

## Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

### Elements for the Analysis of Sustainability of a Minor Fraction of Territory at Watershed Level

*Pablo Montilla<sup>1</sup>, Cecilia Gareis<sup>1,2</sup>, Oscar Juarez<sup>1</sup>*

[pablojmontilla@gmail.com](mailto:pablojmontilla@gmail.com), [gareiscecilia@gmail.com](mailto:gareiscecilia@gmail.com), [ouarez705@gmail.com](mailto:ouarez705@gmail.com)

<sup>1</sup>Instituto de Ambiente de Montaña y Regiones Áridas (IAMRA)– Universidad Nacional de Chilecito (UNdeC), La Rioja, Argentina, <sup>2</sup>CONICET - Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM)- Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP), Bs.As., Argentina.

#### Resumen

Las unidades territoriales de escalas moderadas posibilitan el estudio de las interacciones e interdependencias entre los distintos subsistemas que conforman al complejo sistema sociológico "territorio". En el presente trabajo, se utilizó como unidad de análisis la cuenca hidrográfica denominada Río Amarillo- Los Sarmientos, ubicada en el noroeste de la provincia de La Rioja, Argentina. El objetivo es brindar elementos de análisis que permitan evaluar la sostenibilidad de una unidad moderada de territorio mediante una serie de indicadores claves. La metodología incluyó la caracterización de la heterogeneidad presente en la cuenca, la utilización de imágenes satelitales para, mediante indicadores biofísicos, observar los cambios en la estructura vegetal y el análisis del conjunto de políticas territoriales que se implementaron en la provincia. Los resultados permiten identificar y cuantificar el cambio en el uso del suelo observando diferencias significativas en la parte baja de la cuenca por el avance que tuvo allí, la agricultura intensiva vinculada al cambio en el uso del suelo motivado por las políticas impulsadas por el gobierno local. Se concluye en la necesidad de generar información analizada en forma sistémica que sienta las bases para un manejo territorial que tienda a la sostenibilidad del área de estudio.

**Palabras claves:** Cuenca hidrográfica, cambio en el uso del suelo, sostenibilidad territorial.

#### Abstract

The territorial units of moderate scales make it possible to study the interactions and interdependencies between the different subsystems that constitute the complex socio-ecological system "territory". In this work, the river basin called Río Amarillo-Los Sarmientos, located in the northwest of the province of La Rioja, Argentina, was used as element of analysis. The purpose of this work is to provide elements of analysis that allow to assess the sustainability of a moderate unit of territory through a series of key indicators. The methodology included the characterization of the heterogeneity in the basin, the use of satellite images to observe the changes in the vegetation structure through biophysical indicators, and the analysis of the set of territorial policies that were implemented in the province. The results allow to identify and quantify the change in land use. This shows significant differences in the lower part of the basin due to the progress of the intensive agriculture linked to the change in land use motivated by the policies promoted by the local government. To conclude, there is a need to generate information analyzed in a systemic way that lays the foundations for a territorial management that tends to the sustainability of the study area.

**Keywords:** river basin; change in land use; territorial sustainability.

*Montilla, Gareis, Juarez* / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

## **Introducción. Analizar la sostenibilidad de un territorio en torno al uso de un bien común: AGUA.**

La sostenibilidad de los territorios se concibe a partir de la integración de cuatro dimensiones claves: geográfica, ambiental, humana y política. Mediante el conocimiento de estas dimensiones y su funcionamiento e interrelaciones se puede planificar un desarrollo territorial sostenible de modo que se eviten, reduzcan, controlen o reviertan los problemas y conflictos existentes por usos incompatibles (Massiris, 2012). Otros autores relacionan el concepto de sostenibilidad del territorio con el uso inteligente del mismo, entendiendo a este uso como el modo de lograr mayor oferta de bienes y servicios en paralelo con una distribución más justa de estos (Paruelo, 2012). No obstante los distintos enfoques y definiciones, todas concluyen en que el análisis de la sostenibilidad territorial se construye mediante la comprensión del sistema formado por la interacción de la dimensión social y ecológica, con la búsqueda del doble objetivo de satisfacer las necesidades de la sociedad garantizando la sostenibilidad de los sistemas de soporte vital del planeta (Turner et al., 2003).

En este marco los territorios puede ser analizados como sistemas complejos, es decir, abordar el estudio de los mismos considerando el conjunto de los elementos que intervienen en los procesos territoriales, estudiando sus partes o factores que lo constituyen y a su vez sus interrelaciones e interacciones con otros fenómenos, procesos o sistemas (García, 2006). Mediante este marco de análisis de los sistemas territoriales, se lo suele denominar también: sistema socioecológico (SSE), es decir sistemas en donde las dimensiones sociales y ecológicas son vistas como un todo sin dejar por ello de reconocer y analizar cada dimensión en sus particularidades, pero advirtiendo la íntima relación entre cada una de las mismas. No es arbitrario ni casual hablar de esta forma de concepción de los territorios en la actualidad, sino que responde a la complejidad y velocidad de los actuales cambios ambientales a escala global y territorial que requieren y demandan nuevos abordajes, holísticos e interdisciplinarios, que permitan dar respuesta a los desafíos para garantizar la sostenibilidad de los SSE (Anderson et al., 2015; Hamann et al., 2015).

De este modo, cualquier sociedad que elija un determinado tipo de crecimiento en una porción de territorio no puede garantizar su éxito y perdurabilidad si no tiene en cuenta cuáles son los límites de su entorno ambiental –ecológico, es decir, lo que Gómez Orea (2002) denomina “capacidad de acogida del territorio”. Dicho concepto se refiere a que las actividades antrópicas que se desarrollen en el medio físico estén integradas

**Montilla, Gareis, Juárez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

de modo armónico y funcional al mismo, considerando la aptitud y el impacto<sup>1</sup> para que la función de soporte del medio sea sostenible (Gómez Orea, 2002).

Las cuencas hidrográficas son definidas como la porción del territorio en donde una determinada red de drenaje o avenamiento (escurrimiento natural de las aguas superficiales) se desarrolla formando unidades hidrográficas en las cuales las aguas se distribuyen en proporciones y procesos variables, se encuentran perfectamente delimitadas y a su vez, pueden agruparse para formar unidades mayores que constituyen la cuenca hidrográfica: el espacio de drenaje de las aguas superficiales (Vich, 1996). Estas unidades son de relevancia para los estudios de planificación territorial, debido a su alta cohesión geográfica y a su funcionamiento en torno al elemento agua (Gómez Orea, 2002), alcanzando lograr especial relevancia cuando la disponibilidad del recurso hídrico es un factor limitante y determinante en la dinámica funcional del SSE, como sucede en los valles áridos de la Argentina en donde sus particularidades climáticas le otorgan mayor notabilidad.

