSI, Subsistema Institucional-Político. La serie de datos representada con un círculo, corresponde a la finca 1; con un triángulo, a la finca 2; y con un cuadrado, a la finca 3.

Figura 5

Gráfico de dispersión



Nota. Las esferas corresponden con los valores numéricos anuales obtenidos para el indicador global de impacto por degradación antropogénica, en tres fincas con aplicación de ganadería extensiva, bajo condiciones de

manejo diferencial en la zona central-oeste de la ecorregión Chaco Árido en San Juan, Argentina; representando la línea guionada gruesa, el umbral de crisis o irreversibilidad.

Conforme a los valores obtenidos para el IGID, la finca 1 mostró un impacto moderado con riesgo de degradación crítica, lo que indica la necesidad de estudio e intervención adecuada a corto plazo en cada subsistema para evitar cambios irreversibles en el Subsistema Biológico-Físico principalmente y en la finca en su conjunto, con análisis previo de estado del subsistema y con suspensión momentánea de actividades hasta descartar el riesgo de degradación crítica. La finca 2 exhibió un impacto de degradación moderado, sin riesgo de degradación crítica, lo que permite el uso normal del subsistema Biológico-Físico y el funcionamiento del sistema finca como se lleva a cabo, pero bajo monitoreo permanente, para evitar potenciales situaciones de degradación crítica. Para la finca 3 el indicador compuesto global, superó el umbral de crisis, mostrando riesgo de impacto severo. Esto revela la necesidad de la detención total de las actividades, y de estudio profundo a corto plazo, para definir el máximo de carga para este estado, y así, por un lado, desarrollar la actividad en el mínimo nivel posible y permitir la regeneración del bosque natural y la corrección del funcionamiento en el resto de los subsistemas, y por otro, evitar el avance de los cambios irreversibles y la pérdida de continuidad de la actividad (ver Fig. 5).

4. DISCUSIÓN

A pesar de la escasez y generalidad de la información de base, y de la ausencia de un procedimiento específico precedente, el procedimiento de evaluación integral propuesto, pudo aplicarse efectivamente. Este hecho confirma la primera hipótesis de esta investigación, que sostiene que es posible aplicar una evaluación integral a través de un indicador compuesto y sensible al impacto de la degradación antropogénica dentro de los Agroecosistemas estudiados. El procedimiento de evaluación propuesto, por un lado, permitió el abordaje efectivo de la complejidad y variabilidad multisistema de los Agroecosistemas estudiados. Además, permitió identificar estados de degradación, necesidades de estudio e intervención y un orden de prioridades en tiempo para llevar a cabo las intervenciones y así contribuir al mantenimiento o recuperación de la viabilidad de los Agroecosistemas y su conservación. Ambos atributos, constituyen resultados satisfactorios para esta investigación, y refuerzan las propiedades atribuidas a la metodología precedente de abordaje integral, ya que concuerda con los objetivos generales de las evaluaciones integrales, que son estudiar las causas o efectos de fenómenos complejos y generar información integral, integrada y útil, para la toma de decisiones de gestión (Hamilton et al., 2015; Levin et al., 2009; Tàbara, 2003). Además, y confirmando la segunda hipótesis de esta investigación, los resultados obtenidos, exponen el mismo escenario de impactos múltiples por Degradación antropogénica, que sugiere la evidencia científica precedente (Moreno, 2010; García & Díaz, 2009; Marquez et al., 2009).

Adicionalmente, el hecho de una aplicación efectiva del procedimiento propuesto, concuerda y potencia los atributos acumulados para el uso de indicadores en evaluaciones integrales, que incluyen la simplificación de la información del comportamiento de un proceso en sistema complejo, para facilitar la toma de decisiones de gestión (García et al., 2016; Winograd, 1995), la comparación de estados de procesos o de Sistemas Sociales-Ecológicos (Gallopín, 1996; JREC, 2008).

