

## **EcoGram: una herramienta para la mejora del manejo silvopastoril en Iberoamérica** **EcoGram: a tool for improving silvopastoral management in Ibero-America**

*P. Bustos<sup>1</sup>, R. Soler<sup>2</sup>, A. Bussoni<sup>3</sup>, G. Moreno<sup>1</sup>, M. Catalán<sup>1</sup>, G. Palomo<sup>1</sup>, E. Sales-Baptista<sup>4</sup>, A. Pinelli-Saavedra<sup>5</sup>, C. Munka<sup>3</sup>, P. Peri<sup>6,7,8</sup>, R. Martins<sup>10</sup>, J. Chara<sup>11</sup>, E. Somarriba<sup>13</sup>, C. Ovalle<sup>12</sup>, P. Sánchez<sup>9</sup>*

- (1) Universidad de Extremadura. Campus de Cáceres y Plasencia, España. pbustos@unex.es
- (2) Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), Tierra del Fuego, Argentina.
- (3) Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Uruguay.
- (4) Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas. Universidade de Évora. Portugal.
- (5) Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México.
- (6) Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina.
- (7) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Santa Cruz, Argentina.
- (8) Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), Santa Cruz, Argentina.
- (9) FEDEHESA, España
- (10) Universidade Federal de São João del Rei, Brasil
- (11) Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Cali, Colombia
- (12) Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Chile
- (13) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica

### **Resumen**

La red iberoamericana para la mejora tecnológica de sistemas silvopastoriles financiada por CYTED, EcoGram, busca mejorar los procesos de gestión de sistemas silvopastoriles (SSP) en Iberoamérica y en la Península Ibérica mediante la captura masiva de datos en terreno que faciliten la construcción posterior de modelos productivos. Para ello, se está involucrando a propietarios y gestores para que con sus dispositivos móviles aporten datos y respuestas, buscando una colaboración recíproca con los centros de investigación (ciencia ciudadana) que conforman la red. Se establecieron una serie de variables biofísicas que facilitan la interpretación de la información enviada. Dichas variables corresponden a uno de los grandes componentes de un SSP: arbolado, agua, ganado, pasto o suelo. Además, cada variable fue agrupada de acuerdo a su objetivo: de estado (ej., superficie de potreros), de manejo (ej., raleos), de producción (ej., madera, frutos) o de conservación (ej., biodiversidad). Para acceder a esta información se ha desarrollado una aplicación para móviles con la que el usuario puede enviar imágenes libres o rellenar formularios guiados que responden a una necesidad de datos concreta. Un ejemplo concreto es el subconjunto de estas variables referentes al funcionamiento de los procesos del ecosistema, que se transforman directamente en el Índice de Salud de Pastos. Los datos georreferenciados obtenidos se almacenan en la plataforma EcoGram, alojada en la Universidad de Extremadura, a la que tienen acceso todos los grupos de la red y que permitirá crear una base de conocimiento más amplia sobre los SSP y estimular la cooperación científica entre países.

**Palabras clave:** monitoreo, producción sostenible, tecnologías de la información, sistemas agroforestales

### **Abstract**

The Ibero-American Network for the technological improvement of silvopastoral systems: EcoGram, seeks to improve the management processes of silvopastoral systems (SSP) in Ibero-America through the use of an application for mobile devices. For its operation it is necessary to involve owners and managers in the continuous acquisition of data and questions, seeking a reciprocal collaboration with research centers (citizen science) and directed to the construction and maintenance of a high-quality data bank. For this, a series of biophysical variables were established that facilitate the interpretation of the information sent by the users. Each of these variables corresponds to one of the major components of an SSP: trees, cattle, grass or soil. In turn, each variable was grouped according to its objective: state (e.g., paddock area, productive purposes), management (e.g., thinning), production (e.g., wood, fruits) or conservation (e.g., biodiversity). To load this information, guided forms have been developed that facilitate the use of the tool. From a subset of these variables, the Rangeland Health Index was adapted to determine the functioning of ecosystem processes. The results obtained serve to integrate them into the EcoGram platform, which will allow for a broader knowledge base on the systems and the opportunity for scientific cooperation between countries.