En efecto utilizar para el análisis de la sostenibilidad de un territorio el uso de un bien común como el agua por parte de una sociedad que desarrolla sus actividades dentro de una porción del mismo, puede permitir visibilizar la sostenibilidad o no del sistema en el cual se desarrolla esa sociedad, poniendo como supuesto que la disponibilidad del bien en cuestión estará dada principalmente por la dinámica, uso y gestión que sobre la cuenca hídrica se lleve a cabo. Por otro lado, la validez de usar el espacio conformado por una cuenca, como territorio o sistema complejo base para la gestión sostenible del agua, ha sido enfatizada y recomendada en todas las grandes conferencias internacionales sobre los recursos hídricos (CEPAL, 1998c).

Bajo esta introducción el objetivo del presente trabajo es el de brindar elementos de análisis que permitan evaluar la sostenibilidad de una porción de territorio, tomando como unidad de análisis la cuenca hidrográfica, en particular para este caso: la denominada *Rio Amarillo- Los Sarmientos*. La misma será analizada como un sistema socioecológico y tomando de la misma variables claves que permitan inferir el uso territorial y las relaciones con el bien natural: agua.

El análisis se realiza tomando una escala temporal de diez años, entendiendo que este período permite observar e inferir la dinámica en el uso del suelo que sobre la cuenca se ha realizado. El período no es arbitrario, sino que se corresponde a la observación

---

<sup>1</sup> Por *aptitud* se entiende al término relacionado con las cualidades, elementos y condiciones que hacen a una porción de territorio determinada, adecuada o viable para un determinado fin particular (Paruelo et al., 2014), mientras que por *impacto* se hace referencia a la incidencia que tienen o tendrán las distintas actividades en el territorio, las cuales serán positivas o negativas según su valoración ambiental, social, cultural y temporal - histórica entre otras (Gómez Orea, 2002).

*Montilla, Gareis, Juarez* / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

de los fenómenos que en los últimos años se han observado sobre el área de estudio, el cual advierte un acelerado cambio en el uso del suelo (agricultura intensiva) junto a una expansión del área urbana, ambos fenómenos ubicados principalmente en la parte baja de la cuenca (Valera et al. 2015; Toledo & Figuerola 2010).

### **Los indicadores biofísicos como herramienta - diagnóstico de la “salud” de los ecosistemas.**

Los indicadores biofísicos son aquellos que permiten observar y analizar aspectos fundamentales de los ecosistemas, como ser la productividad y la integridad biológica de los ecosistemas (Paruelo, 2008). Estos aspectos de los ecosistemas tienen directa relación con el funcionamiento del mismo, en efecto, un ecosistema será saludable en tanto y cuanto sea capaz de proveer de aquellos bienes y servicios que los habitantes de un determinado espacio geográfico determinado consideran imprescindibles para sus satisfacciones básicas y su realización personal, cultural y espiritual.

Por otro lado se habla de ecosistemas saludables a aquellos que son estable y sustentable, manteniendo su organización, autonomía en el tiempo y su capacidad de recuperación ante disturbios que generen algún grado de estrés (Paruelo & Aguiar, 2003). Los estudios que indagan en la dinámica de la interacción entre el sistema social y el ecológico resultan prioritarios para lograr comprender la capacidad adaptativa y de carga de los SSE (Salas -Zapata et al., 2011).

Varios índices espectrales han sido propuestos como estimadores de la presencia y condición de la vegetación (Choudhury1987; Baret y Guyot 1991; Ridao et al. 1998; Fensholt et al. 2004 en Paruelo, 2008), sin embargo, el Índice de Vegetación Normalizado ha sido y es el más usado (Paruelo, 2008).

El índice de vegetación normalizado: NDVI (por sus siglas en inglés Normalized Difference Vegetation Index) es un parámetro calculado a partir de los valores de reflectancia a distintas longitudes de onda y son particularmente sensibles al vigor, el crecimiento y la cubierta vegetal de las plantas pudiendo ser calculado a partir de sensores montados en plataformas satelitales (Gilabert et al., 1997). Su valor se obtiene del cociente entre el  $(IR - R) / (IR + R)$ , en donde IR y R son las cantidades de luz reflejada de la Porción del infrarrojo cercano y rojo, respectivamente. La fórmula se basa en el hecho de que la clorofila absorbe rojo mientras que la estructura de la hoja (mesófilo) dispersa el infrarrojo cercano (IR) por lo tanto los valores de NDVI oscilan entre -1 a +1, en donde los valores más cercanos a 1 se corresponde con una actividad fotosintética más alta. Mediante la elección de este indicador biofísico se

**Montilla, Gareis, Juárez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

buscó poder observar y estudiar los cambios en los patrones espaciales y temporales de la vegetación para el período 2005-06 y 2015-16.