Con respecto al diseño de estudio, los métodos mixtos utilizados, como lo sugiere la evidencia científica precedente, permitieron el abordaje de la complejidad social y ecológica de los Sistemas Sociales-Ecológicos (Okpara et al., 2018). Además, y como se espera teóricamente del enfoque de evaluación participativa, el diseño

de estudio aplicado, permitió una intervención efectiva de las partes involucradas, para la definición del procedimiento de evaluación a partir de métodos preexistentes, específicamente a través de indicadores (Abraham et al., 2006; Bautista et al., 2017; Reed et al., 2008).

En lo que concierne a la viabilidad de aplicación, la flexibilidad del procedimiento utilizado, permitió articular exitosamente la disponibilidad de tiempo de los actores sociales para participar del estudio, y la estructura metodológica predefinida. Además, permitió completar la adaptación de los métodos utilizados, a los objetivos de estudio, y a las preferencias de uso final de los potenciales usuarios, como lo sugieren estudios precedentes (Coteur et al., 2018; Ewert et al., 2009; Ittersum et al., 2008). Gracias a dichos atributos, el indicador compuesto generado y los métodos de construcción utilizados, como es sugerido por el constructo teórico preexistente, condujeron efectivamente a la captación y medición de la complejidad multisistema de un sistema social-ecológico (Becker et al., 2017; JREC, 2008), reforzando esta cualidad para las metodologías basadas en el uso de indicadores o índices compuestos. En el mismo sentido, el indicador compuesto construido y utilizado, permitió el abordaje efectivo integral de un Agroecosistema, al igual que la metodología utilizada como base lógica (Sarandón & Flores, 2009; Sarandón et al., 2006). Además, los atributos de flexibilidad e iteración del diseño de estudio aplicado, permitieron superar la interrupción metodológica generada por la pandemia de COVID-19.

Con respecto al atributo exclusivo del procedimiento propuesto, el pequeño volumen de datos utilizado y resultante, evita el uso de análisis estadísticos o matemáticos complejos, como los análisis de incertidumbre, ponderación o agregación geométrica. Dichos métodos, de acuerdo a los objetivos del estudio desarrollado, carecerían de utilidad para el mismo, al buscar un uso público abierto. Además, de acuerdo con el objetivo de incrementar el entendimiento público del procedimiento, es seguro decir que un usuario potencial, que utiliza rutinariamente conocimiento netamente práctico, entendería más fácilmente la metodología propuesta, que una que incluya diversos análisis científicos estadísticos y matemáticos complejos plausibles de uso. Si bien, a futuro, los análisis más complejos, podrían ser de utilidad con una mayor cantidad de información de base disponible, para aumentar la precisión de los resultados; como se discute acá, un procedimiento con potencial de uso público, debe prescindir de ellos.

Como se explicó entonces, el atributo de simplificación del análisis numérico, genera más posibilidades de comprensión y uso público abierto para el procedimiento de evaluación propuesto. Por un lado, esta cualidad está alineada con la necesidad de mejorar la comunicación pública de la información técnico-científica (JREC, 2008; Schiller et al., 2001), y, por ende, con la de dar utilidad práctica a la información científica, para la toma de decisiones de gestión. Por otro lado, promueve la agilidad de las contramedidas frente a la degradación antropogénica. En primer lugar, porque promueven trabajos de medición del fenómeno llevados cabo por equipos numerosos, al poder incluir personas con distintos niveles y tipos de formación. Y, en segundo lugar, porque facilitan la adquisición de mayores volúmenes de información en menor cantidad de tiempo y, por ende, una mayor precisión en los resultados obtenidos mediante investigación, y así, una mayor efectividad de las acciones de gestión.

Cabe aclarar, y retomando un sentido científico, que el indicador compuesto, mostró una validación exitosa habiendo incluido la ponderación de los subindicadores, y no habiéndola aplicado. Por lo que se le puede atribuir al método de cálculo, una flexibilidad parcial aceptable, pues permite mantener su efectividad ante la

falta de información, y lo hace así, más plausible y factible de uso, dentro de escenarios de investigación con información escasa.