**Keywords:** monitoring, sustainable production, information technology, agroforestry systems

### **Introducción**

El uso de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en el desarrollo productivo y sostenible está ganando terreno en los últimos años en todo el mundo (Heeks, 2010; Kostoska y Kocarev, 2019). El primer paso para un conocimiento profundo de los sistemas silvopastoriles (SSP) y ser de apoyo en las tomas de decisiones de los productores, es medir aquellos aspectos o fenómenos que puedan resultar de interés. Los SSP han sido estudiados desde aspectos tales como las interacciones entre los componentes pastoril, ganadero y forestal (Nair, 2009; Nurberg et al., 2009; Somarriba et al., 2012; Peri et al., 2016), pero existen pocos estudios que permitan a partir de las nuevas tecnologías, hacer partícipe a todos los involucrados en el proceso de manera directa. En este contexto, las TIC abren las puertas a la posibilidad de medir de forma recurrente y precisa múltiples variables potencialmente relevantes con las que se puedan caracterizar y construir modelos explicativos del sistema (Quiñones-Cuenca et al., 2017, Xiaojie et al 2019). Con el mismo esfuerzo, estas tecnologías permitirían crear un registro histórico de su evolución temporal a mayor escala. Pese a todo este potencial y el impacto que estas acciones tendrían en la mejora de los SSP en Latinoamérica, los problemas prácticos de la implantación de sensores y sistemas de medida específicos en grandes áreas con baja densidad de población y sin infraestructura energética o de comunicaciones son enormes (Nagel, 2012, Bakker et al, Vásquez-Bermúdez et al 2019, Bakker et al 2008). Una alternativa de gran potencial es el uso de imágenes satelitales que pueden proporcionar índices muy útiles (ej., clasificación de tipos de suelo o vegetación). Sin embargo, el nivel de detalle espacial y temporal, y muchas veces la posición o ángulo que se requiere en la medida para la caracterización de estos ecosistemas, está todavía lejos de lo que los satélites pueden ofrecer. Con unas prestaciones superiores en cuanto a resolución y maniobrabilidad, los drones están ocupando también un nicho de gran potencial (Cárdenas et

al., 2018, Lahkwani et al 2019), pero sus limitaciones de autonomía en las enormes extensiones de los SSP limitan también su aplicabilidad como herramientas de monitorización continua.

Como respuesta a esta necesidad y con el objetivo de incentivar el uso de las TICs en los SSP para mejorar su gestión y sostenibilidad, en el año 2016 se conformó la *Red Iberoamericana para la mejora tecnológica de sistemas silvopastoriles: EcoGram* que está financiada por CYTED. En esta red participan más de 100 investigadores y productores provenientes de 10 países de Iberoamérica. EcoGram propone como solución inmediata al problema del monitoreo de precisión, el uso del teléfono móvil como dispositivo captador de datos multimodales (video, imágenes, audio, texto, etc) con capacidad de almacenamiento local y transmisión en el momento de conectividad. El teléfono móvil puede ser ubicado por el propietario o trabajador de la explotación en múltiples lugares y en diferentes momentos, volviendo una y otra vez a los lugares de medida seleccionados sin que ello suponga un esfuerzo importante y a un coste económico nulo. El teléfono móvil dispone de varios sensores y se puede ampliar con dispositivos externos de medida (ej., sensor de humedad de suelo o de pH) que le transmitan los datos vía Bluetooth. A estas posibilidades casi sin límite hay que añadir el papel del usuario en la toma de datos. En los trabajos realizados en EcoGram, hay situaciones en las que el usuario tiene un papel fundamental en la medida y lo que se recoge es su respuesta a una pregunta concreta sobre el estado del entorno. El proceso para responder a estas preguntas puede implicar tomar una fotografía, contar y evaluar el número de árboles a su alrededor o estimar la proporción de un cierto tipo de plantas en el suelo que pisa. En cualquiera de los casos, la información capturada en el teléfono móvil queda referenciada espacial y temporalmente, y es enviada a un servidor en el momento en que hay cobertura o conectividad Wifi. Con esta filosofía, creemos que es posible movilizar a miles de propietarios y gestores de SSP en los territorios de aplicación, para crear un sistema de información a una escala sin precedentes y que permitirá mejorar los modelos existentes de los SSP.