### Descripción del área de estudio

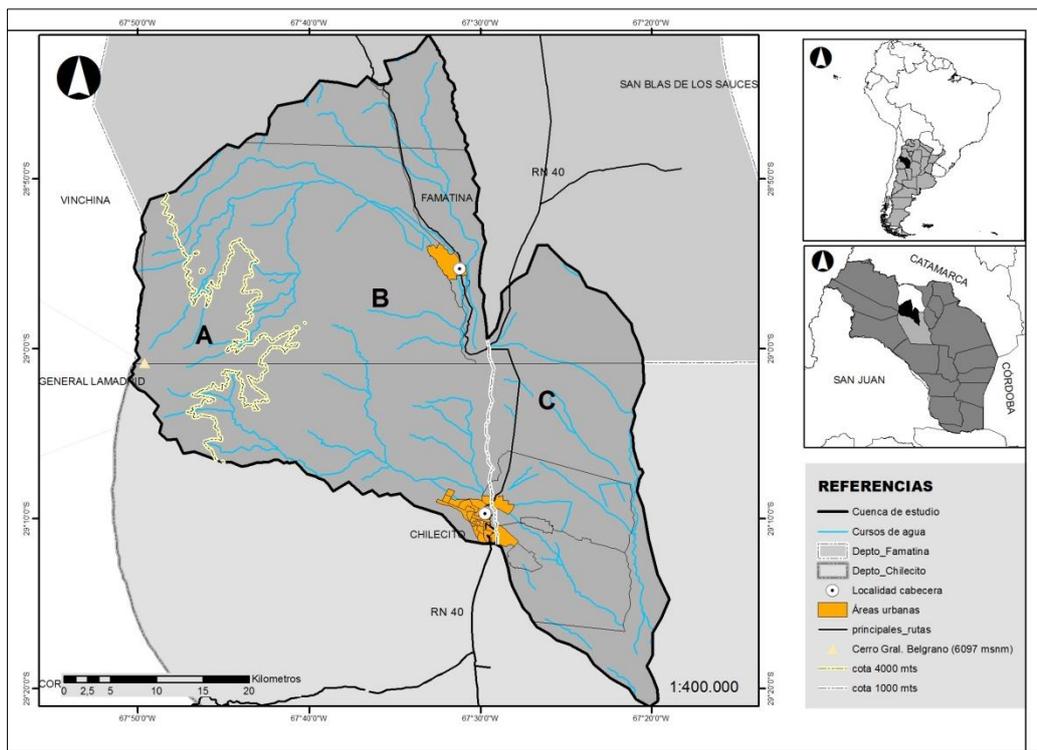
La Cuenca denominada Río Amarillo- Los Sarmientos (2474 km<sup>2</sup>) se encuentra ubicada dentro del Valle Antinaco-Los Colorados el cual se localiza en el sector centro oeste de la Provincia de La Rioja, Argentina. El Valle se sitúa entre dos cadenas montañosas paralelas con dirección predominante Norte – Sur, siendo la Sierra del Velasco (4.100 msnm) al este y la Sierra del Famatina (6.100 msnm) al oeste. El clima del valle es desértico, seco, cálido y con notable amplitud térmica anual. Las lluvias son escasas concentrando el 75% de las mismas en el verano (diciembre - marzo), con una marcada estación seca en invierno (Sosa, 2000 en Varela et al., 2015). Los promedios anuales de precipitación oscilan entre 100 y 200 mm y los máximos y mínimos promedios de temperaturas son 25°C y 10°C, respectivamente (PASMA - Pcia. La Rioja, 2001 en Varela et al., 2015). Los principales ríos que surcan el valle provienen de la Sierra de Famatina. Por otro lado, la ecoregión en la cual se encuentra la cuenca es la denominada Monte de sierras y bolsones, caracterizada por una estepa arbustiva con predominio de especies de la familia Zygophyllaceae (*Larrea* spp. y *Bulnesia retama*), las estepas edáficas de arbustos halófitos como *Suaeda divaricata*, *Atriplex* spp., *Allenrolfea vaginata* y el bosque dominado por especies del género *Prosopis* (Perosa et al. 2014). Al mismo tiempo la Cuenca del Río Amarillo – Los Sarmiento presenta un sistema fluvial con similares características, en donde en la parte alta de cuenca se produce la escorrentía y la erosión del sedimento, en la parte media se produce el transporte del sedimento y en la parte baja se realiza el depósito del sedimento. Si bien los ríos erosionan, transportan y sedimentan en todas las partes del cauce, cada una de las zonas se caracteriza por el predominio de un proceso.

En cuanto a la población, el área abarcada por la cuenca de estudio se encuentra dentro de los Departamentos de Chilecito y Famatina los cuales concentran, luego del departamento Capital de la provincia (54,2 %), la mayor parte de la población (16,6 %) (Censo Nacional Población, Hogares y Viviendas, 2010).

Está marcada heterogeneidad geomorfológica del área de estudio, sumado a criterios fitogeográficos, socio económicos y productivos, permitieron dividir la cuenca en tres zonas (Cuenca alta, media y baja), lo que permitió facilitar el análisis pormenorizado de los cambios y procesos que se dieron dentro la misma

Montilla, Gareis, Juarez / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio. Identificación de la cuenca alta (A), cuenca media (B) y cuenca baja (C).



Fuente: Elaboración propia.

### Metodología

El desarrollo metodológico se efectuó en tres etapas, la primera consistió en el reconocimiento a campo y posterior trabajo de gabinete para la determinación y conocimiento de los distintos niveles o áreas en que se caracterizó la cuenca (alta, media y baja), la segunda se basó en la obtención de un indicador biofísico (NDVI) que permitió analizar la presencia y condición de la vegetación comparativamente en los períodos de julio 2005 - junio 06 y julio 2015 – junio 2016. Para ello se utilizaron imágenes del sensor MODIS a bordo del satélite Terra el cual brinda información sobre el crecimiento vegetal cada 16 días en forma gratuita. De este se extrajo el producto NDVI de una resolución espacial de 250 mts x 250 mts por pixel y correspondientes al producto MOD 13Q1 ([http://mrtweb.cr.usgs.gov/ImgViewer/Java\\_2ImgViewer.php](http://mrtweb.cr.usgs.gov/ImgViewer/Java_2ImgViewer.php)). Cada una de estas imágenes es el resultado de la composición de mosaicos de los mayores valores diarios de cada pixel durante un período de 16 días (resolución temporal). A este producto de NDVI se le realizó un subset (recorte) de la cuenca de estudio obteniendo el resultado del NDVI para el período 2005-06 y 2015-16 de toda el área de estudio. Posteriormente y con el fin de determinar diferencias significativas en el aumento o no del indicador, se calculó el NDVI para la cuenca alta, media y baja realizando los respectivos subset para cada zona. De este modo se analizaron 12

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

imágenes por período correspondientes a los meses de julio a junio correspondiente a los dos períodos considerados. En total se obtuvieron 24 imágenes las cuales fueron procesadas y trabajadas estadísticamente a través del software ENVI 5.3. Para el análisis y el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó InfoStat – *Versión Estudiantil*, 2008.

Por último, la tercer etapa se basó en al análisis en forma general del conjunto de políticas territoriales que se implementaron en la provincia de La Rioja de fomento a la producción agrícola. De allí se identificaron y analizaron las principales leyes nacionales de promoción a la producción, la industria y el turismo a los fines de efectuar una primera lectura de la legislación y analizar de un modo general su impacto en las cuencas bajo estudio. En efecto se identificaron leyes nacionales, decretos, resoluciones y circulares con injerencia en el “desarrollo económico” de la provincia de La Rioja.

La información utilizada se obtuvo de fuentes primarias (salidas a campo, relevamiento, etc.) y secundarias (INDEC, revisión bibliográfica, imágenes satelitales, antecedentes científicos, etc.).

## Resultados

### *Zonificación del área de estudio.*

Las zonas quedaron definidas de la siguiente forma:

*Cuenca Alta:* se consideró a la misma por encima de la cota de los 4000 metros sobre el nivel mar (m s.n.m.), en los cuales se asume la evidencia de rasgos glaciares y periglaciares, más precisamente se han relevado glaciares de escombros o de roca entre los 4000 y los 5500 m s.n.m. y manchones de nieve o glaciaretos entre los 5400 y los 6089 m s.n.m. (IANIGLA, 2017). Desde la geomorfología se pueden describir en esta zona un domino de procesos de disgregación, en los cuales se observan rasgos de acarreo de materiales, en donde los más gruesos se acumulan hacia la base, formando cordones arqueados, que se denomina coluvios o canchales. Por otro lado es en la cuenca alta que se encuentra el Distrito Minero Nevados de Famatina, el cual fue motivo de explotación minera, especialmente la denominada “mina La Mejicana” que estuvo en funcionamiento desde fines del siglo diecinueve hasta el año 1925 y en donde se desarrollaron numerosas labores subterráneas, especialmente sobre vetas. Desde entonces es motivo de exploraciones que puedan determinar el potencial minero del distrito (Mayon, 1999). Es de destacar que es esta zona de la cuenca en la cual nacen los principales ríos que alimentan a la misma.