Con respecto a las debilidades del procedimiento propuesto, existe una urgente necesidad de estudios centrados en la estructura y funcionamiento ecológico del bosque nativo de la zona del Chaco Árido abordada, con el fin de definir con mayor precisión los umbrales de irreversibilidad y los coeficientes de ponderación. Dicha información es prioritaria ya que el Subsistema Biofísico es el que define en primer lugar la capacidad de carga de los Agroecosistemas. No obstante, y a pesar de las debilidades metodológicas descritas, las alertas emitidas por el procedimiento propuesto, deberían igualmente ser atentamente tenidas en cuenta, siguiendo un criterio precautorio, al momento de la toma de decisiones de gestión. Para profundizar la comprensión de la metodología utilizada, se pueden consultar estudios con lógicas similares de evaluación (Crocco et al., 2020; Otta et al., 2016).

Por último, en lo que concierne a la replicabilidad de la metodología aplicada, la misma puede ser extrapolada directamente para conocer los impactos de la degradación antropogénica en cualquier Agroecosistema con aplicación de ganadería extensiva, en un ambiente de bosque nativo de zona árida, y con un régimen de tenencia de la tierra unipersonal e idénticas condiciones institucionales. No obstante, si las variables sociales cambiaran, los subindicadores del Subsistema Económico-Productivo, Institucional-Político y de la Consciencia Social-Ecológica, deberían ser revisados y adaptados correspondientemente. En particular, la metodología utilizada para muestrear y estandarizar los Parámetros Biológicos-Físicos, puede ser utilizada *per se* en cualquier ecosistema, o unidades de paisaje dentro de él, para medir y comparar sus estados, siempre y cuando sea compatible con los objetivos de estudio y se utilice para evaluar la degradación antropogénica desde un criterio netamente físico. En caso contrario, puede ser adaptada también, para ser utilizada conservando su lógica.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, muestran que impacto de la degradación antropogénica es un hecho en las fincas estudiadas. Los valores del indicador compuesto global revelaron que una de las fincas sufre un impacto crítico con riesgo de impacto severo. Esto la ubica por encima del umbral de irreversibilidad, indicando la necesidad de la detención total de las actividades y de estudio profundo a corto plazo, para definir la capacidad de carga máxima actual, y así, las intervenciones y uso adecuado, para evitar el avance de los cambios irreversibles y asegurar la conservación en primera instancia, y la viabilidad del Agroecosistema. Sin bien las otras dos fincas, no cruzaron el umbral de irreversibilidad, una de estas, exhibió un impacto global moderado con riesgo de degradación crítica. Dicha situación evidencia la necesidad suspensión momentánea de actividades hasta descartar riesgo crítico, y de estudio e intervención adecuada a corto plazo en cada subsistema, para evitar cambios irreversibles en la finca en su conjunto y promover así su viabilidad futura. La finca restante, mostro un impacto de degradación moderado sin riesgo de degradación crítica, situación que admite un uso normal del Agroecosistema, pero con monitoreo permanente, para descartar situaciones futuras de degradación irreversible.

El procedimiento de evaluación integral desarrollado, constituye un camino plausible y una herramienta efectiva para abordar y sintetizar la complejidad multisistémica de un Agroecosistema y medir el impacto de la Degradación antropogénica. En particular, y, en primer lugar, el procedimiento desarrollado, permitió conocer la magnitud del impacto de la degradación antropogénica en los múltiples subsistemas de los Agroecosistemas