### **Metodología de trabajo**

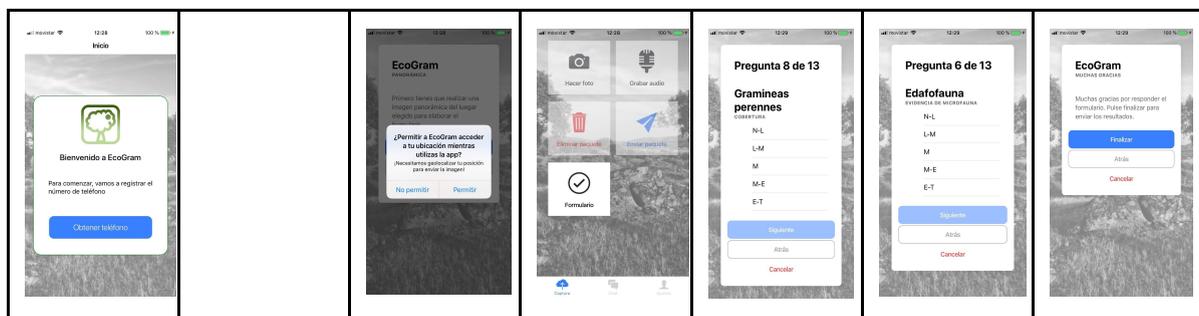
La red EcoGram busca mejorar los procesos de gestión de SSP en Iberoamérica y en la Península Ibérica a través del uso de una aplicación para dispositivos móviles (App). Para su funcionamiento fue necesario involucrar a propietarios y gestores en la adquisición continua de datos y preguntas, buscando una colaboración recíproca con los centros de investigación (ciencia ciudadana) y dirigida a la construcción y mantenimiento de un banco de datos de alta calidad. El estudio cubre una gran variedad de situaciones socio-productivas, desde extensos campos en Patagonia Argentina y México, hasta pequeños y medianos productores en el resto de los países. Para ello, se realizaron reuniones de trabajo entre los investigadores de cada país participante y se establecieron una serie de variables biofísicas que facilitan la interpretación de la información enviada por los usuarios. Para conducir la carga de esta información, se desarrollaron formularios guiados que facilitan el uso de la herramienta.

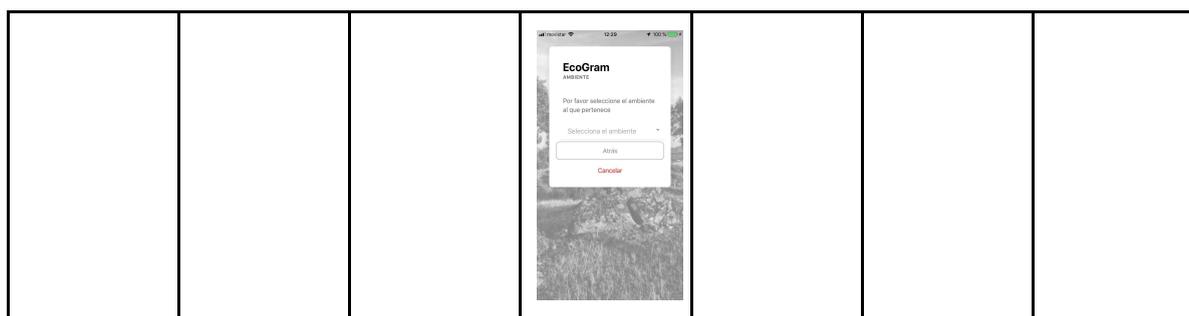
Por otro lado, se tomó el Índice de Salud de Pastos (ISP) adaptado previamente por el equipo de INDEHESA a partir del modelo propuesto por (Xu et al. 2019) para la Patagonia. Dicho índice, se basa en la comparación de cada sitio de monitoreo con el área de referencia determinada para ese ambiente y en virtud de lo próximo o alejado de la variable en cuestión (ej., suelo desnudo, descomposición de bostas, gramíneas perennes, regeneración) se establece una puntuación (entre -100 y +100). Esto permite situar el sitio en una escala fácilmente comparable con otros parámetros biofísicos de estimación directa, así como

evaluar el resultado de las prácticas de manejo instauradas en la finca. Para determinar el potencial forrajero y el funcionamiento de los procesos del ecosistema, el monitoreo se ha de realizar en una situación biológica similar en todo caso. Como referencia en pico de producción de biomasa y con no más de un 10% de floración de gramíneas.