**Montilla, Gareis, Juárez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Desde la vegetación que caracteriza esta zona se puede identificar la Provincia Fitogeográfica Altoandina, la cual se desarrolla por las altas cumbres. La vegetación en esta zona es pobre y está formada por estepas gramíneas y estepas de caméfitos en cojín (Aceñalozza, 1996).

Desde el punto de vista socio económico, esta área se caracteriza por el predominio de las actividades productivas de minería y turismo. Dadas las condiciones naturales que presenta el sector, la cuenca alta es muy utilizada en la actualidad para el desarrollo de actividades asociadas al turismo como las vinculadas a alta montaña (andinismo, alpinismo), ascensos en vehículos 4x4, motocicletas, etc.; ya sea por personas particulares o por terceros contratados. Si bien actualmente no es un área de explotación minera activa, se puede considerar la actividad minera como una característica distintiva de este sector que lo caracteriza y diferencia de las otras partes de la cuenca (media y baja). Así mismo, es una zona de interés para el desarrollo de investigaciones científicas tanto por universidades, centros e institutos de investigación local (IAMRA-UNdeC, UNLaR), nacional (IANIGLIA) e internacionales.

*Cuenca media:* Esta zona se encuentra delimitada entre los 4000 m.s.n.m. y los 1200 m.s.n.m. En esta parte de la cuenca suelen dominar procesos de transferencia. Geomorfológicamente se puede identificar la Formación Corral Amarillo de origen lacustre, producto del endicamiento temporario del cauce del Río Amarillo como consecuencia de una avalancha de rocas, el cual produjo un lago temporal (Maza et al. 2011). El depósito está representado por oxi/hidróxidos/sulfatos de hierro, los vulgarmente conocidos como "Ogres", los cuales se utilizaban de manera comercial siendo un componente de algunas pinturas. Es esta región también se encuentra la Formación Cueva de Pérez, que constituye una terraza discontinua compuesta por conglomerados clasto a matriz soporte, con matriz arenosa y cementada con oxi/hidróxidos/sulfatos de hierro. Esta Formación fue explotada de manera artesanal, de donde se extraía oro, a los cuales comúnmente se los llamaba Pirquineros (Juárez et al., 2014).

En la cuenca media se pueden encontrar tres provincias fitogeográficas: Monte (hasta aproximadamente los 1800 m s.n.m.) presentando tanto fisonomías arbustivas como arbóreas, la provincia de la Prepuna que cubre las laderas y quebradas hasta los 3500 m s.n.m. la cual se caracteriza por una estepa arbustiva xerófila con cactáceas y por último la provincia fitogeográfica Puneña la cual se extiende por mesetas y montañas entre los 3000 y 4000 m s.n.m. y caracterizándose por la estepa arbustiva, aunque también se visibiliza presencia de estepas herbáceas y vegas (Aceñalozza 1996).

**Montilla, Gareis, Juárez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Esta zona de la cuenca se caracteriza, en términos socioeconómicos, por una mixtura de actividades con predominancia de las secundarias y terciarias. Si bien en la zona oeste de la cuenca media se desarrollan actividades vinculadas a la cría de ganado caprino, ovino y bovino, en la zona central y este se ubica y desarrolla la ciudad de Chilecito. Esta es a nivel provincial la segunda localidad de importancia en cantidad de habitantes, razón por la cual se desarrollan en este sector actividades vinculadas a la industria y a las actividades de gestión gubernamental, administrativa y de servicios; como ser los de salud, educación, seguridad y turismo. Hacia el norte se ubica la ciudad de Famatina, en donde también se desarrollan actividades urbanas (secundarias y terciarias) y rurales (primarias).

*Cuenca baja:* Ubicada a partir de los 1200 m s.n.m. hacia las zonas más bajas de la cuenca, en esta zona dominan procesos de deposición, cuyo principal rasgo geomorfológico son los abanicos aluviales. En estos y a lo largo de los mismos se observa una disminución del tamaño de las partículas depositándose las más gruesas en las zonas proximales y las más finas en los dominios distales, proceso que se denomina selección. En la zona de estudio tenemos el abanico Chilecito y Capayan, estos se forman producto de hendiduras en sierras del Paiman, que ambos casos las aguas atraviesan la barrera por líneas tectónicas, que asociados a los cambios de pendiente se producen estos rasgos. En la parte media de los abanicos es donde se tienen los suelos propicios para el desarrollo de la agricultura, como se puede observar en el abanico de Chilecito que es donde desarrolla los polos productivos y en el abanico Capayan, en el cuál en últimos años se comenzó la explotación agrícola del mismo.

En esta zona domina la Provincia biogeográfica de Monte en la cual existe una fuerte influencia topográfica que origina un mosaico de microclimas, evidenciando una diversidad de comunidades vegetales, siendo las más conspicuas: estepas arbustivas, comunidades halófitas y boscosas (Aceñaloza 1996). Así pues en la cuenca baja se evidencia el elemento distintivo del bosque de esta región, el bosque de *Prosopis spp.* conocido vulgarmente como "algarrobal" el cual se desarrolla en zonas con una provisión extra de agua en profundidad donde funcionan como freatófitos (Jobbágy et al. 2011 en Perosa et al. 2014). El estrato arbóreo es muy abierto, dominado por *P. flexuosa* (especie más común y dominante en la mayor parte de la superficie boscosa) o por *P. chilensis* (en las márgenes de cauces de agua), acompañados por *Geoffroea decorticans* "chañar"; *Capparis atamisquea* "atamisqui" y especies del género *Larrea* "jarillas" (Perosa et al. 2014).

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Se destaca que en esta parte de la cuenca se ha encontrado el único endemismo provincial (*Gymnocalycium aff. mazanense*) asociado a suelos pedregosos de conos aluviales, en los sitios de Capayán y Los Sarmientos (Varela 2016).

Por lo que se refiere a los aspectos socioeconómicos, la zona baja de la cuenca se caracteriza por presentar distritos urbano-rurales que conforman a su interior las actividades básicas urbanas (escuela, salud, seguridad) pero con fuerte dependencia a la ciudad de Chilecito, de la que se abastecen y a la que se vinculan por medio de la infraestructura existente. Cada distrito cuenta con su zona urbana y con colonias agrícolas - productivas asociadas. Aquí se localizan San Miguel, Anguinán y Colonias de Anguinán hacia la zona sur de la cuenca baja; y hacia el norte Malligasta y Colonias de Malligasta, Tilimuqui. En esta parte de la cuenca predomina la actividad primaria vinculada a la agricultura con extensas zonas destinadas a la producción de vid, olivo y en menor proporción hortalizas y frutales. También es un área de extracción de leña y de desarrollo de actividades secundarias de manufactura a pequeña escala de productos locales.