estudiados, y comparar dichas magnitudes entre sí. Esto otorga información de una "ventana de estudio" clave, la escala local, para una comprensión profunda de los procesos ascendentes o disparadores de la degradación antropogénica. En segundo lugar, permitió conocer el riesgo de ocurrencia de impactos de mayor magnitud, para cada uno de los diferentes estados de degradación identificados. De esta manera, constituyo una guía precisa para la elección de acciones de gestión efectivas, en conjunto con el establecimiento de un orden de prioridades en el tiempo para la definición de las intervenciones adecuadas, y en función de la magnitud del impacto y riesgos detectados. En tercer lugar, el potencial de uso público del procedimiento desarrollado, promueve acciones de medición masiva de los impactos de la degradación antropogénica, al poder ser aplicado por personas con distintos niveles de formación. En síntesis, el procedimiento de evaluación integral desarrollado, contribuye por su efectiva aplicación y atributos específicos, al mantenimiento o recuperación de la viabilidad, y a la conservación de los Agroecosistemas, especialmente de zonas áridas, los más vulnerables ante la acción de la degradación antropogénica.

Agradecimientos

Al Dr. Esteban Tápela, Dr. Emérito Ula Karlin y Dr. Roberto Fernández Alducín por el apoyo científico brindado. En especial al Dr. Marcos Karlin por el asesoramiento específico. Al PETAS (Programa de Estudios del Trabajo, el Ambiente y la Sociedad) del Instituto de Investigaciones Socio-Económicas de la Universidad Nacional de San Juan de Argentina por el apoyo científico y técnico prestado. Al Ing. Gabriel Zerpa, consultor agrícola privado, por el apoyo técnico brindado en el trabajo de campo y por las entrevistas. A los técnicos de la Reserva de Usos Múltiples Valle Fértil. A Pablo Vitale, jefe de Agencia del INTA Valle Fértil (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) por las entrevistas. Al gestor agropecuario Carlos de Oro, por la ayuda en el trabajo de campo. A los propietarios de fincas, al exgerente de emprendimientos productivos privados e investigadores independientes. Al Lic. Jesús Pizarro por la ayuda en el trabajo de campo y las entrevistas. Al Dr. Raúl Tapia por la revisión del manuscrito.

Conflicto de intereses / Competing interests:

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

Rol de los autores / Authors Roles:

No aplica

Fuentes de financiamiento / Funding:

El autor declara que recibió financiamiento para la realización de la investigación, por del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina, a través de una beca doctoral.

Aspectos éticos / legales; Ethics / legals:

El autor declara no haber incurrido en aspectos antiéticos, ni haber omitido aspectos legales en la realización de la investigación.

REFERENCIAS

- Abraham, E. (2006). Indicadores de desertificación para Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador y Perú. In E. Abraham & G. Beekman (Eds.), *Indicadores de la desertificación para America del Sur* (p. 347). LaDyOT– IADIZA–CONICET. https://www.mendoza-conicet.gov.ar/ladyot/publicaciones/libro_bid/archi_dpf/189.pdf
- Abraham, E. M. (2009). Enfoque y evaluación integrada de los problemas de desertificación An integrated assessment approach to desertification problems. *Zonas Áridas*, 13(1), 9–24.
- Abraham, Montaña, E., & Torres, L. (2006). Desertificación e indicadores: posibilidades de medición integrada de fenómenos complejos. *Scripta Nova*. <https://cutt.ly/rwPgU3D3>
- Alzerreca, H., & Genin, D. (1992). *Los Sistemas Ganaderos De La Zona Andina Boliviana: Del Concepto A Una Caracterización (Informe N° 30)*.