## Herramientas tecnológicas

Como parte de los trabajos realizados en la red EcoGram, se ha diseñado e implementado un sistema de información orientado a la captura masiva de información de los ecosistemas de interés. La forma de llevar a cabo este objetivo es involucrar al mayor número posible de propietarios, gestores y trabajadores de las explotaciones, facilitándoles para ello una sencilla aplicación que descargan en su teléfono móvil y les permite enviar varios tipos de información a una servidor central. Se han dividido los contenidos que pueden enviar en dos tipos: eventuales y dirigidos. Los primeros son fotografías o audios que pueden enviar siempre que lo deseen y encuentren una situación o estado del medio que les parezca relevante. Los contenidos dirigidos tienen el formato de un formulario con varias preguntas que deben responder en secuencia y para ello se les ofrece una respuesta ya cuantificada. Un ejemplo de formulario es el que aparece en la Figura 1, diseñado para evaluar el índice de salud de pastos (ISP). Estos formularios pueden personalizarse para cada grupos de usuarios. Junto a esta funcionalidad, la aplicación cuenta con un servicio integrado de mensajería que mantiene en contacto al usuario con el grupo de investigación que coordina el uso de esta herramienta en cada región. Estos grupos tienen acceso al bando de datos generado a través de un sitio web, desde el que pueden visualizar la llegada de imágenes, mensajes y formularios completados. Este software se está ampliando actualmente para incluir nuevas herramientas que faciliten la gestión de las relaciones con los usuarios finales, la integración de nuevos usuarios y el análisis de los datos. Estos tres aspectos están estrechamente relacionados ya que, por ejemplo, cuando un nuevo usuario comienza a colaborar se introducen en el sistema los datos territoriales y productivos de su explotación. Con esa información se le indican una serie de puntos de muestreo en los que tomar las medidas que requiere el formulario *on-line* y las que debe volver periódicamente. Los primeros análisis de los datos recogidos pueden conducir a un cambio en la estrategia de muestreo, en la solicitud de datos adicionales a través de fotografías de elementos específicos o, incluso, la modificación de los elementos del formulario.





**Figura 1.** Capturas de la aplicación EcoGram donde se puede seguir el proceso de inicio, identificación, completado del formulario asignado, finalización y envío.

## Resultados y Discusión

Hasta el momento se han incluido 40 fincas (establecimiento productivos) de 7 países Iberoamericanos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Descripción general de las fincas experimentales en cada país participante de EcoGram, con detalle de la superficie de cada una y la proporción de superficie arbolada.

País	Entidad Responsable	Finca/Predio	Superficie (ha)	Superficie arbolada (%)
<b>Uruguay</b> (Rocha, Florida, Lavalleja, Flores, Maldonado)	Facultad de Agronomía - UdelaR	Lavalleja-Aigua	576	32%
		Rocha-Velázquez	230	2%
		Flores-Grutas del Palacio	231	6%
		Lavalleja-Mariscal	123	3%
		Flores-La Casilla 1	237	2%
		Flores-La Casilla 2	104	3%
		Florida-Reboledo	1.300	12%
		Florida- Cerro Colorado	695	8%
		Rocha India Muerta	109	45%
		Maldonado	334	37%
<b>España</b> (Mérida, Extremadura)	Fedehesa	La Rinconada	442	74,6%
<b>Argentina</b> (Patagonia Sur)	CONICET INTA UNPA	Ea. Pirinaica	22.305	65,3%
		Ea. El Roble	13.145	43,0%
		Ea. La Fueguina	15.729	69,8%
		Ea. Las Hijas	10.000	71,0%
		Ea. Morro Chico	27.296	19,4%
<b>Portugal</b> (Évora, Almeida)	Universidad de Évora	Paicão	231	79,6%
		Courelas	352	100%
		Defeza	267	40,0%
		Herdade da Mitra	150	0,0%
		Souséis	97	0,0%
		Falcoeira	523	86,0%
<b>México</b> (Sonora)	CIAD, A.C.	El Chileno	1.000	80%
		La Porcheña	315	60%
		La Cueva	14.000	90%
		El Chuvisco	10,5	4,7%
		Figval	58	40%
		Móchopa	76	59,2%
		El Pechohui	1000	40%

