

C. Anexo: criterios e indicadores de valoración de SE en AS

Principio (P), criterio (C), adimensional (Adim.), número de (#), funciones ecosistémicas valoradas: regulación (R), producción (P), hábitat (H) e información (In), servicios ecosistémicos (SE)

Dimensión ecológica					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
Principio 1 – CEcol-1					
Índice de diversidad de Simpson (D)	Adim.	$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$ Donde: S: número de especies; N: total de organismos presentes; n: número de ejemplares por especie	(Galán & Pérez, 2012)	H	Hábitat Hdb-28 Hdb-29 Hmdb-30 Hmdb-31
Proporción de ganancia de especies	# especies / ha	$P = \frac{1}{1 - (1 - D)^z}$ Donde: P: proporción de ganancia de especies; D: área total; z: constante propuesta por Tilman (1994) citada en Portela y Rademacher (2001)	(Portela & Rademacher, 2001)	H	Hábitat Hdb-28 Hdb-29 Hmdb-30 Hmdb-31
Índice de Margalef	# especies	$I = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$ Donde: I: biodiversidad; s: número de especies presentes; N: número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)	(Galán & Pérez, 2012)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica Hmdb-30 Hmdb-31
Superficie con biodiversidad	ha	$\%AB = \frac{AB}{ATA} \times 100$ Donde: ATA: área total del agroecosistema; AB: área del agroecosistema con cobertura de bosques, arbustos, rastrojos, cercas vivas, riberas de ríos o quebradas	(IAD, 2017)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica Hmdb-30 Hmdb-31
Riqueza y abundancia de especies (H'-Índice de Shannon)	Adim.	$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ Donde: I: biodiversidad; S: número de especies presentes; pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (ni/N); ni: número de individuos de la especie i; N: número total de individuos de todas las especies	(Galán & Pérez, 2012)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica Hdb-28 Hdb-29 Hmdb-30 Hmdb-31
Riqueza de especies vegetales y animales (R)	# especies /ha	$R = \frac{N_e}{A}$ Donde: Ne: número de especies; A: área del agroecosistema	(Méndez & Bacon, 2005)	H	Hábitat Hdb-28

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
Abundancia de especies vegetales y animales (Ae)	# individuos de cada especie/ha	$A_e = \frac{\sum_{i=1}^n N_{spi}}{A}$ Donde: n: número de especies; N _{spi} : número de individuos de cada especie; A: área del agroecosistema	(Méndez & Bacon, 2005)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
Estratos arbóreos	#estratos/ha	$EA = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: n: número de estratos arbóreos	(Moraga et al., 2012)	H	Hábitat Mantenimiento de la diversidad biológica	Hab-29 Hmdb-31
Proporción de especies nativas vegetales y animales (PEN)	% especies nativas/ha	$PEN = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{N_t}$ Donde: N _i : número de especies nativas; N _t : número de especies totales en el agroecosistema.	(Moraga et al., 2012)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
Índice de rotación de cultivos (Ir)	%	$Ir = \left(\frac{S}{S_t}\right) \times 100$ Donde: S: superficie de praderas de 4 o más años de duración; S _t : superficie total que integra la rotación agrícola A mayor valor del índice Ir, será mayor la rotación de cultivos.	(Evia & Sarandón, 2002)	H	Hábitat Mantenimiento de la diversidad biológica	Hab-28 Hab-29 Hmdb-30 Hmdb-31
Manejo de la biodiversidad (rotación y diversificación) (MBRD)	#	$MBRD = C_1 + C_2$ Donde: C ₁ : biodiversidad temporal. (4): rota todos los años, (3): deja descansar 1 año el suelo o incorpora leguminosas o abonos verdes; (2): rota cada 2 o 3 años; (1): realiza rotaciones eventualmente; (0): no realiza rotaciones. C ₂ : biodiversidad espacial. (4): establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones entre ellos y con vegetación natural; (3): alta diversificación de cultivos, con media asociación entre ellos; (2): diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos; (1): poca diversificación de cultivos, sin asociaciones; (0): monocultivo.	(Sarandón, Zuluaga, Cieza, Janjetic & Negrete, 2008)	H	Hábitat Mantenimiento de la diversidad biológica	Hab-28 Hab-29 Hmdb-30 Hmdb-31
Índice ecológico (IE)	#	$IE = \left[\frac{(A_1 + A_2 + A_3)}{3} \frac{(2B_1 + B_2 + 2B_3)}{5} \frac{(C_1 + C_2)}{2} \right] \frac{1}{3}$ Donde: PCS: prácticas de conservación de la vida de suelo; A1: manejo de la cobertura vegetal, A2: rotaciones de cultivos; A3: diversificación de cultivos; Re: pérdida de suelo por erosión; B1: pendiente predominante, B2: cobertura vegetal, B3: orientación de los surcos; Mb: manejo de la biodiversidad, rotación y diversificación; C1: biodiversidad temporal, C2: biodiversidad espacial	(Sarandón, Zuluaga, Cieza, Janjetic & Negrete, 2008)	H R	Mantenimiento de la diversidad biológica Retención de suelo	Hmdb-30 Hmdb-31 Rrs-14 Rrs-15
Biodiversidad funcional (BF)	#	Escala = n ₀ ...n ₃	(Iermanó, Sarandón, Tamagno & Maggio, 2015)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia) Polinización Control biológico Mitigación del cambio climático Regulación del microclima	Rpa-6 Rpa-7 Rp23 Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27 Rg-2 Rg-3 Rc-4

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Principio 1 – CEcol-2						
Estructura agroecológica principal (EAP)	#	$EAP = EEP + ECE + DCE + ECI + DCI + US + MA + OP + PC + CA$ <p>Donde: EEP: conexión con la estructura ecológica principal del paisaje, éste parámetro valora la distancia de la finca en relación con los fragmentos cercanos de vegetación natural, principalmente coberturas boscosas; ECE: extensión de conectores externos (se evalúa la extensión lineal y la superficie de las cercas vivas, presentes en el perímetro de las fincas); DCE: diversificación de conectores externos (se evalúa la funcionalidad de las cercas vivas o setos localizados en el perímetro del agroecosistema mayor); ECI: extensión de conectores internos (se evalúa la extensión lineal de las hileras de vegetación, pero a nivel interno); DCI: diversificación de conectores internos (se evalúa la diversificación de las cercas vivas internas); US: usos del suelo (se evalúa las actividades y los modelos productivos de la finca); MA: manejo de arvenses (valora las prácticas y sistemas de manejo de las plantas adventicias); OP: otras prácticas de manejo (expresa los tipos de sistemas productivos, ecológico, convencional, o en transición, de cada finca); PC: evalúa el grado de claridad conceptual y conciencia de los productores respecto a la agrobiodiversidad; CA: evalúa las capacidades y posibilidades de los agricultores para establecer, mantener o mejorar su EAP.</p>	(León, Mendoza & Córdoba, 2014; Cleves-Leguizamo, Toro-Calderón, Martínez-Bernal & León-Sicard, 2017)	H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
				R	Regulación de gases-mitigación del cambio climático	Rg-2 Rg-3
					Prevención de alteraciones	Rpa-6 Rpa-7
					Polinización	Rp-23
					Control biológico	Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27
					Regulación del microclima	Rc-4 Rc-5
Especies de aves migratorias (EAM)	#	$EAM = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ <p>Donde: I: biodiversidad; S: número de especies presentes; pi: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (ni/N) (ni: número de individuos de la especie i; N: número total de individuos de todas las especies)</p>	(Musacchio & Grant, 2002)	H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
Conectividad (C)	m	$C = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{N}$ <p>Donde: N: número de puntos; di: distancia del vecino más cercano para el punto i, distancia entre coberturas de la misma clase.</p>	(Garay & Fernández, 2014)	H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
Principio 2 – CEcol-3						

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
Diversidad de insectos benéficos (DIB)	# especies	$DIB = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: ni: especie con potencial de control biológico	(Rodríguez, Roperó & Ambrecht, 2016; Vera, Gil & Benavides, 2008)	R	Control biológico	Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27
Diversidad de insectos polinizadores (DIP)	# especies	$DIP = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: ni: especies polinizadoras	(Cepeda-Valencia, Gómez & Nicholls, 2014)	R	Polinización	Rp-23
Energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior (EIAE)	%	$\%EIAE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n EIAE_i}{\sum_{i=1}^n ETUA_i} \right) \times 100$ Donde: EIAE: energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior, derivada de fertilizantes de síntesis química, combustibles y electricidad (MJ / ha año); ETUA: energía total usada en el agroecosistema EGA+EIAE (MJ / ha año); EGA: energía generada y aprovechada en el agroecosistema, derivada de leña, biogás, fertilizantes orgánicos y cosechas (MJ / ha año); Los SE valorados contribuyen a reducir la energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior.	(Altieri et al., 2012; Funes-Monzote, 2011; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Asimilación de residuos	Rar-21
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19
Residuos biodegradables aprovechados	%	$\%RBA = \left(\frac{MRB}{MTRG} \right) \times 100$ Donde: % RAB: residuos biodegradables aprovechados; MRB: masa de Residuos biodegradables aprovechados; MTRG: masa total de residuos generados	(Fu et al., 2000)	R	Materias primas (conversión de la energía solar en biomasa)	Pmp-37
				R	Asimilación de residuos	Rar-21
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19
Principio 2 – CEcol-4						
Semillas y especies de uso tradicional adaptadas a condiciones locales (SUT)	#	$SUT = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: ni: semillas y especies de uso tradicional implementadas en el agroecosistema	(Córdoba-Vargas, 2017)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
				P	Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
				I	Recursos ornamentales	Pro-42
Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46					
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
Índice de resiliencia socio ecológica (IRSE)	#	$IRSE = 1/Riesgo$ $Riesgo = \left(\frac{Vulnerabilidad}{Capacidad\ de\ respuesta} \right) \times (Amenza)$ Donde: IRSE: a mayor riesgo menor resiliencia socio-ecológica; Riesgo: fenómeno de origen natural (huracán, sequía, inundación, entre otros) o humano, relacionada con un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada de productores y que sea vulnerable a ese fenómeno.	(Salazar, 2013)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7