- Arodudu, O., Helming, K., Wiggering, H., & Voinov, A. (2017). Towards a more holistic sustainability assessment framework for agro-bioenergy systems — A review. In *Environmental Impact Assessment Review* (Vol. 62, pp. 61–75). <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.07.008>
- Bauer, S., & Stringer, L. C. (2009). The role of science in the global governance of desertification. *Journal of Environment and Development*, 18(3), 248–267. <https://doi.org/10.1177/1070496509338405>
- Bautista, S., Llovet, J., Ocampo-Melgar, A., Vilagrosa, A., Mayor, Á. G., Murias, C., Vallejo, V. R., & Orr, B. J. (2017). Integrating knowledge exchange and the assessment of dryland management alternatives – A learning-centered participatory approach. *Journal of Environmental Management*, 195, 35–45. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2016.11.050>
- Becerril-Piña, R., & Mastachi-Loza, C. A. (2021). *Desertification: Causes and Countermeasures*. 219–231. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95981-8_81
- Beck, H. E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2020). Publisher Correction: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution (Scientific Data, (2018), 5, 1, (180214), 10.1038/sdata.2018.214). *Scientific Data*, 7(1), 1–2. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00616-w>
- Becker, W., Paruolo, P., Saisana, M., & Saltelli, A. (2017). Weights and importance in composite indicators: Mind the gap. In *Handbook of Uncertainty Quantification* (pp. 1187–1216). https://doi.org/10.1007/978-3-319-12385-1_40
- Callela, H. F., & Corzo, R. R. (2006). *El Chaco Árido de La Rioja. Vegetación Y Suelos. Pastizales Naturales: Vol. No. F01 IN. INTA*. https://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=1125707015420376873&hl=es&as_sdt=0,5
- Carugi, C. (2016). Experiences with systematic triangulation at the Global Environment Facility. *Evaluation and Program Planning*, 55, 55–66. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2015.12.001>
- Conti. (2008). *Biological monitoring: theory & applications: bioindicators and biomarkers for environmental quality and human exposure assessment*. WITpress.
- Coteur, I., Marchand, F., Debruyne, L., Dalemans, F., & Lauwers, L. (2016). A framework for guiding sustainability assessment and on-farm strategic decision making. *Environmental Impact Assessment Review*, 60, 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.003>
- Creswell, J., & Poth, C. (2016). Qualitative inquiry and reserch design: choosing among five approaches. In *SAGE Publications* (Fourth Edition, Vol. 3). SAGE Publication.
- Creswell J.W., & Creswell J.D. (2017). *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Fifth). SAGE Publication. https://scholar.google.com.ar/scholar?cluster=5941254364905912610&hl=es&as_sdt=0,5
- Crocco, J. C., Greco, S., Tapia, R., & Martinelli, M. (2020). Uso de indicadores como herramienta para medir la sustentabilidad en agroecosistemas de tierras áridas, San Juan, Argentina. *Revista de La Facultad de*

- Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 52(1), 190–209.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652020000100015&script=sci_arttext&lng=en
- D’Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326–344.
<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>
- De Neufville, J. I. (1978). Validating policy indicators. *Policy Sciences*, 10(2–3), 171–188.
<https://doi.org/10.1007/BF00136034>
- Eswaran, H., Lal, R., & Reich, P. F. (2019). Land degradation: An overview. *Response to Land Degradation*, 20–35. <https://doi.org/10.1201/9780429187957-4/LAND-DEGRADATION-OVERVIEW-ESWARAN-LAL-REICH>
- Ewert, F., Ittersum, M. K. Van, Bezlepkina, I., & Therond, O. (2009). A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment of policy impacts in agriculture A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment in agriculture. *Environmental Science and Policy, January*.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2009.02.005>
- Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N. D., O’Connell, C., Ray, D. K., West, P. C., Balzer, C., Bennett, E. M., Carpenter, S. R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., ... Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Forni, P., & Grande, P. (2020). Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas. *Revista Mexicana de Sociología*, 82(1), 159–189.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-25032020000100159&lng=es&nrm=iso&lng=es
- Gallopín, G. C. (1996). Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A systems approach. *Environmental Modeling & Assessment*, 1(3), 101–117.
<https://doi.org/10.1007/bf01874899>
- Gao, Y., Zhong, B., Yue, H., Wu, B., & Cao, S. (2011). A degradation threshold for irreversible loss of soil productivity: A long-term case study in China. *Journal of Applied Ecology*, 48(5), 1145–1154.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02011.x>
- Garcia, S., Cintra, Y., Rita de Cássia, S. R., & Lima, F. G. (2016). Corporate sustainability management: a proposed multi-criteria model to support balanced decision-making. *Journal of Cleaner Production*, 136(136), 181–196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.110>
- García, Z. E., & Díaz, V. (2009). *Dinámica sociodemográfica y desertificación : el caso de Valle Fértil . Provincia de San.*
- Geist, H. J., & Lambin, E. F. (2004). Dynamic Causal Patterns of Desertification. *BioScience*, 54(9), 817.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0817:dcpod\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0817:dcpod]2.0.co;2)

- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, J., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Revista Ecosistemas*, 16(1), 13–23. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/134>
- Guber, R. (2004). *El salvaje metropolitano: reconstrucción del conocimiento social en el trabajo de campo*. PAIDÓS SAICF. <https://cutt.ly/KwPgIjpZ>
- Guetterman, T. C., & Fetters, M. D. (2018). Two Methodological Approaches to the Integration of Mixed Methods and Case Study Designs: A Systematic Review. *American Behavioral Scientist*, 62(7), 900–918. <https://doi.org/10.1177/0002764218772641>
- Gustafsson, J. (2017). Single case studies vs. multiple case studies: A comparative study. *Academy of Business, Engineering and Science Halmstad University, Sweden*, 1–15. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1064378>
- Hamilton, S. H., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Elsayah, S., Guillaume, J. H. A., Jakeman, A. J., & Pierce, S. A. (2015). Integrated assessment and modelling : Overview and synthesis of salient dimensions Environmental Modelling & Software Integrated assessment and modelling : Overview and synthesis of salient dimensions. *Environmental Modelling and Software*, 64(October 2017), 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.12.005>
- Harrington, R., Anton, C., Dawson, T. P., de Bello, F., Feld, C. K., Haslett, J. R., Kluge, T., Kontogianni, A., Lavorel, S., Luck, G. W., Rounsevell, M. D. A., Samways, M. J., Settele, J., Skourtos, M., Spangenberg, J. H., Vandewalle, M., Zobel, M., & Harrison, P. A. (2010). Ecosystem services and biodiversity conservation: Concepts and a glossary. *Biodiversity and Conservation*, 19(10), 2773–2790. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9834-9>
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc-Graw Hill. <https://cutt.ly/mwPglmls>
- Huber-Sannwald, E., Palacios, M. R., Moreno, J. T. A., Braasch, M., Peña, R. M. M., Verduzco, J. G. de A., & Santos, K. M. (2012). Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social-ecological systems: A case study from Mexico. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1606), 3158–3177. <https://doi.org/10.1098/RSTB.2011.0349>
- Ittersum, M. K. Van, Ewert, F., Heckeley, T., Wery, J., Alkan, J., Andersen, E., Bezlepikina, I., Brouwer, F., Donatelli, M., Flichman, G., Olsson, L., Rizzoli, A. E., Wal, T. Van Der, Erik, J., & Wolf, J. (2008). *Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS)*. 96, 150–165. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2007.07.009>
- Jha, R. K., & Gundimeda, H. (2019). International Journal of Disaster Risk Reduction An integrated assessment of vulnerability to floods using composite index – A district level analysis for Bihar , India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35(January), 101074. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101074>