#### **Análisis temporal (2005-06 vs 2015-16) del uso del territorio de la cuenca del río Amarillo – Los Sarmientos.**

Los ecosistemas naturales de la Rioja, como en todo el planeta, han experimentado cambios notables en la cobertura y uso del suelo, durante los últimos 50 años (MEA, 2005b en Varela, 2016). Uno de los factores de cambios más importantes ha sido la expansión de la agricultura, que como se detalló anteriormente tuvo en particular en la zona de estudio una influencia positiva en su expansión por leyes de competitividad y promoción productiva.

Planteando la hipótesis de que un cambio en el uso de suelo (promovido principalmente por la expansión agrícola de los últimos diez años) se relacionaría con un aumento en la producción vegetal, fue que tomando el indicador NDVI se evaluó los supuestos planteados.

Los resultados obtenidos de valor de NDVI promedio (media) para toda la cuenca fueron de 0.221 para el período julio 2005 - junio 2006 y de 0.234 para el período de julio 2015 – junio 2016 (Tabla 1).

Montilla, Gareis, Juarez / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

**Tabla 1. Valores promedio de NDVI de la cuencas río Amarillo – Los Sarmientos para los períodos estudiados.**

Cuenca río Amarillo - Los Sarmientos	NDVI (media)
PERÍODO: JUL 2005 - JUN 2006	0,221
PERÍODO: JUL 2015 - JUN 2016	0,234

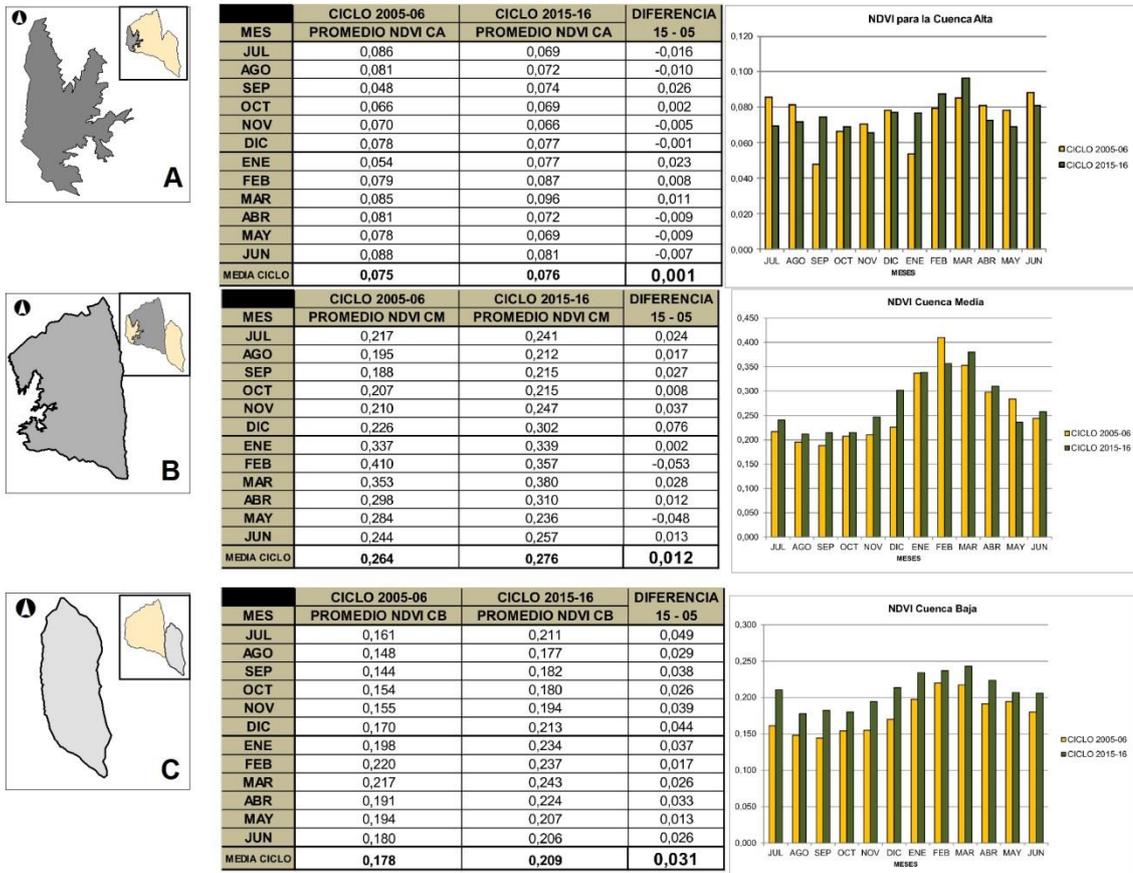
Fuente: Elaboración propia.

Dada que no se encontraron diferencias significativas en función de NDVI entre los períodos 2005-06 y 2015-16 para toda la cuenca, posteriormente se analizó independientemente cada zona de la cuenca. Para ello se compararon los valores de NDVI entre los mismos períodos (2005-06 y 2015-16) en la cuenca alta, media y baja de la zona estudio. En particular se analizó la parte baja de la cuenca, ya que existen antecedentes que demuestran que la producción agrícola se expandió de forma notable en los últimos años en el valle Antinaco - Los Colorados. En particular hay registros y estudios que muestran la expansión cultivo del olivo (*Olea europaea*), el cuál hoy representa el 70 % de la superficie agrícola total de la provincia (Varela 2015). Este tipo de expansión productiva agrícola en una zona con un régimen de precipitaciones bajo, solo fue posible mediante una explotación intensiva del recurso hídrico subterráneo (Miguel & Gonzalez Ribot, 2016).

Los valores obtenidos de NDVI para la zonificación propuesta de la cuenca alta (CA), media (CM) y baja (CB) fueron de 0,075 (CA), 0,264 (CM) y 0,178 (CB) para el período Julio 2005-Junio 2006 y de 0,076 (CA), 0,276 (CM) y 0,209 (CB) para el período Julio 2015-Junio 2016 (Figura 2).

Montilla, Gareis, Juarez / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Figura 2. Resultados obtenidos del promedio de NDVI para el período jul 2005 – jun 2006 y jul 2015 – jul 2016



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos para cada zona de la cuenca permitieron observar las diferencias del crecimiento de la vegetación en las partes de la cuenca entre los periodos 2005-06 y 2015-16, siendo claramente mayor en la cuenca baja en el período 2015-16 (NDVI=0,209), en la cual se desarrolla principalmente la agricultura y en la cual se esta llevando a cabo la expansión de la misma.