<b>Chile</b> (O'Higgins, Maule, Patagonia)		Cauquenes , Porvenir	20	sd
		Cauquenes La Quinta	25	sd
		La Estrella	600	sd
		Santa Dolores	400	sd
<b>Brasil</b> (Minas Gerais y Maranhão)	UFSJ	Fazenda Cuba	56,3	35,5%
		Fazenda Mona Lisa	783	28,7%
		Chacara das Gabirobas	26	57,7%

sd = sin datos

Asimismo, como resultado de las reuniones de trabajo y discusiones entre investigadores, se logró identificar 63 variables biofísicas (Tabla 2). Cada una de dichas variables corresponden a uno de los grandes componentes de un SSP: agua, arbolado, ganado, pasto o suelo. A su vez, cada variable fue agrupada de acuerdo a su objetivo: de estado (ej., superficie de potreros, fines productivos, esquema de pastoreo), de manejo (ej., raleos, podas, fertilización, suplemento para animales), de producción (ej., madera, frutos, carne, leche, lana) o de conservación (ej., especies indicadores de biodiversidad, actividad biológica, regeneración arbórea).

**Tabla 2.** Detalle de las variables biofísicas definidas y agrupadas de acuerdo a su objetivo (de estado, manejo, producción o conservación).

	<b>Agrosistema</b>	<b>Arbolado</b>	<b>Pasto</b>	<b>Ganado</b>	<b>Suelo</b>
<b>Estado</b>	Superficie Producciones Agro-esquema: Unidades Cercas Agua Precipitación Estación Seca Estación Fría	Origen Especies Edad Diversidad de tamaños Cobertura/ Densidad Altura dominante Utilidad	Origen Tipo Especies dominantes	Tipo Vocación Tipos de producción Carga Ganadera Herbívoros nativos	Tipo Prácticas de conservación del suelo
<b>Manejo</b>		Plantación Podas Claras Talas Descorche	Siembra Cosecha Limpieza Fertilización Esquema de pastoreo	Tiempo de permanencia Periodo de alimentación suplementaria	Movilización del suelo
<b>Producción</b>		Madera Leña Carbón Corcho Frutos	Biomasa: Cobertura Biomasa: Altura Calidad: leguminosas Calidad: malezas Calidad: otros indicadores Índice de Verdor: foto	Carne Leche Lana Animales de vida Bajas Alimentación suplementaria	
<b>Conservación</b>	Especies invasoras Actividad Biológica	Regeneración Ramoneo Residuos leñosos		% perennes Especies indicadoras	Materia orgánica Erosión Heces: densidad Heces: descomposición

Finalmente, se definieron un subconjunto de variables principalmente aquellas relativas al suelo pero también arbolado, arbustos y pastos (ej., suelo desnudo, erosión, encostramiento, descomposición de bostas, edafofauna, gramíneas perennes, leguminosas, arbustos, arbolado adulto, regeneración, productividad), para estimar el ISP (Tabla 3).