Dimensión ecológica					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
		Amenaza: probabilidad de que ocurra un riesgo (intensidad, frecuencia) frente al cual esa comunidad particular y sus fincas es vulnerable. Vulnerabilidad: incapacidad de una comunidad de productores para “absorber”, mediante el autoajuste o Capacidad de respuesta, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente. (Diversidad paisajística, diversidad vegetal, pendiente, cercanía a bosques o cerros protectores, cercanía a cuerpos de agua y susceptibilidad del suelo a la erosión).			
Principio 3 – CEcol-5					
Uso de insumos externos (combustibles fósiles y agroquímicos) (IE)	%	$IE = \left(\frac{IE_f}{IT} \right) \times 100$ Donde: IEf: insumos utilizados en la producción que provienen del exterior de la finca; IT: total de insumos usados para la producción.	(Altieri et al., 2012; Funes-Monzote, 2011; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Asimilación de residuos Rar-21
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-16 Rfs-19
Aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía (APFRE)	%	$APFRE = \left(\frac{PAFRE}{DES} \right) \times 100$ Se analiza el potencial de uso de fuentes renovables de energía y su relación con las tecnologías apropiadas para la finca. Donde: PAFRE: potencial aprovechado de las FRE (fuentes renovables de energía) con tecnologías apropiadas (kilowatts-horas); DES: demanda de energía del sistema (kilowatts-horas).	(Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Asimilación de residuos Rar-21
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-16 Rfs-19
				P	Materias primas Pmp-37
Principio 3 – CEcol-6					
Dinámica media de sombra (DS)	Área de sombra m ² /ha	$DS: AS \times NA$ $AS = 280 \left(\frac{E}{(47.6 + E)} \right)$ Donde: AS: área de sombra m ² /árbol E: edad árbol NA: número de árboles #/ha	(Andrade & Segura, 2016)	R	Regulación del clima Rc-4 Rc-5
					Prevención de alteraciones (resiliencia) Rpa-6 Rpa-7
					Regulación hídrica Rh-9 Rh-10
					Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-18 Rfs-19
					Polinización de los cultivos Rp-23
				H	Hábitat Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la biodiversidad biológica Hmdb-31
Velocidad del viento (V)	Kph	$V = Fi$ Donde: Fi: fuerza de la velocidad del viento. Fuerza: 0 calmo; velocidad menor a 2 kilómetros por hora (kph). Fuerza: 1 aire ligero; velocidad: 2-6 (kph). Fuerza: 2 brisa ligera; velocidad: 7-11 (kph). Fuerza: 3 brisa suave; velocidad: 12-19 (kph). Fuerza: 4 brisa moderada; velocidad: 20-29 (kph). Fuerza: 5 brisa moderada; velocidad: 30-39 (kph). Fuerza: 6 brisa fuerte; velocidad: 40-50 (kph). Fuerza: 7 ventarrón moderado; velocidad: 51-61 (kph). Fuerza: 8 ventarrón medio; velocidad: 62-74 (kph).	(Alanoca, 2012)	R	Regulación del clima Rc-4 Rc-5
Principio 3 – CEcol-7					
	%			R	Regulación hídrica Rh-9

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Índice de escasez de agua (Ie)		$Ie = D/O_h \times 100$ Donde: D: demanda total de agua en el agroecosistema (m ³) (cultivos, animales, uso doméstico). O _h : oferta hídrica (m ³).	(Reinoso, Durango & Sandoval, 2011)		Rh-10 Rh-11	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
Disponibilidad de agua para el cultivo en el suelo (IHS)	#	$IHS = \frac{Evapotranspiración\ real}{Evapotranspiración\ potencial}$ El IHS varía entre 0 y 1. Si 1>IHS>0,8 entonces no hay deficiencia de agua. Si 0,8>IHS>0,6 entonces la deficiencia de agua es moderada. Si IHS< 0,6 entonces la deficiencia de agua es alta.	(Farfan & Mestre, 2004)	R	Rh-8 Rh-9 Rh-10 Rh-11	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
Índice de satisfacción de necesidades hídricas (ISNH)	#	Caracteriza la disponibilidad de agua en el suelo para el cultivo y depende de la relación entre los valores de precipitación y evapotranspiración potencial.	(FAO, IIASA, 2000)	R	Rh-9 Rh-10	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
Uso de agua en el cultivo (UAC)	m ³ /ha año	$UAC_{(c)} = RAC_{(c)} \frac{Producción_{(c)}}{Rendimiento_{(c)}}$ Representa el uso de agua para producir una cantidad determinada de toneladas de un cultivo. Donde: RAC _[c] : (m ³ /ha) corresponde a los requerimientos de agua de un cultivo medidos en campo. Producción: es el volumen total del cultivo [c] producido durante el año (t/año). Rendimiento: es el volumen de producción del cultivo [c] por unidad de área de producción (t/ha).	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Rh-9 Rh-10	
				Regulación del clima	Rc-4	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
				Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18	
Requerimiento de agua de un cultivo (RAC)	(m ³ ha/año)	$RAC_c = 10 \left(\sum_{d=1}^{lp} ET_c[c, d] \right)$ El RAC mide el total de agua necesaria para la evapotranspiración del cultivo durante todo el proceso siembra-cosecha. Donde: ET _c (mm/día): acumulación de datos de evapotranspiración diaria del cultivo, desde siembra a la cosecha (el factor de 10 permite convertir los mm/m ² en m ³ /ha). Lp: cantidad de días del periodo de crecimiento del cultivo.	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Rh-9 Rh-10	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
				Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18	
				Asimilación de residuos	Rar-22	
				Regulación del clima	Rc-4	
Evapotranspiración diaria del cultivo (ETc)	(mm/día)	$ETc = Kc \times ETr$ Donde: ET _c : evapotranspiración del cultivo en mm/día. K _c : coeficiente del cultivo (adimensional). E _{Tr} : evapotranspiración de referencia en mm/día	(Allen, 2006; Cardona & Ochoa, 2013)	R	Rh-9 Rh-10	
				Abastecimiento de agua	Raa-13	
				Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18	
				Asimilación de residuos	Rar-22	
				Regulación del clima	Rc-4	
Consumo de agua para actividades de transformación de los productos (CATP)	Litros/Kg de producto transformado	$CATP = \sum_{p=1}^n C_i / P_i$ Donde: C _i : consumo de agua para la transformación del producto i. P _i : peso producido del producto i	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Abastecimiento de agua	Raa-13
Consumo de agua para el uso doméstico (CAUD)	m ³ /mes	$CAUD = (Cd/mes)$ Donde: Cd: Consumo de agua para actividades domésticas.	(Cardona & Ochoa, 2013; Cerdán et al., 2012; Bacon et al.,	R	Abastecimiento de agua	Raa-13

Dimensión ecológica					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
			2012; Rositano & Ferraro, 2014)		
Agua virtual contenida en un cultivo (AVCc)	m ³ /ton producto	$AVCc = UACc / Producciónc$ <p>El indicador mide la eficiencia en el uso del agua por tonelada producida. Donde: UAC: requerimientos de agua para el cultivo (m³). Producción: cantidad de producto producido (ton)</p>	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación del clima Rh-9 Rh-10 Abastecimiento de agua Raa-13 Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-18 Asimilación de residuos Rar-22
Agua contaminada generada (HHA)	m ³ /ha	$HHA = HHA_{verde} + HHA_{azul} + HHA_{gris}$ <p>Donde: HHA_{verde}: agua verde, volumen de agua natural (lluvia, superficial o subterránea) usada por el cultivo con relación a la producción total del cultivo. HHA_{azul}: agua azul, volumen de agua de riego usada por el cultivo, con relación a la producción del cultivo. HHA_{gris}: agua gris, tasa de aplicación química por hectárea con relación a los parámetros máximos permitidos de sustancias químicas en el agua.</p>	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación del clima Rh-9 Rh-10 Abastecimiento de agua Raa-13 Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-18 Asimilación de residuos Rar-22
Tratamiento de aguas residuales (domesticas, derivadas del cultivo y procesos) (ART)	%	$\% ART = (ART / TAR) \times 100$ <p>Donde: ART: aguas residuales tratadas m³ (ha/año). TAR: total de agua residual generada m³ (ha/año). Escala: n₀...n₃, porcentaje de tratamiento aguas residuales (4) del 76% al 100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 10% al 25% (0) menor al 10%.</p>	Autor (2018) basado en (Cerdán et al., 2012; Bacon et al., 2012; Rositano & Ferraro, 2014)	R	Asimilación de residuos Rar-21 Rar-22
Agua verde (HHA_{verde})	m ³ /ton	$HHA_{verde} = AUC_{verde} / p$ <p>Donde: AUC_{verde}: volumen de agua natural (lluvia, superficial o subterránea) usada por el cultivo en m³ /ha. P: producción t/ha.</p>	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación del clima Rh-9 Rh-10 Abastecimiento de agua Raa-13 Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-18 Asimilación de residuos Rar-22
Agua azul (HHA_{azul})	m ³ /ton	$HHA_{azul} = AUC_{azul} / p$ <p>Donde: AUC_{azul}: volumen de agua de riego usada por el cultivo, con relación a la producción del cultivo. P: producción t/ha.</p>	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación hídrica Rh-9 Rh-10 Abastecimiento de agua Raa-13
Agua gris (HHA_{gris})	m ³ /ton	$HHA_{gris} = (\alpha \times AQ / C_{max} - C_{nat}) / p$ <p>Representa la tasa de aplicación química por hectárea con relación a los parámetros máximos permitidos de sustancias químicas en el agua. Donde: α: fracción de aplicación. AQ: aplicación química por hectárea. C_{max}: concentración máxima permitida de sustancias químicas. C_{nat}: concentración natural de sustancias químicas. P: producción (ton/ha).</p>	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación del clima Rh-9 Rh-10 Abastecimiento de agua Raa-13 Formación de suelo y regulación de nutrientes Rfs-18 Asimilación de residuos Rar-22

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Índice de Calidad Físicoquímica del Agua (ICA)	Número	$ICA = N$ El ICA considera el agua captada, generada o vertida en el agroecosistema. Donde: N: valor de calidad del agua. Excelente: 91 a 100. Buena: 71 a 90. Regular: 51 a 70. Mala: 26 a 50. Pésima: 0 a 25. Parámetros: oxígeno disuelto, bacterias coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, variación de la temperatura en el agua y ambiental, turbidez y sólidos totales.	(Cardona & Ochoa, 2013)	R	Regulación	Rar-22
Prácticas de cosecha, protección y uso eficiente del agua (PCA)	Número	$PCA = E1 + E2 + E3 / 3$ Donde: E1 = \sum (estrategias de almacenamiento de agua) Embalses grandes (1), embalses pequeños y medios (1), conservación in situ en el suelo (1), micro tanques (1). E2 = \sum (estrategias de cosecha de agua) Cosecha de agua de lluvia (2), cosecha de agua de neblina (2), E3 = \sum (estrategias de protección y uso eficiente de agua) Riego por localizado (goteo, microaspersión) (1), utilización de abonos, compost y abonos verdes (1), agrosilvicultura (sombra, aporte de materia orgánica) (1), tratamiento de agua contaminada: letrinas y pozos sépticos (1). Nota: el valor otorgado a cada estrategia (E1, E2, E3) será la suma de las acciones aplicadas.	Autor (2018) Basado en (Cardona & Ochoa, 2013)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
					Regulación hídrica	Rh-9 Rh-10
					Abastecimiento de agua	Raa-13
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19
					Polinización de los cultivos	Rp-23
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
Mantenimiento de la biodiversidad biológica	Hmdb-31					
Precipitación (\bar{P})	mm/m ²	Donde: \bar{P} = Precipitación media anual	(Ferreira et al., 2016)	R	Regulación hídrica	Rh-9 Rh-12
Disponibilidad de agua subterránea (D_{as})	m ³	$D_{as} = 0.1(\bar{P})$ Donde \bar{P} : precipitación media anual.			Regulación hídrica	Rh-9 Rh-12 Rh-10
Eficiencia en los sistemas de irrigación	%	Eficiencia o cantidad de agua útil para las plantas en el suelo según el método de riego, tomando como referencia: Superficial: riego tradicional del 10% al 30%; riego en curvas de nivel del 30% al 60%; riego por bordes del 40% al 80%; riego por surcos del 40% al 85%. Presurizado: riego por aspersión del 50% al 90%; riego por micro jet del 60% al 95%; riego por goteo del 65% al 95%.	(Hoyos, 2002)	I	Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
Factor de variabilidad climática (FVC)	Factor adimensional	$FVC = \text{Nivel de probabilidad que indica la cantidad mínima de precipitación pluvial probable.}$ Escenario 1: 75% de probabilidad, cantidad mínima de precipitación que se espera que ocurra en tres de cada cuatro años. Escenario 2: 50% de probabilidad, cantidad mínima de precipitación que se espera que ocurra en dos de cada cuatro años.	(Ferreira et al., 2016)	R	Regulación hídrica	Rh-8
					Abastecimiento de agua	Raa-13
					Regulación del clima	Rc-5
Principio 3 – CEcol-8						
Residuos no biodegradables y peligrosos generados (proporción del total generado) (RNBG)	%	$\% RNBG = (RNBG / RTG) \times 100$ Se consideran los empaques o envases de agroquímicos y combustibles, pilas, plásticos, entre otros. Donde: RTG: residuos totales generados en el agroecosistema. Del 80% al 100% (1), del 60% al 79% (2), del 30% al 59% (3), del 0% al 29% (4).	(Autor, 2018)	R	Asimilación de residuos	Rar-22