Por otro lado es también en la parte baja de la cuenca en donde se presentó mayor diferencia de NDVI entre periodos (2005-06 vs 2015-16) en contraste con la parte media y alta. Lo cual se pudo confirmar estadísticamente mediante la *Prueba T MI* que determinó diferencias significativas de NDVI entre los periodos analizados para la cuenca baja ( $p= 0,0049$ ;  $\alpha = 0,05$ ) mientras que para la cuenca alta ( $p= 0,780$ ;  $\alpha = 0,05$ ) y la cuenca media ( $p= 0,664$ ;  $\alpha = 0,05$ ) no se encontraron diferencias significativas en los NDVI entre los periodos analizados. Las evidencias anteriores permiten inferir en torno al cambio intensivo en el uso del suelo que la parte baja de la cuenca esta teniendo y el uso de los recursos hídricos subsuperficiales que se estaría

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

haciendo para sostener tal crecimiento. Aún cabe más profundizar en torno a la sostenibilidad o no del actual modelo productivo de la cuenca, si se considera que las vigentes extensiones agrícolas que se están desarrollando en la cuenca baja, aún no alcanzan su plena producción y teniendo antecedentes que en cultivos maduros/estables del olivo los valores de NDVI están en torno al de 0.6 anual (Luna Toledo & Figuerola, 2011; Luna Toledo & Figuerola, 2016).

### **Las políticas territoriales.**

De las leyes analizadas se destaca la Ley Nacional N° 22.021 (sancionada el 28 de junio de 1979) que consiste en un régimen especial de franquicias tributarias creada con la finalidad de estimular el desarrollo económico de la provincia de La Rioja. Esta norma modifica y/o complementa a la Ley Nacional N° 21.608 (sancionada el 27 de julio de 1977) de promoción industrial que buscó promover la expansión de la capacidad industrial del país en miras de fortalecer la participación de la empresa privada.

A fin de promover la región se apelaron a un conjunto de incentivos de política pública que permitieron el desplazamiento de factores productivos hacia la provincia de La Rioja. El régimen promocional de las provincias de La Rioja, San Luis, Catamarca y San Juan (denominadas las cuatro provincias) se basó en beneficios impositivos para proyectos industriales que consistían en la exención de: aranceles de importación y del impuesto al valor agregado (IVA) a los bienes de capital del proyecto y sus partes, del impuesto a las ganancias del proyecto y la liberación del pago del IVA (que en momentos alcanzó a los insumos), y a el diferimiento de impuestos. Para proyectos no industriales los beneficios contemplaban la exención del impuesto a las ganancias para el proyecto y el diferimiento de impuesto para inversionistas.

Es necesario mencionar el contexto en el que este conjunto de normas se realiza. En la década de los '60 y '70 Argentina presentaba una fuerte brecha entre provincias pobres y ricas y es en ese marco que las leyes de promoción industrial y otorgamiento de franquicias eran vistas como herramientas de "impulso" al desarrollo de las regiones menos favorecidas que posibilitarían la diversificación y crecimiento de las actividades que en ese momento eran mínimas y poco productivas, y por ende, a acortar las diferencias al interior del país (Gatto et al., 1987; Pedraza, 2014). De la implementación del paquete de normas que promocionaban el desarrollo regional, las firmas regionales alcanzarían un nivel de competitividad en el mercado que las igualaría en condiciones a las del exterior, por lo que los subsidios podrían ser removidos y éstas podrían competir y persistir (Gatto et al., 1987).

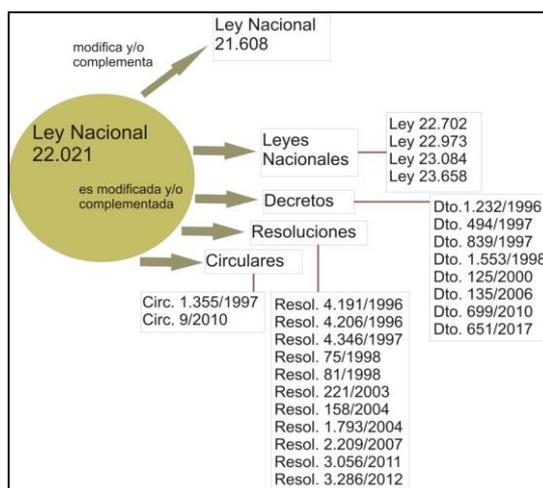
**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Es en este marco que el Estado se posiciona como un facilitador o interventor en la promoción de la actividad industrial de ciertos territorios. El Estado se convirtió en una entidad de financiamiento, dado a que los incentivos se orientaban principalmente a la inversión de capital que a la promoción y generación de empleo. El régimen de promoción fue exitoso en la relocalización de la actividad económica (Gatto et al., 1987).

La Ley de promoción tuvo un fuerte impacto en las “cuatro provincias” que por medio de las franquicias las posicionaban con clara ventaja comparativa respecto del resto del país. La sucesión normativa permitió alargar el período de vigencia de los beneficios que podían llegar hasta 2012 (Pedraza, 2014). Existen un conjunto de normas que modifican y/o complementan a la Ley Nacional N° 22.021, entre ellas hay leyes, decretos, resoluciones, circulares y disposiciones, de las cuales sólo se presentan algunas de ellas (Figura 3).

La aplicación del conjunto de normas que aquí se presentan de un modo breve tiene un reflejo en el territorio. En términos de proyectos se observa un incremento tanto en los industriales como no industriales. Es de destacar, a nivel provincia de La Rioja, el incremento en el empleo del 278% entre 1974 y 1993 (Espert, 1999), la ampliación de la superficie cultiva en un 167% entre 1985 y 2010 (Pedraza, 2014), un aumento de la producción en un 69% luego de aplicada la ley (Pedraza, 2014) y un cambio en la cantidad de superficie destinada por cultivo si se compara la situación en 1985 con la del período 1981-2010.

**Figura 3. Esquema de las principales leyes, decretos, resoluciones y circulares que se vinculan a la Ley Nacional N° 22.021.**



Fuente: Elaboración propia.

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

Lo comentado previamente incide directamente en el área de estudio que forma parte del territorio que ha sido afectado por la Ley N°22.021, el impacto más notorio se presenta en la cuenca baja, área en la que predominan las fincas principalmente de cultivo de vid y olivo y que se ha visto incrementada en las últimas décadas (Miguel et al., 2015; Gonzalez Ribot, 2015; Miguel et al., 2017).

### Conclusiones

Los resultados permitieron interpretar un escenario futuro en el que inferimos que la cuenca baja tendrá un mayor requerimiento del recurso hídrico subterráneo al actual, para poder sostener la demanda de los actuales cultivos, aún en crecimiento, y de los que podrían generarse si se mantiene la actual tendencia de expansión agrícola en la zona de estudio. Los antecedentes que hay dentro del área de interés ya evidencian mermas en los rendimientos de los pozos como así también en los niveles de captación, los cuales se han profundizado aproximadamente entre 25 y 15 metros (Miguel & Gonzalez Ribot, 2016). Estas conclusiones fundamenta la profundización de futuros trabajos de transdisciplinariedad que permitan indagar las relaciones entre actores y actividades que se desarrollan en la cuenca, considerando que la misma tiene una determinada capacidad de carga o soporte. Por otro lado cabe destacar que la diferenciación de la cuenca en zonas, con dinámicas y actividades similares dentro de cada una de ellas, permitió diferenciar desde una perspectiva sistémica y compleja las relaciones y conexiones entre las mismas, permitiendo el análisis del conjunto e inferir en una primera evaluación; la sostenibilidad o no del actual sistema productivo.

