



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Valoración emergética en agroecología
como medida de sostenibilidad.
Caso: sistemas productivos de la zona
centro-norte del Valle del Cauca**

Judith Rodríguez Salcedo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Doctorado en Agroecología
Sede Palmira
2018

Valoración emergética en agroecología como medida de sostenibilidad. Caso: sistemas productivos de la zona centro-norte del Valle del Cauca

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Doctorado en Agroecología

Directora
PhD Marina Sánchez de Prager

Coodirectora
PhD Angela Maria Londoño

Línea de Investigación:
Línea de Investigación Agroecología y desarrollo Rural

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Doctorado en Agroecología
Sede Palmira
2018

Dedicatoria

*Por tanto, al Rey de los siglos,
Inmortal,
Invisible,
al Único y sabio Dios,
sea honor y gloria por los siglos de los siglos.
Amén.*

I Timoteo 1:17

Agradecimientos

Agradezco a Dios por su dirección en la realización del trabajo. Agradezco a Dios por que permitió a mi esposo, mi madre, hermanas, hermano y a mis amigas que me acompañaran durante todo este camino recorrido y me respaldaran con su oración.

¡¡Gracias esposo mío por la paciencia y el tiempo que generosamente cediste para este proyecto de región!!

Agradezco a mi madre por su compañía en las jornadas de escritura y reflexión.

Gracias Stephany,...tu acompañamiento... tus habilidades y dones, tu profesionalismo académico le imprimieron un toque especial a este bello trabajo.

Gracias a los miembros de las Organizaciones: Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca, Asociación Santarrosana de Productores Agropecuarios Ecológicos, Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria- CIPAV por permitir la exposición del proyecto, inquirir en la terminología que el documento usa y aceptar que se respaldarlo.

Especial agradecimiento por la acogida dada por las familias de las fincas visitadas: Dña. Blanca, Don Jesús Emilio, Don Libardo, Dña. María Edelmira, Dña Carmen Rosa, Don Alfredo, Don José María, Don Hernando (QEPD) y Hernando hijo, Dña María Clara, Don Pedro Pablo y Luz Dary, Dña Argenis, Dña. Cenaida, Dn Ramiro, y a Julian su hijo, Don Gustavo Suarez y muchos más agricultores visitados.

Gracias a mi Directora Marina Sánchez de Prager, por su estímulo, su acertada visión en la orientación del trabajo y por su grande enseñanza de “trabajo hombro a hombro con nuestros agricultores”. Gracias a mi codirectora Ángela María Londoño quien me acompañó y dio ánimo en varias de las correrías por fincas y en los eventos donde se ha mostrado el trabajo.

Gracias a la Universidad Nacional de Colombia, a todos los funcionarios de la Sede Palmira, al Grupo de Investigación en Agroecología por la credibilidad en mis capacidades y en conjunto exaltar el nombre de nuestra institución. Gracias a mis directivos de la Sede por su respaldo para tomar los tiempos a dedicar a este estudio.

Gracias al grupo de personas que de una forma u otra me ayudaron a organizar la información en la parte estadística y SIG.: profesor Mario Augusto García Dávila, Adriana Martínez Arias, Neila Buitrago

Muchas gracias a los Jurados y evaluadores: Miguel Angel Altieri, Nohora León y Juan Camilo Villegas desde el inicio del proyecto con sus comentarios en el examen de candidatura, enfocaron los aspectos a relevar.

Resumen

La arraigada vocación agrícola del Valle del Cauca, ha permitido que históricamente se conserven áreas y saberes en sistemas agrícolas diversificados de economía campesina, en producción agroecológica, los cuales soportan el embate expansionista del monocultivo de caña de azúcar en la región. La evaluación emergética de los sistemas en la producción agroecológica, permite medir la resiliencia del sistema y la riqueza real tanto de los sistemas mismos como de los productos agrícolas obtenidos. A través del análisis emergético, se cuantifica la interacción entre los sistemas agroecológicos del presente estudio y los entornos ambientales, sociales, culturales y tecnológicos asociados.

Se analizó la sostenibilidad de catorce fincas, ubicadas en seis municipios de la zona centro-norte del Valle del Cauca, que corresponden a pequeñas fincas en producción agroecológica, mediante el uso del método de evaluación emergética. Los flujos emergéticos se calcularon involucrando con los aportes de recursos de materia, energía e información dados por: i) el paisaje que interactúa con el agroecosistema, ii) las condiciones biofísicas, meteorológicas y climáticas, iii) el sistema tecnológico y las prácticas agropecuarias usadas, y iv) la información sociocultural que identifican los pobladores del agroecosistema. Para la valoración de este último recurso, se introdujo a la evaluación emergética un grupo de aportes de energía, llamado acervo sociocultural (H), que midió las conexiones e interacciones existentes entre los agroecosistemas y las sociedades locales.