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Estructura del suelo (Es)	#	$Es = N$ Donde: N: valor de estructura del suelo. Estructura Suelo polvoso, sin gránulos visibles (1). Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5). Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10).	(Altieri & Nicholls, 2002)	R	Regulación de gases	Rg-2
Compactación e infiltración del suelo (CIs)	#	$CIs = N$ Donde: N: valor de compactación e infiltración. Compacto, se anega (1). Presencia de capa compacta delgada, el agua se infiltra lentamente (5). Suelo no compacto, el agua se infiltra fácilmente (10).			Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11
Profundidad del suelo (Ps)	Número	$Ps = N$ Donde N: valor de profundidad del suelo. Subsuelo casi expuesto (1). Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm (5). Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm (10).			Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15
Materia orgánica en el suelo (MOs)	ton/ha año	Cantidad de materia orgánica en toneladas por hectárea, en función del número de árboles y la edad de los árboles.	(Altieri & Nicholls, 2002; Cardona & Sadeghian, 2013).	R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19
					Asimilación de residuos	Rar-22
					Regulación de gases	Rg-1 Rg-2
				H	Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11
					Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20
					Polinización de los cultivos	Rp-23
Nivel de degradación de materiales orgánicos residuales en el suelo (NDMOs)	Número	$NDMOs = N$ Donde N: valor de estado de residuos en el suelo. Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1). Se mantienen residuos del año anterior en proceso de descomposición (5). Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10).	(Altieri & Nicholls, 2002; Cardona & Sadeghian, 2013).	R	Hábitat	Hab-28 Hab-29
Densidad aparente (DA)	g / cm ³	$DA = 1,77 - 0,14 MO + 0,006 MO^2 - 0,00008 MO^3 (R^2=0,69)$ Ecuación reportada por la fuente consultada, basado en datos de campo para la zona cafetera colombiana. Una baja densidad aparente indica suelos porosos, bien aireados y con buen drenaje.			Regulación de gases	Rg-2
					Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11
					Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19
Retención de humedad en el suelo (RHs)	%	$Hv = 2E-05 \times DS + 0,37$ Se calcula en función de la humedad volumétrica (Relación entre el volumen de agua y el volumen total o aparente del suelo seco en %).	(Salamanca & Sadeghian, 2005)	R	Polinización de los cultivos	Rp-23
Desarrollo de raíces (DRs)	#	$DRs = N$ Donde: N: valor de desarrollo de raíces. Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1). Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5).			Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11
			(Jaramillo-Robledo & Cháves-Córdoba, 1999; Cardona & Sadeghian, 2006)	Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11	
			(Altieri & Nicholls, 2002;	R	Regulación de gases	Rg-2
					Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica							
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados		
Cobertura del suelo (Cs)		Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10).	IAD, 2017; Moraga et al., 2012)				
	#	$Cs = N$ Donde N: valor de Cobertura de suelo. Suelo desnudo (1). Menos de 50 % del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5). Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta (10).				Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11
	%	$\% Cs = \left(\frac{\sum SCCR - \sum SD}{365} \right) \times 100$ Donde SCCR: número de días con suelo cubierto por cultivos o por residuos de cultivos. SD: número de días de suelo desnudo.				Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15
	%	$\% Cs = \left(\frac{SC}{Aa} \right) \times 100$ Donde: SC: Suelo con cobertura (m ²). Aa: área total agroecosistema (m ²)					
Erosión (E)	%	$E = N$ Donde: N: valor de erosión del suelo. Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canalillos (1). Erosión evidente, pero poca (5). No hay mayores señales de erosión (10).		Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19		
Actividad biológica en el suelo (Abs)	# lombrices / m ²	$Abs = \# \text{ lombrices} / m^2$ Hace referencia al número de lombrices por m ² hasta 10 cm de profundidad.	(Vásquez-Vela, 2014; Montagnini et al., 2015)	R	Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11	
					Asimilación de residuos	Rar-21	
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17 Rfs-20	
					Polinización de los cultivos	Rp-23	
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29	
		Mantenimiento de la biodiversidad biológica	Hmdb-31				
Riesgo de erosión (Re)	#	$Re = 2B_1 + B_2 + 2B_3$ Donde: B ₁ : pendiente predominante. (4): del 0 al 5 %; (3): del 5 al 15 %; (2): del 15 al 30 %; (1): del 30 al 45 %; (0): mayor al 45 %. B ₂ : cobertura vegetal. La misma le provee al suelo una protección contra los agentes climáticos y al riesgo de erosión. (4): 100% de cobertura; (3): 99 a 75 %; (2): 74 a 50 %; (1): 49 a 25 %; (0): 24 a 0 % de cobertura. B ₃ : orientación de los surcos. (4): curvas de nivel o terrazas; (3): surcos perpendiculares a la pendiente; (2): surcos orientados 60° con respecto a la pendiente; (1): surcos orientados 30° con respecto a la pendiente; (0): surcos paralelos a la pendiente.	(Sarandón et al., 2008)	R	Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15	
Pérdida suelo por erosión (Pse)	Ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS)	$A = R \times K \times L \times S \times C \times P$ Donde: A: pérdida promedio anual de suelo (mg/ha). R: factor de erosividad de la lluvia (MJ mm/ha h). K: factor erosionabilidad del suelo (Mg ha h/ MJ mm ha). L: factor longitud de la pendiente (adimensional). S: factor grado de la pendiente (adimensional). C: factor cobertura y manejo de cultivos (adimensional). P: factor prácticas mecánicas de conservación (adimensional).	(Portela & Rademacher, 2001; Pérez-Nieto, Valdés-Velarde & Ordaz-Chaparro, 2012)	R	Regulación de gases	Rg-2	
					Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11	
Factor de cobertura y	#	$Fcms = 0.02^{(-0.01Xa)}$			Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15	

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
manejo del suelo (Fcms)		Cam = 0.02 EXP (-0.01 Xa) EXP (-0.01 Xm). (Fcms) como factor sustituto del factor C en la EUPS. Donde: Fcms: factor cobertura arbustiva y por mantillo de la EUPS en sistemas agroforestales de café bajo sombra. Xa: cobertura arbustiva (%). Xm: cobertura por mantillo ajustada por su espesor (%)		Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19	
				Asimilación de residuos	Rar-22	
Aporte de elementos mayores y menores (N,P,K,Mg,S)	#	Muestreo de suelos considerando: medición de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cloro. Composición granulométrica o textura, contenido en materia orgánica, pH del suelo, carbonatos totales. Nitrógeno mineral, fósforo asimilable, potasio cambiante, magnesio cambiante, oligoelementos asimilables. N fijado por las leguminosas, N fijado por los microorganismos libres en el suelo, N mineralizado a partir de la materia orgánica del suelo, N cedido por algún aporte orgánico anterior.	(Portela & Rademacher, 2001)	Retención de suelo	Rrs-14 Rrs-15	
				Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-19	
				Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22	
				Conversión de energía solar en biomasa	Pmp-39	
Nitrógeno en el suelo (NS)	kg N / ha año	$NS = Abs \times Hum \times Nt$ Donde: Abs: actividad biológica en el suelo (# lombrices / m²). Hum: humus producido lombriz/año. Nt: nitrógeno total contenido por kg de humus de lombriz. NS: nitrógeno aportado al suelo por la actividad biológica de lombrices hasta 10 cm de profundidad.	(Merino, 1986; Durán-Umaña & Henríquez-Henríquez, 2006)	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-19	
Prácticas de Conservación de la vida en el suelo (PCVS)	Número	$PCS = (A1 + A2 + A3) / 3$ A1: manejo de la cobertura vegetal; la misma provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. (4): 100% de cobertura; (3): 99 a 75 %; (2): 75 a 50 %; (1): 50 a 25 %; (0): < 25 %. A2: rotaciones de cultivos; (4) rota los cultivos todos los años. Deja descansar un año el lote, incorpora leguminosas o abonos verdes; (3): rota todos los años, no deja descansar el suelo; (2): rota cada 2 o 3 años; (1): realiza rotaciones eventualmente; (0): no realiza rotaciones. A3: diversificación de cultivos; (4): establecimiento totalmente diversificado, con asociaciones de cultivos y con vegetación natural; (3): alta diversificación de cultivos, con asociación media entre ellos; (2): diversificación media, con muy bajo nivel de asociación entre ellos; (1): poca diversificación de cultivos, sin asociaciones; (0): Monocultivo. Nota: el valor otorgado a cada estrategia (A1, A2, y A3) es excluyente.	(Sarandón et al., 2008)	Regulación hídrica	Rh-10 Rh-11	
				Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15	
				Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18 Rfs-19	
				Asimilación de residuos	Rar-22	
Principio 3 – CEcol-9						
Captura de CO ₂ (CDC)	Kg de CO ₂ -eq / ha	Captura de CO ₂ para árboles: $Biomasa\ de\ árboles = \sum_{i=1}^n 10^{(2.3408 \times Log DAP_i - 0.9578)}$ Captura de CO ₂ para Cafetos: $Biomasa\ de\ plantas = \sum_{i=1}^n 10^{(-1.15 + Log(DBi) + 0.54 \times Log(hi))}$ Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho (cm). DB: diámetro basal de planta de café a 15 cm del suelo (cm); h: altura total de una planta de café (m). Los resultados de los cálculos usando las fórmulas se multiplican por la densidad de siembra para árboles y cafetos para obtener las cantidades de la biomasa fijada por	(Moraga et al., 2012)	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-2 Rg-3	