Del trabajo efectuado en torno a las normas que tuvieron un reflejo en el territorio es necesario continuar con estudios que profundicen el análisis y relacionen otras políticas territoriales, tanto nacionales como provinciales y municipales, que también han tenido un impacto local significativo y han llevado no sólo a la existencia de diferentes tipos de uso de suelo sino también a la localización geográfica de actividades que dieron por resultado la actual configuración territorial de las cuencas bajo estudio.

Una de las características de estudio que adquieren los sistemas socioecológicos (SSE), es la consideración de su dinámica influenciada por el cambio continuo entre la interacción de los componentes sociales y naturales que lo forman (Paruelo *et al.*, 2014). Los disturbios generados sobre una porción de territorio, como lo es el cambio en el uso del suelo o la explotación intensiva de los recursos hídricos subterráneos, afectan la capacidad del sistema ecológico en brindar bienes y servicios ambientales, de los cuales las sociedades dependen íntimamente para su desarrollo y

**Montilla, Gareis, Juárez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

supervivencia. Son estos disturbios los que atentan en la pérdida de resiliencia del sistema, entendiendo la resiliencia como la capacidad del sistema SSE de poder adaptarse, aprender y auto-organizarse de modo de poder persistir frente a determinados disturbios y mantener la funcionalidad en las nuevas condiciones (Folke, 2006). Es por ello que la pérdida de la resiliencia implica una pérdida de adaptabilidad, dejando el sistema más vulnerable. La no comprensión del funcionamiento y capacidad del sistema puede determinar en no visibilizar o advertir la pérdida crítica de resiliencia del sistema, la cual podría disminuir hasta alcanzar umbrales crítico, colapsando el sistema. Diamond (2006) en su libro *Colapso* se pregunta qué es lo que convierte a un territorio en un lugar donde una pequeña sociedad es capaz de ser viable en el largo plazo, en su libro el autor analiza porque unas sociedades perduran y otras desaparecen y uno de los factores que considera crucial en la contribución a errar en la toma de decisiones colectivas, es el de no poder visibilizar el problema cuando el mismo se manifiesta. El otro factor que analiza es el que una vez percibido el problema, pueden subestimarlos y no intentar resolverlos (Diamond, 2006).

Los antecedentes y la historia que nos precede requiere con urgencia cuestionarse la sostenibilidad de los actuales modelos productivos, entre otros muchos aspectos, con información compleja e indicadores que permitan inferir y evaluar tendencias positivas o negativas en torno al uso de los bienes naturales y la resiliencia del sistema. En esta línea la unidad de estudio cuenca hidrográfica resulta apropiada para este tipo de estudio, por la relación íntima que subyace a todo lo vivo que sobre ella se asienta. Más aún en particular, unidades pequeñas de territorio podrían permitir a la población que allí radica, conociendo y monitoreando las relaciones y variables claves del sistema, su correcta gestión y reaccionar rápidamente frente mermas en la regeneración de algunos de los recursos del sistema, evitando que colapse la capacidad de carga del mismo (Ostrom, 2009).

El análisis aquí presentado, pretende brindar una metodología de estudio transdisciplinar, abordando la complejidad territorial mediante variables o elementos claves que permitan a los gestores del territorio contar con información sensible en torno a la sostenibilidad del sistema.

### **Agradecimientos.**

Agradecemos la participación y contribución de Patricia Figuerola, Ana Josefina Arias Torres, Miguel Ángel Di Ferdinando, Roberto Esteban Miguel y Ula Karlin. Agradecemos el apoyo del Instituto de Ambiente de Montañas y Regiones Áridas

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

(IAMRA) y la Universidad Nacional de Chilecito (UNdeC) los cuales financiaron las salidas de campo.

*Montilla, Gareis, Juarez* / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

## Bibliografía.

ACEÑALOZA P.G. (1996). Geología del Sistema de Famatina – Vegetación. Múncher Geologische Hefte, 19 (Reihe A); Múncher, Juli 1996.

ANDERSON, C.B.; PIZARRO, J.C.; ESTÉVEZ, R.; SAPOZNIKOW, A.; PAUCHARD, A.; BARBOSA, O.; MOREIRA-MUÑOZ, A.; VALENZUELA, A.E.J. (2015). ¿Estamos avanzando hacia una socio-ecología? Reflexiones sobre la integración de las dimensiones “humanas” en la ecología en el sur de América. *Ecología Austral* No 25: 263-272.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1998). Recomendaciones de las reuniones internacionales sobre el agua: de Mar del Plata a París, LC/R.1865, 30 de octubre de 1998, Santiago, Chile.

DIAMOND, J. (2006). *Colapso – Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Impreso en España, Editorial DEBATE.

DOUROJEANNI A, JOURAVLEV A, CHÁVEZ G. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica, CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) SERIE Recursos Naturales e Infraestructura - N° 47.

ESPERT, J.L. (1999). Un análisis estilizado del régimen de promoción industrial en Argentina. Disponible en fecha de consulta 29 de agosto de 2017.

FOLKE, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social – ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16 (2006) 253-267.

GARCÍA, R. (2006). *Sistemas complejos: conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Editorial Gedisa. Barcelona, España.

GATTO, F.; GUTMAN, G.; YOGUEL, G. (1987). Reestructuración industrial en la Argentina y sus efectos regionales. 1973-1984. Programa CFI-CEPAL *Perspectivas de reindustrialización y sus determinaciones regionales*. Documento N°14 – CFI. Buenos Aires, Argentina.

GILBERT M. A., GONZALEZ – PIQUEIRAS J., García-Haro J. (1997). Acerca de los Índices de Vegetación, en *Revista de teledetección* N° 8 –Disponible en: <http://titulaciongeografiasevilla.es/web/contenidos/profesores/materiales/archivos/2012-10-29IV.pdf>

GÓMEZ-OREA, D. (2002). *Ordenación del Territorio*. Madrid, Ediciones Mundi Prensa y Editorial Agrícola. S. A., p.766.

*Montilla, Gareis, Juárez* / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

GONZÁLEZ RIBOT, J.V. (2015). Evaluación de los niveles estáticos de agua subterránea en las colonias agrícolas de Tilimuqui, Malligasta y Anguinán, departamento Chilecito, provincia La Rioja. Tesis de grado (Inédita) en la Licenciatura de Agronomía, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Chilecito. Chilecito, La Rioja, Argentina.

HAMANN M., BIGGS R., REYERS B., (2015). Mapping social–ecological systems: Identifying ‘green-loop’ and ‘red-loop’ dynamics based on characteristic bundles of ecosystem service use. *Global Environmental Change* v.34, pp.218–226.