La interrelación de los flujos emergéticos obtenidos, determinó la eficiencia de los agroecosistemas mediante los índices emergéticos: Porcentaje de Renovabilidad total o incluyente (%RH), Índices de Carga Ambiental incluyente (ELRH), Índice de sostenibilidad (ESI), entre otros. Para el primero, se encontraron valores entre el 79% y 95%, y para el segundo, valores entre 0,05 y 0,69, y para el ESI entre 3,6 y 445,3. Además, en este estudio se proponen dos indicadores de sostenibilidad: el índice emergético Porcentaje de Acervo sociocultural (%H) con valores entre 19,8% y 55,35%; y Porcentaje de Aprendizaje y Enseñanza (%HEA), con valores entre 23,1% y 69,3 %. Esto demuestra que incorporando las contribuciones de energía por acervo sociocultural (H) a la evaluación emergética de las fincas agroecológicas del estudio, el índice %RH tiene mayores valores que %R, el cual es normalmente encontrado en estudios usuales de energía, en este estudio el %RH supera el 79%.

X

Valoración emergética en agroecología como medida de sostenibilidad.
Caso: sistemas productivos de la zona centro-norte del Valle del Cauca

Palabras clave: agroecología, agroecosistemas del Valle del Cauca, evaluación emergética, acervo sociocultural, índices de sostenibilidad

Abstract

The ingrained agricultural vocation of Valle del Cauca has historically conserved areas and knowledge in diversified agricultural systems of peasant economy, in agroecological production, which withstand the expansionist onslaught of sugarcane monoculture in the region. The emergy evaluation of the systems in agroecological production, allows measuring the resilience of the system and the real wealth of both the systems themselves and the obtained agricultural products. Through emergy analysis, the interaction between the agroecological systems of the present study and the environmental, social, cultural and technological environments associated are quantified.

It was analyzed the sustainability of fourteen farms, located in six municipalities of the central-north zone of the Cauca Valley, which correspond to small farms in agroecological production, by using the emergy evaluation method. The emergy inputs were calculated involving the contributions of matter, energy and information resources given by: i) the landscape that interacts with the agroecosystem, ii) the biophysical, meteorological and climatic conditions, iii) the technological system and the agricultural practices used, and iv) the sociocultural information that identifies the agroecosystem. For the evaluation of this last resource, a group of contributions of emergia, called Sociocultural Heritage (H), was introduced to the emergetic evaluation, which measured the connections and interactions existing between agroecosystems and local societies.

The interrelation of the emergy flows obtained, determined the efficiency of the agroecosystems through the emergetic indexes: Percentage of total Renewability or inclusive (%RH) and Indices of Inclusive Environmental Load (ELR), Sustainability Index (ESI), among others. For the first, values between 79% and 95% were found, and for the second, values between 0,05 and 0,69 and for ESI between 3,6 and 445,3. In addition, in this study two sustainability indicators are proposed: the emergetic index Sociocultural Heritage percentage (%H) with values between 19,8% and 55,35%; and percentage of Learning and Teaching (%HEA), with values between 23,1% and 69,3%. This shows that incorporating the contributions of emergia by Sociocultural Heritage (H) to the Emergy Assessment of the agroecological farms of the study, the % RH index has higher values than %R, which is normally found in usual studies of emergia, in this study %RH exceeds 79%.

Keywords: agroecology, agroecosystems of Valle del Cauca, emergy evaluation, sociocultural heritage, sustainability index

Contenido

	Pág.
Introducción	1
1. Objetivos	7
1.1 Objetivo general	7
1.2 Objetivos específicos	7
2. Marco teórico y contextual	8
2.1 Transformación agrícola en el Valle del Cauca: de la agrobiodiversidad al monocultivo	8
2.2 Agroecología y diseño de Agroecosistemas sustentables	11
2.3 Dimensiones del enfoque agroecológico	12
2.4 Economía Ecológica.....	14
2.5 Síntesis emergética.....	16
2.5.1 Calidad de la energía y emergia	19
2.5.2 Valor energético real y Transformidad	20
2.5.3 Sostenibilidad y Eficiencia emergética	24
2.6 Emergia de los procesos Globales de la Geobiosfera. Línea Base	27
2.7 Emergia en País.....	28
2.8 Antecedentes de Evaluación de Emergia en la Información y labor humana....	29
3. Metodología	33
3.1 Evaluación emergética de Colombia	33
3.1.1 Emergia Usada en Colombia e Índices emergéticos	35
3.1.2 Acervo sociocultural de Colombia	39
3.1.3 Transformidades emergéticas para el territorio colombiano (T)	40
3.2 Selección y caracterización de los sistemas agroecológicos casos de estudio	40
3.2.1 Selección de sistemas agroecológicos de estudio	41
3.2.2 Información geofísica y climatológica de sistemas agroecológicos	42
3.2.3 Estructura sociocultural de los sistemas agroecológicos.....	42
3.2.4 Actividad agropecuaria de los sistemas agroecológicos	43
3.2.5 Contabilización de materiales comprados y servicios externos adquiridos....	44
3.2.6 Uso y distribución del suelo y Diagrama de flujo de materiales, energía e información de las fincas en estudio.....	44
3.3 Valoración del Acervo sociocultural en términos de emergia para las fincas agroecológicas en estudio	46
3.3.1 Metabolismo Humano de población permanente, H1	48
3.3.2 Interacción social y aprendizaje de población permanente, H2.....	48
3.3.3 Memoria de información de población permanente, H3	48
3.3.4 Apropiación de conocimiento en diferentes niveles educativos, H4 y H5	49
3.4 Evaluación emergética y valoración de Sostenibilidad de las fincas de estudio	51
3.4.1 Emergia de las fincas de estudio incorporando Acervo sociocultural	52
3.4.2 Transformidades de los productos de las fincas de estudio (TF)	54