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión ecológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
		hectárea; esas cifras se multiplican por 0,48 (cafetos) y 0,5 (árboles) (panel intergubernamental de cambio climático, IPCC) y se divide entre 1000 para obtener el promedio de toneladas de carbono fijado por hectárea (Moraga et al., 2012).				
Captura de carbono en fuste (CA)	Kg de CO ₂ -eq /ha	$CA = B \times Fc$ Donde: C: carbono almacenado, (t/ha de C). B: biomasa total (t/ha de C). Fc: 0,5 (panel intergubernamental de cambio climático, IPCC).	(López, 2012)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1 Rg-2 Rg-3
Emisiones de GEI por energía generada (EGEIE_n)	Kg de CO ₂ -eq /ha	$EGEIE_n = EGEI / UEG$ Donde: EGEI: cantidad de CO ₂ -eq emitido. UEG: unidad energética generada en el agroecosistema.	(IAD, 2017)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1 Rg-2 Rg-3
Balance positivo de carbono y GEI (Captura-emisión)	Kg de CO ₂ -eq /ha	Herramienta ex-ante, carbon-balance tool: http://www.fao.org/tc/exact/pagina-principal-de-ex-act/es/ Herramienta: "climate change mitigation tracking tool" (http://www.thegef.org/gef/tracking_tool_CCM).	(Montagnini, Somarriba-Chávez, Fassola & Eibl, 2015)		Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1 Rg-2 Rg-3
Emisión de gases de efecto invernadero (EGEI)	Kg de CO ₂ -eq / Kg de café verde producido/ha	$EGEI = EGEI_{Producción} + EGEI_{Procesamiento}$ $EGEI_{Producción} = AFO + AFN + ACC + UCF$ $EGEI_{Procesamiento} = UCF + UL + UE$ Donde: Emisión GEI Producción: AFO: aplicación de fertilizantes orgánicos compostaje. AFO: 0,15 kg CO ₂ emitido por kg café verde producido. AFN: aplicación de fertilizantes nitrogenados. AFN: 0,57 kg CO ₂ emitido por kg café verde producido. ACC: aplicación de carbonatos de calcio. ACC: 0,24 kg CO ₂ emitido por kg café verde producido. UCF: uso de combustibles fósiles. UCF: diésel 0,09 kg CO ₂ emitido por kg café verde producido. Gasolina: 0,04: 0,09 kg CO ₂ emitido por kg café verde producido. Emisión GEI procesamiento: UCF: uso de combustibles fósiles. 39,5 kg CO ₂ emitido por kg café verde procesado. UL: uso de leña. 339 kg CO ₂ emitido por kg café verde procesado. UE: uso de electricidad. 1.7 kg CO ₂ emitido por kg café verde procesado.	Autor (2018) basado en (Segura & Andrade, 2012; Poroma-Colmena, 2012)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1 Rg-2 Rg-3

Fuente: autor (2018)

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Principio 4 – CSoc-10						
Pérdida de cosechas (PC)	%	$\% PC = 100 - (RO/RE) \times 100$	Autor (2018) basado en (Bustamante, Casanova, Numa & Monterrey, 2004)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rap-7

Dimensión sociocultural					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
		<p>Donde: %PC: porcentaje de pérdidas de cosechas. RE: rendimiento esperado en (kg/ha). RO: rendimiento obtenido (kg/ha) debido a eventos extremos, plagas y enfermedades. Los SE aportan a reducir el porcentaje de pérdida de cosechas.</p> $PC = (1/ISNH)$ <p>Donde: ISNH: índice de satisfacción de necesidades hídricas</p>	Autor basado en (Téllez & Boshell, 2001)	<p>Polinización</p> <p>Control biológico</p> <p>Regulación del microclima</p>	<p>Rp-23</p> <p>Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26</p> <p>Rc-4 Rc-5</p>
Autosuficiencia alimentaria (AsA)	#	$AsA = (A_1 + A_2) / 2$ <p>Donde: A1: diversificación de la producción; (4): más de 9 productos; (3): de 7 a 9; (2): de 5 a 3; (1): de 3 a 2 productos; (0): menos de 2 productos. A2: superficie de producción de autoconsumo; (4): más de 1 ha; (3): 0,5 a 1 ha; (2): 0,3 a 0,5 ha; (1): 0,1 a 0,3 has; (0) <= 0,1 ha</p>	Autor (2018) basado en (Sarandón et al., 2008)	<p>R Prevención de alteraciones (resiliencia)</p> <p>H Mantenimiento de la biodiversidad biológica</p> <p>P Producción de alimentos</p>	<p>Rpa-6 Rap-7</p> <p>Hmdb-30</p> <p>Pa-32 Pa-33 Pa-34</p>
Índice de seguridad alimentaria (ISA)	#	$ISA = (AsA + APA + GA + ANRC) / 4$ <p>ISA: entre 0 y 2 bajo, entre 2 y 3 medio, entre 3 y 4 Alto. Donde:</p> <p>AsA: Autosuficiencia alimentaria $AsA = (A_1 + A_2) / 2$ A1: diversificación de la producción: (4): más de 9 productos; (3): de 7 a 9; (2): de 5 a 3; (1): de 3 a 2 productos; (0): menos de 2 productos. A2: superficie de producción de autoconsumo: (4): más de 1 ha; (3): 0,5 a 1 ha; (2): 0,3 a 0,5 ha; (1): 0,1 a 0,3 ha; (0) <= 0,1ha</p> <p>APA: producción de alimentos producidos para autoconsumo. (4) del 80% al100%, (3) del 60% al 79%, (2) del 30% al 59%, (1) del 0% al 29%. Gasto en producción de alimentos (GA): (1) del 80% al100%, (2) del 60% al 79%, (3) del 30% al 59%, (4) del 0% al 29%.</p> <p>ANRC: autoconsumo por nutriente y requerimiento diario de calorías. (4) Del 80% al100%, (3) Del 60% al 79%, (2) Del 30% al 59%, (1) Del 0% al 29%.</p>	(Autor, 2018) adaptado del índice de Índice de seguridad alimentaria global. http://foodsecurityindex.eiu.com/	<p>P Producción de alimentos</p> <p>R Prevención de alteraciones (resiliencia)</p>	<p>Pa-32 Pa-33 Pa-34</p> <p>Rpa-6 Rpa-7</p>
Diversificación de la producción (DP)	#	$DP = \#$ <p>Un sistema es sustentable si la producción es diversificada. Donde: DP: diversificación de la producción.</p>	(Sarandón et al., 2008)	<p>R Prevención de alteraciones (resiliencia)</p> <p>P Producción de alimentos</p>	<p>Rpa-6 Rpa-7</p> <p>Pa-32 Pa-33 Pa-34</p>
Gasto en producción de alimentos (GA)	#	Se evalúa la relación entre el dinero invertido en la producción de alimentos del total consumido. Cuando el agroecosistema produce alimentos para autoconsumo, éstos son descontados del total de alimentos requeridos para el sustento de la familia, reduciendo el gasto en alimentos.	(Sarandón et al., 2008)	P Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente		Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
		Escala: (1) del 80% al 100%, (2) del 60% al 79%, (3) del 30% al 59%, (4) del 0% al 29%.				
Principio 4 – CSoc-11						
Aporte de proteína animal y derivados a la alimentación (APAA)	%	$\%APAA = \left(\frac{APAA}{RTPA} \right) \times 100$ Donde: RTPA: requerimientos totales de proteína animal y derivados (kg/año o kcal/año). PAA: cantidad de proteína animal y derivados, producidos en el agroecosistema (kg/año o kcal/año).	(Autor, 2018) basado en (Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
Producción de forrajes y producción de alimentos para animales (PFAA)	%	$\%PFAA = \left(\frac{PAA}{RTAA} \right) \times 100$ Donde: PAA: producción de forrajes y alimento animales (kg/ha/año). RTAA: requerimientos totales de forrajes y alimento animales (kg/ha/año).	(Autor, 2018) basado en (Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Materias primas	Pmp-38
Producción de alimentos producidos para autoconsumo (APA)	%	$\%APA = \frac{APA}{ATT} \times 100$ Donde: APA: alimentación de la familia por autoconsumo (kg). (4) del 80% al 100%, (3) del 60% al 79%, (2) del 30% al 59%, (1) del 0% al 29%. ATT: alimentación total de la familia kg.	(Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
Disponibilidad de cosechas para autoconsumo (D)	#	D = # de meses al año en que se cuenta con cosecha para autoconsumo	Autor (2018) basado en (Pirachicán-Avila, 2015)		Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
Principio 4 – CSoc-12						
Personas alimentadas por aportes de proteína (Pp)	# personas alimentadas por aporte de proteína /ha año	$P_p = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{m_i \times \frac{r_i}{100} \times e_i}{A}}{R_e}$ Donde: S: número de productos; mi: Producción de cada producto (kg). ri: porcentaje del peso de producto consumible. ei: Contenido proteico de cada producto (g/100 g). A: área de la finca (ha). Re: requerimiento de una persona (kg/año).	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
Personas alimentadas por aportes de energía (Pe)	# personas alimentadas por energía de origen animal y/o vegetal /ha año	$P_e = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{m_i \times \frac{r_i}{100} \times e_i}{A}}{R_e}$ Donde: S: número de productos; mi = producción de cada producto (kg). ri = porcentaje del peso de producto consumible; ei = contenido energético de cada producto (MJ). A: área de la finca (ha). Re = requerimiento de una persona (MJ/año)	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2011); Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
Alimentos no producidos en el agroecosistema	%	$\%ANPA = \frac{ANP}{TAP} \times 100$ Donde: ANP: alimentos no producidos en el agroecosistema (kg). TAP: producción total de alimentos en el agroecosistema, incluyendo los destinados	Autor (2018) basado en (Pirachicán-Avila, 2015)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34

Dimensión sociocultural					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
(ANPA)		para el autoconsumo (kg). Alimentos no producidos en el agroecosistema: (1) del 80% al 100%, (2) del 60% al 79%, (3) del 30% al 59%, (4) del 0% al 29%.			
Principio 4 – CSoc-13					
Desnutrición (Índice de masa corporal-IMC)	#	$IMC = \frac{Peso}{Talla}$ Donde: peso (kg), talla (m), la interpretación es, si el IMC es < 19, indica desnutrición, si se encuentra entre 19 y 25, indica normalidad. Si el IMC está entre 25 y 30, indica sobrepeso (obesidad grado I), entre 30 y 40, indica obesidad de grado II. Si el IMC es mayor de 40, indica obesidad de grado III.	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012)	P	Producción de alimentos Pa-32 Pa-34
Alimentación de la familia por autoconsumo en nutrientes y calorías (ANC)	%	$\%ANC = \frac{ANC}{TC} \times 100$ Donde: ANC: alimentación de la familia por autoconsumo medido en nutrientes y calorías. TC: Alimentación total de la familia en nutrientes y calorías. Autoconsumo por nutriente y requerimiento diario de calorías ANC: (4) Del 80% al 100%, (3) Del 60% al 79%, (2) Del 30% al 59%, (1) Del 0% al 29%.	(Pirachicán-Avila, 2015)	P	Producción de alimentos Pa-32 Pa-34
Principio 4 – CSoc-14					
Personas alimentadas por aportes de energía (Pe)	# personas alimentadas por energía de origen animal y/o vegetal /ha año	$P_e = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{m_i \times \frac{r_i}{100} \times e_i}{A}}{R_e}$ Donde: S: número de productos; mi = producción de cada producto (kg); ri: porcentaje del peso de producto consumible; ei: contenido energético de cada producto (MJ); A: área de la finca (ha); Re: requerimiento de energía de una persona (MJ/año).	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos Pa-32 Pa-34
Especies que aportan a la seguridad alimentaria (Esa)	# especies	$Esa = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: n: número de especies	(Pirachicán-Avila, 2015)	H	Mantenimiento de la diversidad biológica Hmdb-30 Hmdb-31
				P	Recursos genéticos Pps-40
				I	Enriquecimiento cultural y artístico leca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual lehe-47
Asociaciones o agremiaciones en redes de comercialización orgánica y de comercio justo (ARCJ)	#	$ARCJ = \sum_{i=1}^n n_i$ Donde: n: numero de organizaciones Numero de organizaciones: (0) ninguna organización, (2) una organización, (4) dos organizaciones o más.	Autor (2018) basado en (Aguilar-Ruiz, 2012)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático) Rg-1 Rg-2 Rg-3
					Regulación del microclima Rc-4 Rc-5
					Prevención de alteraciones (resiliencia) Rpa-6 Rpa-7