- Joint Research Centre-European Commission. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. In Joint Research Centre-European Commission (Ed.), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Karlin, M. S., Karlin, U. O., Coirini, R. O., Reati, G. J., & Zapata, R. M. (2013). *El Chaco Árido*. Universidad Nacional de Córdoba -Editorial Encuentro. <https://cutt.ly/8wPgIDSS>
- Kaufman, C. E., & Ramarao, S. (2005). Community confidentiality, consent, and the individual research process: Implications for demographic research. In *Population Research and Policy Review* (Vol. 24, Issue 2, pp. 149–173). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11113-004-0329-9>
- Kiruki, H. M., van der Zanden, E. H., Malek, Ž., & Verburg, P. H. (2017). Land Cover Change and Woodland Degradation in a Charcoal Producing Semi-Arid Area in Kenya. *Land Degradation and Development*, 28(2), 472–481. <https://doi.org/10.1002/ldr.2545>
- Kouassi, J. L., Gyau, A., Diby, L., Bene, Y., & Kouamé, C. (2021). Assessing land use and land cover change and farmers' perceptions of deforestation and land degradation in south-west Côte d'Ivoire, West Africa. *Land*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/land10040429>
- Krajnc, D., & Glavič, P. (2005). *A model for integrated assessment of sustainable development*. January. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.06.002>
- Levin, P. S., Fogarty, M. J., Murawski, S. A., & Fluharty, D. (2009). Integrated ecosystem assessments: Developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *PLoS Biology*, 7(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000014>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A. N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C. L., Schneider, S. H., & Taylor, W. W. (2007). Complexity of Coupled Human and Natural Systems. *Science*, 317(5844), 1513–1516. <https://doi.org/10.1126/science.1144004>
- Marquez, J., Pastran, M., Ortiz, S., Varela, S., & Sanchez, V. (2009). Procesos de deterioro ambiental en el Chaco Árido sanjuanino. *Geomorfología y Cambio Climático*. Instituto de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Tucumán., 119–136.
- McDonagh, J. (2007). *Manual de Evaluación Local de la Degradación de Tierras Áridas (LADA-L)* (p. 87). LADA Project, Land Degradation Assessment in Dryland.
- MEA. (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis. In *Millennium Ecosystem Assessment*. <https://doi.org/ISBN:1-56973-590-5>
- Mendizábal, N. (2006). Los componentes del diseño flexible en la investigación cualitativa. In I. Basilachis de Gialdino (Ed.), *Estrategias de Investigación Cualitativa* (p. 277). Editorial Gedisa, S.A. <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2018/08/Unidad-4-Investigacion-Cualitativa.pdf>

- Meul, M., Nevens, F., & Reheul, D. (2009). Validating sustainability indicators: Focus on ecological aspects of Flemish dairy farms. *Ecological Indicators*, 9(2), 284–295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.05.007>
- Meul, M., Passel, S. Van, Nevens, F., Dessein, J., Rogge, E., Meul, M., Passel, S. Van, Nevens, F., Dessein, J., & Rogge, E. (2008). *MOTIFS : a monitoring tool for integrated farm sustainability To cite this version : HAL Id : hal-00886415 MOTIFS : a monitoring tool for integrated farm sustainability.*
- Moldan, B., Janoušková, S., Indicators, T. H.-E., & 2012, U. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Molina-Azorín, J. F., & López-Gamero, M. D. (2016). Mixed methods studies in environmental management research: Prevalence, purposes and designs. *Business Strategy and The Environment*, 25(2), 134–148. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/bse.1862>
- Moreno, W. (2010). Un campo en disputa: la política social focalizada en un ambiente desertificado. El caso del Plan Manos a la Obra. *Rev IISE*, 2(2), 71–78.
- Municipio Valle Fertil. (2011). *Evaluación del sistema productivo de ganado caprino local y propuesta de mejoramiento integral para el Departamento Valle Fértil de la provincia de San Juan. Estudio 1.EG.193 (EEG). Informe final. Tomo 1. Resumen Ejecutivo.* Municipalidad de Valle Fértil. Gobierno de San Juan. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas. Secretaría de Política Económica. Dirección Nacional de Reinversión. Programa Multisectorial de Preinversión III. BID.
- Municipio Valle Fertil. (2017). *Diagnóstico Departamental. Departamento Valle Fertil. Provincia de San Juan. Argentina.* (p. 393). Municipalidad de Valle Fertil. Secretaria de Planificación Territorial. Gobierno de San Juan.
- Okpara, U. T., Stringer, L. C., Akhtar-Schuster, M., Metternicht, G. I., Dallimer, M., & Requier-Desjardins, M. (2018). A social-ecological systems approach is necessary to achieve land degradation neutrality. *Environmental Science and Policy*, 89, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.07.003>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Otta, S., Quiroz, J., Juaneda, E., Salva, J., Viani, M., & Filippini, M. F. (2016). Evaluación de sustentabilidad de un modelo extensivo de cría bovina en Mendoza, Argentina. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(1), 179–195.
- Passera, C., Dalmasso, A., & Borsetto, O. (1983). *Método de Point Quadrat modificado. Informe del Taller sobre arbustos forrajeros de zonas áridas y semiáridas.* <https://cutt.ly/WwPg11TI>
- Petrova, E., Dewing, J., & Camilleri, M. (2016). Confidentiality in participatory research: Challenges from one study. *Nursing Ethics*, 23(4), 442–454. <https://doi.org/10.1177/0969733014564909>