**Tabla 3.** Matriz de evaluación para calcular el Índice de Salud de Pastos (ISP) propuesta.

NUM.	ATRIBUTO	INDICADOR DE PROCESO	PUNTAJE	GRADO DE ALEJAMIENTO DEL AREA DE REFERENCIA				
				N-L	L-M	M	M-E	E-T
1	SUELO DESNUDO	% SUELO DESNUDO	20 A -20	< 5% 20	5 a 10% 10	10-25% 0	25 a 50% -10	> 50% -20
2	ESTABILIDAD/R ESISTENCIA DE LA SUPERFICIE	DUREZA DE COSTRA SUPERFICIAL	0 A -10	Suelo suelto (como mantequilla)	Leve encostramiento evidente.	Encostramiento delgado, débil, rompe facil.	Encostramiento evidente, duro, requiere presión con los dedos para romperse.	Encostramiento duro, requiere objeto metálico para romperse.
				0	0	0	-5	-10
3	EROSION HIDRICA	MICROSURCOS ACTIVOS	0 A -20	No se observan	No se observan	No se observan	La formación de microsurcos es moderadamente activa y bien definida en todo el sitio	La formación de microsurcos es severa y bien definida en casi todo el sitio
		SURCOS ACTIVOS		No se observan	No se observan	No se observan	Surcos visibles de ancho menor a 2 cm	Surcos muy visibles, de ancho
		CARCAVAS ACTIVAS		No se observan	No se observan	No se observan	Se observan con escasa frecuencia cárcavas activas	Se observan comunmente cárcavas activas
		TOTAL		0	0	0	-10	-20
4	EDAFOFAUNA	EVIDENCIA DE MICROFAUNA	10 A 0	Los signos de actividad de microfauna son abundantes y fáciles de encontrar	Leve a moderada reducción en los signos de microfauna.	Moderada reducción de los signos de microfauna. Algunos componentes ausentes	Poca abundancia de signos de microfauna en relación al potencial del sitio	Casi nulos signos de microfauna. Ausencia de componentes del ecosistema
				10	5	0	0	0
5	DESCOMPOSICI ON DE BOSTA	ANTIGÜEDAD DE BOSTAS	10 A 0	La bosta se descompone rapidamente, las bostas no están momificadas. Mucha actividad de insectos	La bosta se descompone algo más lento, pero las bostasmomificadas son minoría. Moderada	Algo de descomposición pero la mayoría de la bostas están momificadas. Poca actividad de insectos	Descomposición muy lenta, bostas momificadas. Escasa actividad de insectos	Descomposición muy lenta, bostas de mas de dos años. Escasa actividad de insectos
				10	5	0	0	0
6	GRAMINEAS PERENNES	COBERTURA	10 A 0	> 20% 10	5 a 20% 5	< 5% 0	< 5% 0	< 5% 0
7	LEGUMINOSAS	ABUNDANCIA Y VIGOR	10 A 0	Son abundantes > 20%, vigorosas y se reproducen	10-20%, vigor medio	0-10%, vigor bajo	No hay	No hay
				10	5	0	0	0
8	ARBUSTOS	TIPO	10 A -10	Especies arbustivas forrajeras con buen vigor y reproducción	Especies arbustivas forrajeras con buen vigor y sin reproducción	No hay	Especies arbustivas no palatables o no accesibles (jara, adelfa, zarzas)	Especies arbustivas no palatables o no accesibles muy abundantes y vigorosas
				10	5	0	-5	-10
9	ARBOLADO	SALUD DE ADULTOS	10 A -10	Mas del 75% de los arboles estan sanos	Entre el 60 y 75% de los arboles estan sanos	Entre 40 y 60% de los arboles estan sanos	Entre 20 y 40% de los arboles estan sanos	< 20% de los arboles estan sanos o hay < 15 pies /ha
		10	5	0	-5	-10		
10	PRODUCTIVIDAD	% DEL POTENCIAL (considerar los 3 estratos)	10 A -10	> 100 /ha renuevos, al menos 50% pasa de 2 m-	50-100/ha, 25 a 50 % supera 2 m-	20-50/ha, solo el 10% supera los 2 m	1-20 arboles, no supera los 2 m	sin regeneracion
				10	5	0	-10	-20
10	PRODUCTIVIDAD	% DEL POTENCIAL (considerar los 3 estratos)	10 A -10	Excede el 80% de la producción potencial del sitio para primavera u otoño basada en el clima reciente, Máxima fotosíntesis	60-80% de la producción potencial del sitio basado en el clima reciente	40-60% de la producción potencial del sitio basado en el clima reciente	20-40% de la producción potencial del sitio basado en el clima reciente	Menos del 20% de la producción potencial del sitio basado en el clima reciente. Mínima Fotosíntesis
				10	5	0	-5	-10

v

## Conclusiones

Los resultados parciales obtenidos sirven a los efectos de integrarlos a la plataforma de EcoGram lo que permitirá tener una base de conocimiento más amplia sobre los sistemas, y la

oportunidad de una cooperación científica entre países. El poder desarrollar tecnologías que incluyan a los productores e investigadores en una misma plataforma es un proceso de investigación participativa actualizado con las herramientas informáticas, lo que abre nuevas ramas de la investigación y aplicación en diferentes campos de acción. Asimismo se espera poder avanzar en la obtención de indicadores síntesis que permitan realizar evaluaciones más integradas de los componentes de las fincas y de intercambio entre los países.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen la financiación de CYTED a través de la Red Iberoamericana para la mejora tecnológica de sistemas silvopastorales, ref. 517RT0530.