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
				Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-18	
				Control biológico	Rcb-24 Rcb-25	
Comercialización de productos bajo certificaciones orgánicas o redes de comercio justo (CPCJ)	%	$\% CPCJ = \left(\frac{CPCJ}{TPC} \right) \times 100$ Donde: %CPCJ: porcentaje de la producción comercializada bajo certificaciones orgánicas o redes de comercio justo. CPCJ: producción comercializada bajo certificaciones orgánicas y redes de comercio justo en ton/ha. TPC: producción total comercializada en ton/ha.		H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
Comercialización en mercados locales (CML)	%	$\% CML = \left(\frac{PCML}{TPC} \right) \times 100$ Donde: %CML: porcentaje de la producción comercializada en mercados locales. PCML: producción comercializada en mercados locales (ton/ha). TPC: total producción comercializada (ton/ha).		P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Comercialización en mercados nacionales (CMN)	%	$\% CMN = \left(\frac{CMN}{TPC} \right) \times 100$ Donde: CMN: producción comercializada en mercados nacionales (ton/ha). TPC: producción total comercializada en (ton/ha).		P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Principio 5 – CSoc-15 y CSoc-16						
Tierras en producción en organizaciones campesinas (TPOC)	%	$\% TPOC = \left(\frac{TPOC}{TAA} \right) \times 100$ Donde: TPOC: área del agroecosistema en producción comercializada a través de organizaciones campesinas. TAA: área total del agroecosistema.	Autor (2018) basado en (Aguilar-Ruiz, 2012)	P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Área del agroecosistema mayor (AAM)	ha	$\% AAM = \sum AAMen$ Donde: AAM: área del agroecosistema mayor (ha). AAMen: área del agroecosistema menor. Agroecosistema mayor: se entiende como el área de la finca.	Autor (2018) basado en (León, 2014)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36

Dimensión sociocultural					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
		Agroecosistema menor: está constituido por cultivos, pastos o sitios forestales, que hacen parte del agroecosistema mayor (León, 2014).			Pmp-37- Pmp-38 Pmp-39
				Recursos genéticos	Pps-40
Producción comercializada a través de organizaciones (PCO)	%	$\% PCO = (PCO / TPC) \times 100$ Donde: PCO: producción comercializada a través de organizaciones campesinas (ton/ha). TPC: producción total comercializada (ton/ha).	Autor (2018) basado en (Aguilar-Ruiz, 2012)	P Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37- Pmp-38 Pmp-39
				Recursos genéticos	Pps-40
Participación en asociaciones o agremiaciones (PAA)	# personas	$PAA = Escala$ Se evaluó la participación en asociaciones o agremiaciones de los miembros de la unidad familiar del agroecosistema, en relación con la cantidad de agremiaciones o asociaciones (AA) existentes. Escala: (4): muy alta, los miembros de la unidad familiar participan en todas las AA existentes; (3): alta, participan en algunas AA; (2): media, participan en 1 AA; (1): baja, asisten pero no participa; (0): nula, no participan en AA.	Autor (2018) basado en (Pirachicán-Avila, 2015; Giraldo-Betancur & Salinas-Mejía, 2009)	P Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
				Recursos genéticos	Pps-40
Agremiaciones o asociaciones (AA)	#	$AA = Escala$ Se evaluó el número de asociaciones o agremiaciones en las que pueden participar los miembros de la unidad familiar del agroecosistema. Escala: (4): más de tres AA; (3): tres AA; (2): dos AA; (1): una AA (0): no hay AA.		R Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
Principio 5 – CSoc-17					
Conocimiento y conciencia ecológica (CCE)	#	$CCE = Escala$ Relacionado a la asistencia a capacitaciones sobre conservación, mantenimiento, cuidado y manejo adecuado de la biodiversidad, suelo, agua, residuos, ecosistemas y temas relacionados. Realización de acciones en el agroecosistema que muestren la implementación del conocimiento recibido. Escala: (4): muy alta; (3): alta; (2): media; (1): baja; (0): nula.	(Sarandón et al., 2008)	R Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				Regulación hídrica	Rh-11
				Abastecimiento de agua	Raa-13
				Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15
				Asimilación de residuos	Rar-22
				Hábitat	Hab-29
				Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión sociocultural					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
				P	Recurso genéticos Pps-40
					Recursos medicinales Pm-41
					Recursos ornamentales Pro-42
				I	Recursos estéticos Ire-43
					Enriquecimiento cultural y artístico Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual Iehe-47 Iehe-48
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación Idce-49
Empoderamiento de la producción (Ep)	#	$Ep = Escala$ Toma de decisiones adecuadas respecto a la producción. Se evalúa el grado de participación en cuanto a la toma de decisiones sobre la producción (qué se produce, cómo se produce, cuando se produce). Escala: (4): muy alta; (3): alta; (2): media; (1): baja; (0): nula.			Producción de alimentos Pa-32 Pa-33 Pa-34
Generación de proyectos de desarrollo local (GPDL)	#	$\% GPDL = \left(\frac{GP}{TPD}\right) \times 100$ Donde: GP: proyectos productivos generados localmente. TPD = Total de proyectos productivos desarrollados. Puede valorarse utilizando la escala: Proyectos generados localmente: (4) del 76% al 100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 0% al 25%.	Autor (2018) basado en (González-Esquivel, Ríos-Granados, Brunett-Pérez, Zamorano-Camiro & Villa-Méndez, 2006)	P	Materias primas Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37- Pmp-38 Pmp-39
	\$/año	$GPDL = D_{PDL}/t$ Donde: D _{PDL} : dinero invertido en proyectos de desarrollo local. t: periodo de inversión (años).			Recursos genéticos Pps-40
Principio 6 – Csoc-18					
Acceso a agua potable (AAP)	#	$\% AAP = \left(\frac{AT}{TAUA}\right) \times 100$ Donde: AT: cantidad de agua utilizada en el agroecosistema derivada de fuentes de agua tratada (m ³). TAUA: total de agua utilizada en el agroecosistema (m ³). Porcentaje de agua potable disponible en el agroecosistema para actividades domésticas: (4): 81% - 100% agua potable utilizada; (3): 41% - 80% agua potable utilizada; (2): 31% - 40% agua potable utilizada; (1): 11% - 30% agua potable utilizada; (0): 10% o menos agua potable utilizada.	Autor (2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Regulación hídrica Rh-8 Rh-9 Rh-10 Rh-11 Rh-12
Disponibilidad de agua para riego de cultivos (DAR)	#	$\% DAR = \left(\frac{DAR}{TAUA}\right) \times 100$ %DAR: porcentaje de agua disponible en el agroecosistema para riego. Donde DAR: disponibilidad de agua para riego, agua cosechada y almacenada para riego en m ³ /año. TAUA: total requerimiento de agua de los cultivos del agroecosistema (m ³ /año) (es decir, el total de agua necesaria para la evapotranspiración del cultivo durante todo el proceso siembra-cosecha).			R
					Retención de suelo Rrs-14 Rrs-15
					Asimilación de residuos Rar-22

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
		Escala: disponibilidad de agua para riego: (4) del 76% al 100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 0% al 25%.				
Acceso a semillas y variedades adaptadas a condiciones locales (ASVAL)	#	$\% SVAL = (APSVL / ATPA) \times 100$ %SVAL: porcentaje del agroecosistema plantado con semillas y variedades locales. Donde: APSVL: área plantada con semillas y variedades locales (ha). ATPA: área total plantada del agroecosistema (ha). Escala para evaluar el acceso semillas y variedades adaptadas a condiciones locales: (4) del 76% al 100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 0% al 25%.	Autor (2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34	
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37- Pmp-38 Pmp-39	
				Recursos genéticos	Pps-40	
Principio 6 – Csoc-19						
Índice de distribución de la tierra (Gini _{tierra})	#	$Gini_{tierra} = 1 - \sum (Y_{i-1} + Y_i) (N_i - N_{i-1})$ Distribución de la tierra en el área del agroecosistema. Donde: Y _i y N _i son porcentajes acumulados del área de terreno y número de propietarios respectivamente. Valor de 0 para expresar la igualdad total y el valor de 1 para la máxima desigualdad.	(Sánchez-Morales, 2017)	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34	
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37- Pmp-38 Pmp-39	
Índice de distribución de la productividad (Gini _{prod})	#	$Gini_{prod} = 1 - \sum (Y_{i-1} + Y_i) (N_i - N_{i-1})$ Distribución de la productividad del agroecosistema entre los beneficiarios humanos. Donde: Y _i y N _i son porcentajes acumulados de la productividad y número de beneficiarios respectivamente. Valor de 0 para expresar la igualdad total y el valor de 1 para la máxima desigualdad.		Recursos genéticos	Pps-40	
Principio 7 – CSoc-20						
Participación de mujeres en concejos comunitarios	#/año	Número de mujeres en concejos comunitarios/año. Inclusión de mujeres en concejos comunitarios	Autor (2018) basado en (González-Esquivel, Ríos-Granados, Brunett-Pérez, Zamorano-Camiro & Villa-Méndez, 2006)	Enriquecimiento cultural y artístico	leca-46	
				Enriquecimiento histórico y espiritual	lehe-47 lehe-48	
				Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	ldce-49	
Integración social	#	Escala: Inclusión de minorías y grupos vulnerables en la gestión de los SE en agroecosistemas, asimismo en la distribución de SE y recursos naturales utilizados por la comunidad. Escala: (4): muy alta; (3): alta; (2): media; (1): baja; (0): nula.	Autor (2018) basado en (González-Esquivel, Ríos-Granados, Brunett-Pérez, Zamorano-Camiro & Villa-Méndez, 2006)	Enriquecimiento cultural y artístico	leca-46	
				Enriquecimiento histórico y espiritual	lehe-47 lehe-48	
				Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	ldce-49	
Principio 7 – CSoc-21						