IANIGLA (2017). Informe de las Cuencas varias del Velazco. Inventario Nacional de Glaciares- Ley 26.639 – Régimen de Presupuestos Mínimos para la Preservación de los Glaciares y del Ambiente Periglacial, 46 pag. Disponible en: <http://www.glaciaresargentinos.gob.ar/la-rioja>.

JUÁREZ, O., MAZA. S. y COLLO, G. (2014). Caracterización de cementos en conglomerados de la Fm Cueva de Pérez: factores condicionantes en los procesos de transformación de goethita a hematita. Actas del XIX Congreso Geológico Argentino. Simposio de Geología del Cuaternario, Geomorfología y Cambio Climático (S-13-47), pp. 1161-1162.

LUNA TOLEDO L., FIGUEROLA P. (2010). Variación temporal de la temperatura de superficie “LST” determinada con información MACIÓN LANDSAT TM para el Valle de Chilecito, La Rioja Recursos Hídricos. EVALUACIÓN, PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN. XIII Reunión Argentina y VI Latinoamericana de Agrometeorología, 20 al 22 de octubre de 2010. Bahía Blanca – Argentina.

LUNA TOLEDO L., Figuerola P. (2011). SERIES TEMPORALES DE NDVI-MODIS SOBRE OLIVARES Y CAMPO NATURAL EN EL VALLE DE CHILECITO, LA RIOJA, ARGENTINA, 2011. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – Guarapari, Brasil.

LUNA TOLEDO L., Figuerola P. (2016). Monitoreo de la fenología y fenometría del olivar a través de la dinámica del NDVI – MODIS en Vichigasta, en revista Argentina de Agrometeorología (RADA). Revista Digital | Volumen VII - Número Especial - Año 2016. p. 74, La Rioja.

MASSIRIS A. (2012). Gestión territorial y desarrollo. Hacia una política de desarrollo territorial sostenible en América Latina. Tunja: Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia.

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

MAYON, C.L. (1999). Depósitos de molibdeno y cobre diseminados en la Sierra de Famatina, La Rioja. En: Zapettini, E. (Ed.), Recursos Minerales de la República Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1495-1505.

MAZA, S.N., Leconte, K.L., Collo, G. (2011). Atenuación natural en un sistema con drenaje ácido asociado a la mina La Mejicana, Famatina, La Rioja. Actas XVIII Congreso Geológico Argentino, pp.1398–1399.

MIGUEL, R.; Gonzalez Ribot, J. (2016). EVOLUCIÓN HIDRODINÁMICA E HIDROQUÍMICA DEL SISTEMA ACUÍFERO EXPLOTADO EN LAS COLONIAS AGRÍCOLAS DE TILIMUQUI, MALLIGASTA ANGUINAN, DEPARTAMENTO DE CHILECTO, LA RIOJA. IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrología Subterránea., 2016. ISBN: 978-987-661-224-1: Hidrogeología Regional. Catamarca, Argentina

MIGUEL, R.E.; Gonzalez Ribot, J.V.; Agüero Alcaras, L.M.; Torres, N.A. (2015). Variación de niveles estáticos en las colonias agrícolas de Chilecito, La Rioja, en el período 2005-2014. Congreso Nacional de Agua (CONAGUA 2015). Editorial Asociación Internacional de Hidrogeólogos.

MIGUEL, R.E.; Gonzalez Ribot, V.J.; Gareis, M.C. (2017). Ampliación de la frontera agropecuaria y actividad agroindustrial en el Valle Antinaco-Los Colorados. Sus implicancias en el recurso hídrico subterráneo. En Lorenz, G.; Figueroa, M.E.; Giannuzzo, A.N.; Ludueña, M.E. (Eds.). El paisaje entre ciencia, educación y planificación: el legado que dejamos. VI Jornadas y III Congreso Argentino de Ecología de Paisajes. 1ra ed. Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Facultad de Ciencias Forestales.

OSTROM, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological System. SCIENCE. VOL 325 (2009) 419-422.

PARUELO J. M. & AGUIAR M.R. (2003). Impacto humano sobre los ecosistemas. El caso de la desertificación. CIENCIA HOY - VOLUMEN 13 N ° 77 (OCTUBRE - NOVIEMBRE, 2003).

PARUELO J. M. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. Ecosistemas 17 (3): 4-22. Septiembre 2008

PARUELO J. M. et al, (2014). Ordenamiento Territorial Rural – Concepto, métodos y experiencias. Universidad de Buenos Aires, MAGyP y FAO. Buenos Aires. Disponible on line en [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications).

**Montilla, Gareis, Juarez** / Elementos para el análisis de la sostenibilidad, a nivel de cuenca, de una fracción menor de territorio

PEDRAZA, M.A del R. (2014). Beneficios tributarios, impacto económico en la provincia de la Rioja 1980 – 2009 (2017). XXXIV Jornadas Nacionales de Administración Financiera. SADAF Docentes de Administración Financiera. Disponible en

[http://www.economicas.unsa.edu.ar/afinan/información\\_general/sadaf/xxxiv\\_jornadas/xxxiv-j-pedraza.pdf](http://www.economicas.unsa.edu.ar/afinan/información_general/sadaf/xxxiv_jornadas/xxxiv-j-pedraza.pdf) Fecha de consulta 29 de agosto de 2017.

PEROSA M., Rojas F., Villagra P., Tognelli M., Carrara R., Alvarez J. (2014). Distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en la Provincia Biogeográfica del Monte (Argentina). *Ecología Austral* 24:238-248. Agosto 201. Asociación Argentina de Ecología.

SALAS-ZAPATA, W. a. et al. (2012). Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos. *Ecología Austral* 22:000-000. Abril 2012. Asociación Argentina de Ecología.

TURNER, J.C., (1971). Descripción geológica de la hoja 15d, Famatina. Carta Geológica – Económica de la República Argentina. Editado por el Ministerio de Industria y Minería de la República Argentina, 1971. 96p.

TURNER II B. L., Roger E. KASPERSON, Pamela A. MATSON, James J. MCCARTHY, Robert W. CORELL, Lindsey CHRISTENSEN, Noelle ECKLEY, Jeanne X. KASPERSON, Amy LUERS, Marybeth L. MARTELLO, Colin Polsky, Alexander Pulsipher, and Andrew Schiller, (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS*. July 8, 2003, vol. 100, n. 14, p. 8075.

VARELA O., PARRADO M., BUEDO S. (2015). Diversidad de plantas vasculares del Valle Antinaco-Los Colorados, La Rioja, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 50 (3): 385-411. 2015. Los Colorados ISSN 0373-580 X.

VICH Alberto Ismael Juan. (1996). AGUAS CONTINENTALES, Formas y Procesos. Impreso en los talleres gráficos del Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua y el Ambiente (CELA), Mendoza.