- Reed, M. S., Dougill, A. J., & Baker, T. R. (2008). Participatory indicator development: What can ecologists and local communities learn from each other? *Ecological Applications*, 18(5), 1253–1269. <https://doi.org/10.1890/07-0519.1>
- Reynolds, J. F., & Stafford Smith, D. M. (2002). Do Humans Cause Deserts? *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?*, JANUARY 2002, 1–21.
- Sala, S., Ciuffo, B., & Nijkamp, P. (2015). A systemic framework for sustainability assessment. *Ecological Economics*, 119, 314–325. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.09.015>
- Salvati, L., Scarascia, M. E. V., Zitti, M., Ferrara, A., Urbano, V., Sciortino, M., & Giupponi, C. (2009). The integrated assessment of land degradation. *Italian Journal of Agronomy*, 4(3), 77–90. <https://doi.org/10.4081/ija.2009.3.77>
- Sarandón, & Flores, C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. <https://doi.org/E-Book>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. (2009a). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19–28. <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117131>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2009b). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 19–28.
- Sarandón, Zuluaga, M. S., Cieza, R., Gómez, C., & Janjetic, L. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en misiones, argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1, 19–28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14>
- Schiller, A., Hunsaker, C. T., Kane, M. A., Wolfe, A. K., Dale, V. H., Suter, G. W., Russell, C. S., Pion, G., Jensen, M. H., & Konar, V. C. (2001). Communicating ecological indicators to decision makers and the public. *Ecology and Society*, 5(1).
- Sicard, T. E. L. (2009). Agroecología: Desafíos de una ciencia en construcción. In *Agroecología* (Vol. 4, pp. 7–17). <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/117121>
- Singh, R., Murty, H., Gupta, S., & AK Dikshit. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicator*, 15(1), 281–299. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Tàbara, J. D. (2003). Participación cualitativa y evaluación integrada del medio ambiente. Aspectos metodológicos en cuatro estudios de caso. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 0(42), 183–213.
- Tapella, E. (2011). Heterogeneidad Social Y Valoración Diferencial De Servicios Ecosistémicos. In *Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela para Graduados*. <https://core.ac.uk/download/pdf/72040518.pdf>
- Thornes, J. E. (2002). IPCC, 2001: Climate change 2001: impacts, adaptation and vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken a. *International Journal of Climatology*, 22(10), 1285–1286. <https://doi.org/10.1002/joc.775>

- Tonolli, A. J. (2019). Propuesta metodológica para la obtención de indicadores de sustentabilidad de agroecosistemas desde un enfoque multidimensional y sistémico. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 51(2), 381–399.
- Vieira, R. M. D. S. P., Tomasella, J., Barbosa, A. A., Martins, M. A., Rodriguez, D. A., Rezende, F. S. D., Carriello, F., & Santana, M. D. O. (2021). Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. *Land Degradation & Development*, 32(1), 224–240. <https://doi.org/10.1002/LDR.3681>
- Vogt, J. V., Safriel, U., Von Maltitz, G., Sokona, Y., Zougmore, R., Bastin, G., & Hill, J. (2011). Monitoring and assessment of land degradation and desertification: Towards new conceptual and integrated approaches. *Land Degradation & Development*, 22(2), 150–165. <https://doi.org/10.1002/ldr.1075>
- Winograd, M. (1995). *Environmental indicators for Latin America and the Caribbean: toward land-use sustainability*. IICA Biblioteca Venezuela.