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Resolución de conflictos por acceso y uso de recursos naturales (RC)	#	$\% RC = (CR/CT) \times 100$ Efectividad de mecanismos para la resolución de conflictos por el uso y acceso a SE. Donde: CR: conflictos resueltos. CT: total de conflictos presentados. Escala: efectividad de los mecanismos de resolución de conflictos por el uso y acceso a SE. (4) del 76% al 100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 0% al 25%.	Autor (2018) basado en (González-Esquivel, Ríos-Granados, Brunett-Pérez, Zamorano-Camiro & Villa-Méndez, 2006)	R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Regulación hídrica	Rh-8 Rh-9 Rh-10 Rh-11 Rh-12
				R	Retención de suelo	Rrs-14 Rrs-15
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
Tasa neta de migración (TM)	# personas/año	$TM = (In - Em)/t$ Donde: In: inmigrantes Em: emigrantes t: periodo determinado.	Autor (2018) basado en (Rosales-Martínez, Martínez-Dávila & Galicia-Galicia, 2015)	P	Producción de alimentos	Pa-32
				I	Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
				R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Regulación hídrica	Rh-11
Población beneficiada (PB)	# de pobladores beneficiados	$PB = PBD + PBI$ Donde: PB: población beneficiaria. PBD: población beneficiaria directa, grupo familiar en el agroecosistema. PBI: población beneficiaria indirecta, habitantes microcuenca hidrográfica en la que se ubica el agroecosistema.	Autor (2018) basado en (Díaz-Gutiérrez & Orellana-Rodríguez, 2011)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
				P	Recursos genéticos	Pps-40
				R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Regulación hídrica	Rh-8 Rh-9 Rh-10 Rh-11 Rh-12
				R	Retención de suelo	Rrs-14 Rrs-15
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
				I	Recursos estéticos	Ire-43 Ire-44
				I	Recreación	Ir-45

Dimensión sociocultural						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Sentido de comunidad (convivencia y lazos comunitarios)	#	Se evaluó la convivencia, y los lazos comunitarios, la participación en asociaciones o agremiaciones de los miembros de la unidad familiar del agroecosistema. Escala: (4): muy alta; (3): alta; (2): media; (1): baja; (0): nula.	(Shi & Gill, 2005)	I	Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
					Recursos estéticos	Ire-43
					Recreación	Ir-44
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49

Fuente: Autor (2018)

Dimensión tecnológica					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
Principio 8 – CTec-22					
Intensidad innovadora en el agroecosistema (IIA)	%	$IIA = \frac{\sum(P_i \times W_i)}{5 \sum W_i}$ <p>Ejecución de las actividades de innovación que existen en un agroecosistema.</p> <p>Donde: Pi: puntuación otorgada a la variable i. Wi: peso específico de la variable i según su grado de importancia; $1 > W_i > 0$.</p> <p>El puntaje de la variable (i) se otorga con relación a las variables: tasa de generación de patentes, innovaciones y/o registros (TGP y capacidad de cambio tecnológico (CCT).</p>	(Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Rc-4 Rc-5 Rpa-6 Rpa-7 Rh-9 Rh-10 Rh-11 Raa-13 Rrs-14 Rrs-15 Rfs-16 Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20 Rar-21 Rar-22 Rp-23 Rcb-24

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión tecnológica					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
					Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27
				P	Materias primas Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Estrategias o mecanismos de agregación de valor (EMAV)	#	$EMAV = \#$ <p>Número de estrategias de agregación de valor. Escala: en el agroecosistema se cuenta con más de 3 estrategias de agregación de valor (4); (3) cuenta con 3 estrategias de agregación de valor; (2) cuenta con 2 estrategias de agregación de valor; (1) cuenta con 1 estrategias de agregación de valor; (0) no posee estrategias o mecanismos de agregación de valor.</p>	Autor (2018) basado en (Casimiro-Rodríguez, 2016; Castro, 2017)	P	Materias primas Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Tasa de generación de patentes, innovaciones y/o registros (TGP)	#	$TGP = \left(\frac{PIR}{NT} \right)$ <p>Donde: PIR: cantidad de patentes, innovaciones y registros generados con relación al agroecosistema. NT: número de trabajadores o integrantes del grupo familiar. Escala: si $PIR > 2$ entonces (5); si $2 \geq PIR \geq 1$ entonces (4); $1 > PIR \geq 0,5$ entonces (3); si $0,5 > PIR \geq 0,2$ entonces (2); si $0,2 > PIR > 0$ entonces (1).</p>	(Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Control biológico Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27
					Regulación de gases (mitigación del cambio climático) Rg-1 Rg-3
				P	Materias primas Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-39
					Recursos genéticos Pps-40
					Recursos medicinales Prm-40
					Recursos ornamentales Pro-42
I	Recreación Ir-45				
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación Idce-49
Capacidad de cambio tecnológico (CCT)	#	<p>Escala:</p> <p>(5) si en el agroecosistema se tiene una elevada generación de tecnologías y/o innovaciones, al grado que dispone de más de tres (3) tecnologías propias. También si se da una frecuente asimilación de tecnologías e innovaciones ajenas o desarrolladas en cooperación.</p> <p>(4) si en el agroecosistema se tiene una elevada generación de tecnologías e innovaciones, al grado que posee entre 1 o 2 tecnologías propias o una frecuente asimilación de tecnologías e innovaciones ajenas o desarrolladas en cooperación.</p>	(Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático) Rg-1 Rg-2 Rg-3
					Regulación del microclima Rc-4 Rc-5
					Prevención de alteraciones (Resiliencia) Rpa-6 Rpa-7
					Regulación hídrica Rh-9 Rh-10 Rh-11
					Abastecimiento de agua Raa-13

Dimensión tecnológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
		(3) No se generan tecnologías propias, pero el grado de adopción de tecnologías e innovaciones ajenas o desarrolladas en cooperación es elevado. (2) No posee tecnologías propias, pero el grado de adopción de tecnologías e innovaciones ajenas o desarrolladas en cooperación es medio. (1) No posee tecnologías propias y es escasa la adopción de tecnologías e innovaciones ajenas o desarrolladas en cooperación.			Retención de suelo	Rrs-14 Rrs-15
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20
					Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22
					Polinización	Rp-23
					Control biológico	Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27
				P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Principio 8 – CTec-23						
Energía generada por el agroecosistema (EGA)	%	$\%EGA = \sum EGA / ETUA \times 100$ Donde: EGA: energía generada y aprovechada en el agroecosistema, derivada de leña, biogás, fertilizantes orgánicos y cosechas (MJ / ha año). ETUA: energía total usada en el agroecosistema EGA+EIAE (MJ / ha año). EIAE: energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior, derivada de fertilizantes de síntesis química, combustibles y electricidad (MJ / ha año).	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1
					Asimilación de residuos	Rar-21
				P	Producción de alimentos	Pa-32
				P	Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Prácticas agroecológicas locales (PAL)	#	$PAL = (PCS + PCA + PCB) / 3$ Donde: PCS: prácticas de Conservación de la vida del suelo. PCA: prácticas de cosecha, protección y uso eficiente del agua. PCB: prácticas de control biológico.	Autor (2018) basado en (Sarandón et al., 2008)	H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
					Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				R	Regulación hídrica	Rh-8 Rh-9 Rh-10 Rh-11 Rh-12
					Abastecimiento de agua	Raa-13
					Retención de suelo	Rrs-14

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión tecnológica								
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados		
Sistemas agrícolas tradicionales locales (SATL)	ton/ha	$SATL = P_i / A_i$ <p>Donde: Pi: cantidad de producción en área de sistemas agrícolas tradicionales o patrimonial. Ai: área del agroecosistema identificado como sistema tradicional o catalogado como sistema agrícola patrimonial.</p>			I	Rrs-15		
						Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rhs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20	
						Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22	
						Polinización	Rp-23	
						Control biológico	Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27	
							Recurso estéticos	Ire43 Ire-44
							Recreación	Ir-45
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46		
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47 Iehe-48		
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49		
					P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34	
						Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39	
							Recursos genéticos	Pps-40
							Recursos medicinales	Prm-41
							Recursos ornamentales	Pro-42
Principio 8 – CTec-24								
Energía renovable utilizada en el agroecosistema (ER)	%	$\% ER = (ERU / ETU) \times 100$ <p>Donde: ERU: energía renovable utilizada. ETU: energía total usada en la finca.</p>	Autor (2018) basado en: (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012)	R	Asimilación de residuos	Rar-21		
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34		
					Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39		

Dimensión tecnológica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Proyectos de bioenergía	#	Escala: (5) cuenta con más de 3 proyectos de bioenergía. (4) cuenta con 3 proyectos de bioenergía. (3) cuenta con 2 proyectos de bioenergía. (2) cuenta con 1 proyectos de bioenergía. (1) no posee proyectos de bioenergía.	(Shi & Gill, 2005)	R	Recursos genéticos	Pps-40
					Asimilación de residuos	Rar-21
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Índice de seguridad energética (ISE)	#	$ISE = \frac{\sum(P_i \times W_i)}{5 \sum W_i}$ Balance energético (Pi: 0,4024). Balance energético total (Pi: 0,2015). Energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior (Pi: 0,1104). Energía generada por el agroecosistema (Pi: 0,2824). Donde: Pi= Peso del subindicador; Wi= escala de puntuación de 1 a 5.	(Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Recursos genéticos	Pps-40
					Asimilación de residuos	Rar-21
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
		Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39			
Índice de diversidad energética (He)	#	$H_e = \sum_{i=1}^N s_i^2$ Donde: He: índice de diversidad energética. N: número de fuentes energéticas. s ² : fracción de fuentes energéticas en relación con el total de fuentes. Nota: a mayor He menor diversidad, a menor He mayor diversidad.	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012)	P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39

Fuente: autor (2018)