3.4.3	Eficiencia emergética como medida de sostenibilidad de las fincas Agroecológicas en estudio	55
3.4.4	Capital natural y de Información: Servicios ecosistémicos y Depósitos de las fincas en términos de emergia.	57
3.4.5	La Emergia como instrumento para evaluar otras propiedades emergentes: Capital potencial de Apropiación	59
4.	Resultados	62
4.1	Selección y caracterización de los sistemas agroecológicos casos de estudio	62
4.1.1	Características geofísicas y climatológicas de los sistemas agroecológicos de estudio	66
4.1.2	Características de la estructura sociocultural de los sistemas agroecológicos de estudio	68
4.1.3	Actividad agropecuaria de los sistemas agroecológicos	72
4.1.4	Materiales comprados y servicios externos adquiridos en las Fincas de estudio	77
4.1.5	Uso y distribución del suelo y Diagrama de flujo de materiales, energía e información de las Fincas agroecológicas de estudio	79
4.2	Síntesis emergética de Colombia.....	93
4.2.1	Emergia usada en Colombia e Índices emergéticos	94
4.2.2	Acervo sociocultural de Colombia.....	103
4.2.3	Transformidades emergéticas para el territorio colombiano (T)	107
4.3	Valoración del Acervo sociocultural en términos de emergia para las fincas agroecológicas en estudio	116
4.3.1	Apropiación de conocimiento en las Fincas Agroecológicas en estudio: H4, H5117	
4.3.2	Herencia cultural común en las Fincas Agroecológicas en estudio: H1, H2, H3131	
4.4	Evaluación emergética y valoración de Sostenibilidad de las Fincas agroecológicas	137
4.4.1	Emergia de las fincas de estudio incorporando Acervo sociocultural.....	138
4.4.2	Transformidades de los productos de las fincas de estudio (TF)	159
4.4.3	Eficiencia emergética como medida de Sostenibilidad de las Fincas agroecológicas en estudio.	165
4.4.4	Capital natural y de información: Servicios Ecosistémicos y Depósitos de las Fincas Agroecológicas de estudio.....	179
4.4.5	Capital potencial por apropiación de conocimiento para elevar nivel de formación en las Fincas de estudio.....	183
4.4.6	Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados comunes en las Fincas.....	188
4.4.6.1	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Huerta en las Fincas agroecológicas de estudio	188
4.4.6.2	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Frutales en las Fincas agroecológicas de estudio	191
4.4.6.3	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Café en las Fincas agroecológicas de estudio	193
4.4.6.4	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Galpones en las Fincas agroecológicas de estudio	195
4.4.6.5	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Porcícola en las Fincas agroecológicas de estudio	197
4.4.6.6	Evaluación emergética consolidada para el subsistema Biofábrica en las Fincas agroecológicas de estudio	199

4.5 Aproximación de la dinámica en las fincas agroecológicas desde Análisis estadístico	201
4.5.1 Correlación entre variables con Análisis de Componentes Principales	201
4.5.2 Agrupación de las fincas con Análisis cluster.....	205
4.5.3 Ecuaciones respuesta de Análisis de regresión múltiple para índices emergéticos.....	207
5. Consideraciones finales.....	209
A. Anexo: Programas ACERVAGE Y EVEMAGE	213
B. Anexo: Formatos: Acta de compromiso y de Encuesta.....	233
C. Anexo: Base de datos de productos agropecuarios.....	243
D. Anexo: Mapas de las fincas en Cartografía social y SIG	245
E. Anexo: Memoria de cálculo de la Evaluación emergética de Colombia	259
F. Anexo: Memoria cálculo Emergia de Finca La Esperanza.....	281
G. Anexo: Tiempo de formación en profesiones de Colombia.....	311
H. Anexo: Variables del Análisis de componentes principales.....	313
I. Anexo: Datos para cálculos de Emergia Colombia	319
J. Anexo: Transformidades usadas de diferentes autores	321
K. Anexo: Emergia total, Capital Natural y de Información para las fincas de Sevilla	325
L. Anexo: Emergia total, Capital Natural y de Información para las fincas de Tuluá, Andalucía y Guacarí	329
M. Anexo: Emergia total, Capital Natural y de Información para las Fincas de Buga y El Dovio	333
N. Anexo: Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas en las fincas de estudio	337
Bibliografía	351