### **Bibliografía**

Cárdenas, A., Moliner, A., Hontoria, C., Scherthanner, H., 2018. Analysis of land-use/land-cover changes in a livestock landscape dominated by traditional silvopastoral systems: a methodological approach. *International Journal of Remote Sensing*, 39(14), 4684-4698.

Heeks, R., 2010. Do information and communication technologies (ICTs) contribute to development? *Journal of International Development* 22(5), 625-640.

Kostoska O, Kocarev L., 2019. A Novel ICT Framework for Sustainable Development Goals. *Sustainability* 11(7), 1961; <https://doi.org/10.3390/su11071961>

Nagel, J., 2012. Principales barreras para la adopción de las TIC en la agricultura y en las áreas rurales. CEPAL, pp. 54.

Quiñones-Cuenca, M., González-Jaramillo, V., Torres, M., Jumbo, M., 2017. Monitoring System of Environmental Variables Using a Wireless Sensor Network and Platforms of Internet of Things. *Enfoque UTE* 8: 329-343.

Nair, R.P.K., Kumar, B.M., Nair, V.D., 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172, 10–23.

Nuberg, I., George, B., Reid, R., 2009. *Agroforestry for natural resource management*. CSIRO, Collingwood.

Xu, S., Rowntree, J., Borrelli, P., Hodbod, J., Raven, M.R., 2019. Ecological Health Index: A Short Term Monitoring Method for Land Managers to Assess Grazing Lands Ecological Health. *Environments* 6, 67; doi:10.3390/environments6060067

Xiaojie S, Xingshuang A, Qingxue Z, Huimin L, Lianming X, Xia S and Yemin G. State-of-the-Art Internet of Things in Protected Agriculture. *Sensors* 2019

Bakker, K. Ritts M. Smart Earth: A meta-review and implications for environmental governance. *Global Environmental Change* Vol 52 sept. 2018

Goubella C, Gonseca A. New Approaches to Environmental Monitoring: The Use of ICT to Explore Volunteered Geographic Information. *Geo Journal* 72(3) 2008

Vasquez-Bermudez MJ, Hidalgo J, Crespo-León K, Cadena-Iturralde J.. Citizen Science in Agriculture Through ICTs. A Systematic Review. CITAMA 2019, Guayaquil, Ecuador, January 22-25, 2019

Lakhwani K, Gianey H, Agarwal N, Gupta S. Development of IoT for Smart Agriculture a Review. Emerging Trends in Expert Applications and Security, January 2019

Peri, P.L., Dube, F., Costa Varella, A., 2016. Silvopastoral Systems in the Subtropical and Temperate Zones of South America: An overview, in: Peri, P.L., Dube, F., Costa Varella, A. (Eds.), *Silvopastoral Systems in Southern South America*. Springer, Gainesville, USA, pp. 1–8. doi:10.1007/978-3-319-24109-8

Raquel Gómez-ChablaEmail authorKarina Real-AvilésCésar MoránPaola GrijalvaTanya Recalde. IoT Applications in Agriculture: A Systematic Literature Review. 2nd International Conference on ICTs in Agronomy and Environment. 2019

Somarriba, E., Beer, J., Alegre-Orihuela, J., Andrade, H., Cerda, R., DeClerck, F., Detlefsen, G., Escalante, M., Giraldo, L., Ibrahim, M., Krishnamurthy, L., Mena-Mosquera, V., Mora-Delgado, J., Orozoco, L., Scheelje, M., Campor, J., 2012. Mainstreaming Agroforestry in Latin America, in: *Agroforestry -The Future of Global Land Use Advances in Agroforestry*. pp. 429–453. doi:10.1007/978-94-007-4676-3\_7