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Principio 9 – CEcon-25						
Balance energético (BE)	MJ/kg	$BE = \frac{\sum_{i=1}^S m_i \times e_i}{\sum_{j=1}^T I_j \times f_j}$ Toma en cuenta el volumen de producción agropecuaria y su contenido energético, y el costo energético que implicó producir esa energía alimentaria con insumos externos. Donde S: número de productos. M: producción de cada producto (kg). e: contenido energético de cada producto (MJ/kg). T: número de insumos productivos. I: cantidad de insumos productivos (kg). f: energía requerida para la producción de los insumos (MJ/kg).	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Asimilación de residuos	Rar-21
					Producción de alimentos	Pa-32
	MJ Producidos/ MJ Importados	$BE = \frac{E_{prod}}{E_{imp}}$		P	Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
		Donde: E_{prod} : energía producida en el agroecosistema (relacionado con la producción de alimentos, el aprovechamiento de residuos como fuentes renovables de energía, la mano de obra o trabajo animal o la producción de fertilizantes) en megajoules (MJ). E_{imp} : subsidios energéticos externos (ya sean alimentos para humanos o animales, combustibles, fertilizantes, uso de maquinaria) en megajoules (MJ).				
	MJ / ha año	$BE = EGA - EIAE$ Donde: EGA: energía generada por el agroecosistema (MJ/ha año). EIAE: energía inyectada al agroecosistema proveniente del exterior (MJ/ha año).				
Productividad energética (Pe)	(MJ/ton)	Donde: E_{inv} : cantidad de energía invertida (MJ) P_{prod} : cantidad de productos producidos (ton).	(Mora-Delgado, 2004)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
R	Asimilación de residuos	Rar-21				
Principio 9 – CEcon-26						
Rendimiento de los productos (RP)	kg / ha año	Sumatoria de los productos generados por el agroecosistema Donde S_i : número de productos. m_i : producción de cada producto (kg/ha/año), provenientes de cultivos, animales y productos secundarios.	(Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
R	Asimilación de residuos	Rar-21				
Producción de alimentos para consumo humano (PAH)	ton /ha /año	$PAH = \sum_{i=1}^n P_i$ PAH: producción de alimentos para consumo humano generado en el agroecosistema (ton/ha/año). P_i : producto para consumo humano. n: número total de productos para consumo humano.	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
Producción de Producción de alimentos para consumo animal (PAA)	ton/ha /año	$PAA = \sum_{i=1}^n P_i$ <p>Donde: P_i: Producto para consumo animal generado en el agroecosistema (ton/ha/año). n: número total de productos para consumo animal</p>	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Materias primas	Pmp-38
Variación en la Producción de Producción de alimentos para consumo humano (VPAH)	Ton /ha/año	$VPAH \sigma_n^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ <p>Donde: X_i = Cantidad anual de producción de Producción de alimentos para consumo humano. \bar{X}: media de los datos de producción anual. n: número de datos.</p>	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
Variación en la Producción de Producción de alimentos para consumo animal (VPAA)	Kg/ha/año	$VPAA \sigma_n^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ <p>Donde: X_i = Dato anual de producción de Producción de alimentos para consumo animal. \bar{X}: media de los datos de producción anual. N: número de datos.</p>	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Materias primas	Pmp-38
				R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
Riesgo económico (RE)	#	$RE = (DI + C2 + C3)/3$ <p>Donde: DI= Diversificación de ingresos. (4): 6 o más productos; (3): 5 a 4 productos; (2): 3 productos; (1): 2 productos; (0): 1 producto. C₂= Canales de comercialización. (4): 5 o más canales; (3): 4 canales; (2): 3 canales; (1): 2 canales; (0): 1 canal. C₃= Dependencia de insumos externos. (4): de 0 a 20% de insumos externos; (3): de 20 a 40 % de insumos externos; (2): de 40 a 60% de insumos externos; (1): de 60 a 80% de insumos externos; (0): de 80 a 100 % de insumos externos.</p>	(Sarandón et al., 2008)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
				R	Control biológico	Rcb-24
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16
					Abastecimiento de agua	Raa-13
Principio 9 – CEcon-27						
Diversificación de ingresos (DI)	#	$DI = \sum_{i=1}^n N_i$ <p>Donde: N_i: número de cultivos complementarios, productos secundarios generados para comercialización y actividades conexas a la actividad agrícola. Número de cultivos complementarios: escala: (4) cuenta con más de 3 cultivos complementarios o productos secundarios; (3) cuenta con 3 cultivos</p>	(Osorio, Aramburo & Morales, 2011)	P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Recursos genéticos	Pps-40					
Recursos medicinales	Prm-41					

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
		complementarios o productos secundarios; (2) cuenta con 2 cultivos complementarios o productos secundarios; (1) cuenta con 1 cultivos complementarios o productos secundarios; (0) no posee cultivos complementarios o productos secundarios.			Recursos ornamentales	Pro-42
				I	Recursos estéticos	Ire-44
				R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
Valorización de residuos (VR)	ton /ha/ año	$VR = \sum_{i=1}^n R_i$ Donde: R_i : residuos de cosechas y animales incorporados a los ciclos de materia y energía del agroecosistema o exportados como productos secundarios en ton/ha/año.	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Regulación de gases (mitigación del cambio climático)	Rg-1
					Asimilación de residuos	Rar-21
				P	Materias primas	Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
Principio 9 – CEcon-28						
Diversidad en la producción (H _{DP})	#	$H_{DP} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{p_i}{P}\right) \times \ln\left(\frac{p_i}{P}\right)$ Valora la diversidad de la producción, considerando su asociación y/o la rotación. Incluye la producción total de cada producto agrícola o pecuario y la producción total del sistema. Donde: S: número de productos. p_i : producción de cada producto. P: producción total.	(Funes-Monzote et al., 2011; Casimiro-Rodríguez, 2016)	P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
				R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
Canales de comercialización (CC)	#	$CC = N_c$ La diversificación comercial disminuye el riesgo económico. Donde: Nc: número de vías (canales) de comercialización. (4): 5 o más canales; (3): 4 canales; (2): 3 canales; (1): 2 canales; (0): 1 canal.	(Sarandón et al., 2008)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Diversidad de cultivos (Dc)	Número	$Dc = N$ Donde: N: número de cultivos (productos). (4): 6 o más productos; (3): 5 a 4 productos; (2): 3 productos; (1): 2 productos; (0): 1 producto.	(Sarandón et al., 2008)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
				R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				P	Producción de alimentos	Pa-32

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Área bajo certificaciones de producción orgánica o de comercio justo (APCO)	ha/año	$APCO = \sum_{i=1}^n A_{pi}$ <p>Donde: A_{pi}: área destinada a la producción de cada producto en certificación orgánica (producción orgánica, origen, estándares ambientales, producción limpia, etc.).</p>	(Autor, 2018) basado en (Funes-Monzote et al., 2011; Altieri et al., 2012; Casimiro-Rodríguez, 2016)			Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30 Hmdb-31
				I	Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
				R	Regulación de gases	Rg-1 Rg-2 Rg-3
					Regulación del microclima	Rc4- Rc-5
					Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
					Regulación hídrica	Rh-8 Rh-11
					Retención de suelo	Rrs-14 Rrs-15
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rfs-17 Rfs-20
					Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22
Polinización	Rp-23					
Control biológico	Rcb-25 Rcb-27 Rcb-28					
Calidad física y organoléptica de los productos (C)	#	$C = Cf + Cs + I; \text{ donde } Cf = H + Df; Cs = A + O$ <p>Siendo CF: calidad física (humedad (H), defectos físicos (Df)). CS: calidad sensorial (aspecto (A), presencia de olores extraños (O)). I: Inocuidad</p> <p>Producto cumple con H requerida: cumple: 1, no cumple: 0. Defectos físicos: si menos del 3% del total del producto presenta ataque de plagas o tiene producto inmaduro se califica con 1, si es mayor al 3% se califica con 0.</p>	Autor (2018) basado en (Heredia & Maribel, 2013)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17
					Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22
					Control biológico	Rcb-24

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
		<p>CS= calidad sensorial (color y olor): A: aspecto requerido según el producto, si cumple 1, no cumple: 0; O: presencia de olores extraños, si presenta: 0, no presenta: 1.</p> <p>I: inocuidad (condiciones sanitarias, presencias plaguicidas). Si hay presencia de hongos, o contaminación con agroquímicos o materiales extraños: 0, no hay presencia: 1.</p> <p>Nota: se considera un aceptable si C = 5</p>				
Principio 9 – CEcon-29						
Insumos externos usados para la producción (IE)	% de insumos no generados o aprovechados en la finca	$IE = \frac{IEf}{ITP} \times 100$ <p>Proporción de insumos no generados o aprovechados en la finca que se utilizan en el sistema productivo</p> <p>Donde: IEf: insumos utilizados en la producción que provienen del exterior de la finca.</p> <p>ITP: total de insumos usados para la producción.</p>	(Funes-Monzote et al., 2011; Casimiro-Rodríguez, 2016)	R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17
				P	Producción de alimentos (abonos verdes)	Pa-33
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Reducción de fertilizantes externos (RFE)	% fertilizantes ingresados de los producidos en el agroecosistema	$RFE = \frac{Fi}{Fpa} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>Fpa: fertilizantes producidos en el agroecosistema kg/ha año (fertilizantes producidos mediante descomposición de hojarasca, compostaje, lombricultura, etc.).</p> <p>Fi: fertilizantes ingresados al agroecosistema kg/ha año.</p>	(Osorio, Aramburo & Morales, 2011)	R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20
				P	Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22
					Materias primas	Pmp-39
					Producción de alimentos (abonos verdes)	Pa-33
Dependencia de insumos externos (DIE)	%	<p>Incluye la energía generada por el agroecosistema y la energía inyectada al agroecosistema en MJ/ha año. La dependencia de insumos externos se constituye por el porcentaje del total de insumos que el agroecosistema no puede proveer ej.: Gasolina, electricidad, requerimiento de fertilizantes químicos no sustituibles con abonos orgánicos. Se valoran los SE que reducen la dependencia de insumos externos.</p> <p>Escala: (4): de 0 a 20% de insumos externos; (3): de 20 a 40 % de insumos externos; (2): de 40 a 60% de insumos externos; (1): de 60 a 80% de insumos externos; (0): de 80 a 100 % de insumos externos.</p>	Autor (2018) basado en (Sarandón et al., 2008)	R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-17
				P	Producción de alimentos (abonos verdes)	Pa-33
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
Prácticas de control biológico (PCB)	Número	$PCB = AB + (CpDIS + PInsben)/2 + MVNA$ <p>Donde: UB: eliminación del uso de insecticidas químicos (utilización de bioplaguicidas) si: 1; no: 0. CpDIS: evitar prácticas alterantes de procesos</p>	(Autor, 2018) basado en (Nicholls, 2008)	R	Control biológico	Rcb-24 Rcb-25 Rcb-26 Rcb-27

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
		naturales en el agroecosistema, como el control de malezas con herbicidas y el arado mecánico si: 1, no: 0. PlnsBEN: provee recursos suplementarios para incremento de poblaciones de insectos benéficos (nidos artificiales, aspersión de alimentos, plantas productoras de néctar) si: 1, no: 0. MVNA: manipulación de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivo. Uso de plantas productoras de sustancias repelentes de insectos plaga dentro y en la periferia del cultivo, si: 1, no: 0.		H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
					Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-31
Principio 10 – CEcon-30						
Generación de empleo agrícola (GEA)	# Jornales externos generados/área	$GEA = \# \text{ Jornales por labor/área}$	(Mora-Delgado, 2004)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
				I	Recursos estéticos	Ire-44
Miembros activos de la unidad familia (MAUF)	#	$\% MAUF = (MAUF / TMUF) \times 100$ %MAUF: porcentaje de miembros activos del núcleo familiar (integrantes que aportan ingresos) en el agroecosistema. Donde: MAUF: número miembros activos del núcleo familiar TMNF: total miembros del núcleo familiar. Calificación del indicador: (4) del 76% al100%, (3) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (1) del 1% al 25%. (0) 0%.	Autor (2018) basado en (Mora-Delgado, 2004; Shi & Gill 2005)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
Población en condición de pobreza (índice de pobreza humana para países en desarrollo, IPH).	#	$IPH - 1 = [1/3(P_1^\alpha + P_2^\alpha + P_3^\alpha)]^{1/\alpha}$ Donde: P ₁ : vida larga y saludable, probabilidad de no vivir hasta los 60 años (multiplicada por 100) P ₂ : educación, asociada a la tasa de analfabetismo de adultos. P ₃ : nivel de vida digno, promedio no ponderado: (población sin acceso a agua potable o tratada + # niños con peso insuficiente para su edad)/ 2. Calificación del indicador: (0) del 76% al100%, (1) del 51% al 75%, (2) del 26% al 50%, (3) del 1% al 25%. (4) 0%.	(Valdivieso, 2011)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Abastecimiento de agua	Raa-13

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
				I	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16
					Recreación	Ir-45
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
Tasa de desempleo (TD)	Porcentaje	Tasa de desempleo anual (12 meses).	(Valdivieso, 2011)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
Principio 10 – CEcon-31						
Calidad de vida (CV)	#	$CV = (NE + ISA + \frac{1}{RE}) + AAP)/4$ <p>La calidad de vida es un indicador adimensional que mide el nivel de bienestar del grupo familiar en el agroecosistema, se propone en ésta investigación su cálculo derivado de la ponderación del nivel educativo, el índice de seguridad alimentaria, el riesgo económico y el acceso agua potable. NE: nivel Educativo. ISA: índice de seguridad alimentaria. RE: riesgo económico. AAP: acceso agua potable</p>	Autor (2018) basado en (Valdivieso, 2011)	I	Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
					Abastecimiento de agua	Raa-13
P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34				
Aceptabilidad del agroecosistema sostenible (AAS)	#	<p>La satisfacción del agroecosistema sostenible está directamente relacionada con el grado de aceptación del sistema productivo.</p> <p>Escala (4): está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad, aunque ésta le reporte más ingresos; (3): está contento, pero antes le iba mucho mejor; (2): No está del todo satisfecho. Se queda porque es lo único que sabe hacer; (1): poco satisfecho con esta forma de vida. Anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad; (0): está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la producción.</p>	(Sarandón et al., 2008)	I	Recursos estéticos	Ire-43 Ire-44
					Recreación	Ir-45
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47 Iehe-48
				P	Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
					Producción de alimentos	Pa-32 Pa-34
	Materias primas	Pmp-35				

Dimensión económica						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas		SE valorados
				R		Pmp-36 Pmp-37
					Recursos genéticos	Pps-40
					Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
					Retención de suelo	Rrs-14
					Control biológico	Rcb-24
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
Población por debajo del umbral de pobreza (PDUP)	%	PDUP: 50% de la media del ingreso familiar disponible ajustado para la zona.	(Valdivieso, 2011)	P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
					Recursos medicinales	Prm-41
					Recursos ornamentales	Pro-42
Vida larga y saludable (VLS)	%	Donde: $VLS = P_v \times 100$ P_v : probabilidad de no vivir hasta los 60 años	(Valdivieso, 2011)	R	Asimilación de residuos	Rar-22
					Abastecimiento de agua	Raa-13
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-20
Población con enfermedades gastrointestinales (PEG)	%	Donde: $PEG = \frac{P_{eg}}{P_t} \times 100$ P_{eg} : población que presentan enfermedades gastrointestinales. P_t : población total	(Pérez, Navarro & Miranda, 2013)	R	Asimilación de residuos	Rar-22
					Abastecimiento de agua	Raa-13
					Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-20
Población con enfermedades respiratorias (PER)	Porcentaje	Donde: $PER = \frac{P_{er}}{P_t} \times 100$ P_{er} : porcentaje de la población que presentan enfermedades respiratorias derivadas de uso de agroquímicos. P_t : población total		R	Formación del suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16 Rfs-17 Rfs-18 Rfs-19 Rfs-20
					Asimilación de residuos	Rar-21 Rar-22
				P	Materias primas	Pmp-39
					Producción de alimentos (abonos verdes)	Pa-33
Promoción actividades recreativas (PAR)	Personas/año	PAR: número de personas locales o turistas que desarrollan actividades recreativa como observación de aves, turismo rural, caminatas ecológicas, agroturismo, entre otras.	Autor (2018)	I	Recurso estéticos	Ire-43 Ire-44
					Recreación	Ir-45

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Fuente: Autor (2018)

Dimensión política						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Principio 11 – CPol-32						
Instrumentos económicos para reconversión en AS (IER)	\$/año	$IER = \sum \text{Presupuestos para reconversión}$ <p>Presupuesto anual a nivel local o regional para la implementación de políticas de reconversión en agroecosistemas sostenibles (subsidios, préstamos bajo interés, entre otros)</p> <p>Monto anual a nivel local o regional de subsidios o préstamos de bajo interés otorgados para implementación de cultivos orgánicos. Presupuesto anual: subsidios \$/año</p> <p>Presupuesto asignado para obtención de certificaciones orgánicas</p>	Autor (2018) basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio & Grant, 2002; Jogo & Hassan, 2010)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				R	Regulación hídrica	Rh-8 Rh-11 Rh-12.
				R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rrs-14 Rrs-15
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
H	Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30				
Instrumentos económicos para la gestión ambiental (IEGA)	(\$/año)	$IEGA = \sum \text{Presupuestos para la gestión ambiental}$ <p>Asignación presupuestal para la gestión ambiental, por ejemplo, la inversión del 1% de los departamentos en proyectos de conservación de cuencas hidrográficas, compra de predios, pago por servicios ambientales, inversión para el mantenimiento de áreas con bosques nativos. Montos captados por multas, tasas retributivas, cobros por uso de recursos naturales.</p>	Autor (2018) basado en (Nainggolan et al., 2012; Bautista, 2015; Villegas-Palacio et al., 2016)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				R	Regulación hídrica	Rh-8 Rh-11 Rh-12.
				R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rrs-14 Rrs-15
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
				H	Hábitat	Hab-28 Hab-29
H	Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30				
Área con agroecosistemas sostenibles	%	$\%IAS = \left(\frac{AfAS - AiAS}{At} \right) \times 100$ <p>Donde: IAS: incremento área agroecosistemas sostenibles. AfAS: área final con agroecosistemas sostenibles. AiAS: área inicial con agroecosistemas sostenibles. At: área total.</p>	(Autor, 2018) Basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio & Grant, 2002; Jogo & Hassan, 2010)	R	Prevención de alteraciones (resiliencia)	Rpa-6 Rpa-7
				R	Abastecimiento de agua	Raa-13
				R	Regulación	Rh-8 Rh-12
				R	Retención del suelo	Rrs-14 Rrs-15
				R	Formación de suelo y regulación de nutrientes	Rfs-16
				R	Asimilación de residuos	Rar-22
H	Hábitat	Hab-28 Hab-29				

Dimensión política					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
				Mantenimiento de la diversidad biológica	Hmdb-30
				Producción de alimentos	Pa-32
				Materias primas	Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
				Recursos genéticos	Pps-40
				Recursos estéticos	Ire-43 Ire-44
Principio 11 – CPol-33					
Instrumentos económicos para la comercialización de productos de AS (ICP)	\$/año	$ICP = \sum \text{Presupuestos para la comercialización de productos}$ Estos instrumentos incluyen las inversiones realizadas por el gobierno para incentivar o subvencionar la comercialización de productos de AS.	Autor (2018) basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio & Grant, 2002; Jogo & Hassan, 2010; Bautista, 2015)	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
				Recursos genéticos	Pps-40
				Recursos medicinales	Prm-41
				Recursos ornamentales	Pro-42
Inversión en canales de comercialización (ICC)	#	Escala: (1) canales de comercialización con intermediarios participantes (2) participación en el canal o los canales de comercialización (3) consolidación de la organización de los productores y el fortalecimiento de los canales de comercialización (4) organizar nuevos canales de comercialización y articulación con estrategias de acción colectiva	Autor (2018) basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio & Grant, 2002; Jogo & Hassan, 2010; Bautista, 2015)	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
	\$/año	$ICC = \sum P_i$ Pi: presupuestos para fortalecer o crear canales de comercialización de productos. Estos instrumentos incluyen las inversiones realizadas por el gobierno para incentivar o subvencionar el fortalecimiento o creación de canales de comercialización de productos de AS.		Recursos genéticos	Pps-40
				Recursos medicinales	Prm-41
				Recursos ornamentales	Pro-42
Principio 11 – CPol-34					
Acceso a crédito (AC)	\$/año	Monto total anual otorgado por medio de créditos.	(Peñaloza, 2014)	Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
				Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
				Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49

Valoración de los servicios ecosistémicos en agroecosistemas: contribuciones desde la economía ecológica

Dimensión política						
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados	
Instrumentos económicos para la implementación de tecnologías agroecológicas (IITA)	\$/año	$IITA = \sum T_i$ <p>Ti: presupuesto o inversiones realizadas por el gobierno, asociadas, por ejemplo, a subsidios por uso de prácticas y tecnológicas agroecológicas, acceso, uso e innovación tecnológica, préstamos de bajo interés del gobierno para implementación de tecnologías agroecológicas, entre otras.</p>	Autor (2018) basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio y Grant, 2002)	R	Asimilación de residuos	Rar-22
					Abastecimiento de agua	Raa-13
				P	Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
					Producción de alimentos	Pa-32 Pa-33 Pa-34
				P	Materias primas	Pmp-35 Pmp-36 Pmp-37 Pmp-38 Pmp-39
					Recursos genéticos	Pps-40
	Recursos medicinales	Prm-41				
	Recursos ornamentales	Pro-42				
Principio 12 – CPol-35						
Proyectos de investigación e innovación agroecológica (PIIA)	# proyectos	$PIIA = \sum Pr_i$ <p>Donde: Pr_i: proyectos de investigación o de innovación en agroecología.</p>	Autor (2018) basado en (Bockstael et al., 1995; Musacchio & Grant, 2002; Jogo & Hassan, 2010; Bautista, 2015)	I	Recursos estéticos	Ire-43 Ire-44
					Recreación	Ir-45
	\$/año	$PIIA = \sum II_i$ <p>Donde: II: presupuesto para promover proyectos en investigación o innovación en agroecología.</p>			Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47 Iehe-48
	Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49				
Principio 12 – CPol-36						
Capacitación y sensibilización ambiental (CSA)	#Asistencias / tiempo	$CSA = \sum AT_i + Ci + EAi$ <p>Donde: AT: asistencias técnicas realizadas. C: capacitaciones realizadas EA: actividades o acciones de educación ambiental</p>	Autor (2018) basado en (Shi & Gill, 2005; Bravo-Monroy, Potts & Tzanopoulos, 2016; Bautista, 2015)	I	Recreación	Ir-45
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
	#	$FEA = PE/PCA$ <p>Donde: FEA: factor de extensión agroecológica PE: proyectos de extensión. PCA: proyectos capacitación agroecológica</p>			Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
					Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
Capital humano (CH)	#	$CH = \sum NE + A + CCT + TGP$ <p>Donde: NE: nivel educativo (escala) A: asistencia técnica, capacitación y educación ambiental CCT: capacidad de cambio tecnológico</p>	Autor (2018) basado en (Portela, 2001)	I	Recursos estéticos	Ire-43 Ire-44
					Enriquecimiento cultural y artístico	Ieca-46
					Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47

Dimensión política					
Indicador	Unidades	Ecuación	Fuente	Funciones ecosistémicas valoradas	SE valorados
		TGP: tasa de generación de patentes		Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49
Nivel educativo (NE)	#	Evalúa el nivel educativo de los miembros (en porcentaje) de la unidad familiar del agroecosistema. (4): 100% educación básica secundaria o superior; (3): 80% - 50% educación básica, secundaria o superior; (2): 49% - 31% educación básica, secundaria o superior; (1): 30% - 11% educación básica, secundaria o superior; (0): 10% o menos educación básica, secundaria o superior.	Autor (2018) basado en (Portela, 2001)	Enriquecimiento cultural y artístico	Ica-46
				Enriquecimiento histórico y espiritual	Iehe-47
				Desarrollo cognitivo: ciencia y educación	Idce-49

Fuente: autor (2018)