Lista de figuras

	Pág.
Figura 2-1: Representación de la diversidad agropecuaria y área ocupada por los principales cultivos, en el Valle del Cauca en 1954.....	9
Figura 2-2: Área cosechada y Producción de los principales productos agrícolas del Valle del Cauca.....	10
Figura 2-3: Esquema de las etapas para obtener la Transformidad de los productos obtenidos en un agroecosistema	23
Figura 3-1: Esquema general de la metodología utilizada	34
Figura 3-2: Ejemplo de Diagrama resumido de los flujos de Energía para una Nación..	37
Figura 3-3: Diagrama metodológico para la determinación de los flujos renovables correspondientes al Agua Total de un país.	38
Figura 3-4: Modelo de diagrama flujo de materiales, energía e información utilizado en las fincas de estudio.....	44
Figura 3-5 Metodología para la incorporación del Acervo sociocultural en la Energía Total de las fincas	52
Figura 3-6: Diagrama de flujos agregados de energía para las fincas Agroecológicas	58
Figura 4-1: Ubicación de las Fincas Agroecológicas de estudio en el Valle del Cauca...	64
Figura 4-2: Flujos energéticos que intervienen en la valoración de las Fincas Agroecológicas	65
Figura 4-3: Diagrama Flujo de materiales, energía e información en las fincas: a) la Esperanza y b) La Fortuna (Sevilla)	81
Figura 4-4: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en la finca La Esmeralda (Sevilla).....	82
Figura 4-5: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) La Floresta y b) El Jardín (Sevilla)	83
Figura 4-6: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las finca El Caney (Tuluá)	85
Figura 4-7: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas: a) El Jordán y b) La Esmeralda (Tuluá)	86
Figura 4-8: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) Pura Vida (Andalucía) y b) El Mirador (Guacarí)	88
Figura 4-9: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) La Piragua y b) Villa Camila (Buga)	90

Figura 4-10: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) Las Brisas-Miraflores y b) El Placer-Corbones (El Dovio).....	92
Figura 4-11: Diagrama resumido de los flujos de Emergia (E+22 sej) de Colombia año 2015.	102
Figura 4-12: Flujo emergético por Apropiación de conocimiento de la población Permanente y No permanente, H4 y H5 en las Fincas de estudio.....	124
Figura 4-13: Depósitos emergéticos DH por Apropiación de conocimiento de población Permanente (DH4) y No permanente (DH5) en las Fincas de estudio.....	130
Figura 4-14: Flujos de Emergia por Acervo Sociocultural (H) para las fincas de estudio	134
Figura 4-15: Flujos de Emergia por Recursos Naturales Renovables (R) dados por las condiciones geofísicas y climatológicas para las fincas de estudio.....	141
Figura 4-16: Flujos de Emergia por Recursos Naturales Renovables dados por minerales almacenados en biomasa para las Fincas de estudio	143
Figura 4-17: Flujos de Emergia por Recursos Naturales Renovables (R) dados por la producción agropecuaria y mano de obra para las fincas de estudio.....	145
Figura 4-18: Flujos de Emergia por Recursos Naturales Renovables (R) dados por biomasa y materiales para biofábrica para las fincas de estudio	147
Figura 4-19: Flujos de Emergia por Recursos Naturales No Renovables (N) dados por pérdida de suelo y minerales solubilizados para las fincas de estudio.....	149
Figura 4-20: Flujos de Emergia por Servicios de la Economía Urbana (S) para las fincas de estudio	151
Figura 4-21: Flujos de Emergia por Materiales de la Economía Urbana (M) para las fincas de estudio	153
Figura 4-22: Flujos totales, Emergia total y Emergia total absoluta para las fincas de estudio	158
Figura 4-23: Transformidad de productos agropecuarios (TF6) de las fincas de estudio	164
Figura 4-24: Distribución porcentual de los aportes de emergia en las fincas de estudio	171
Figura 4-25: Correlación de la población permanente y porcentaje de Acervo sociocultural en las fincas de estudio.	172
Figura 4-26: Índices emergéticos en la Evaluación de eficiencia de los agroecosistemas en estudio.....	178
Figura 4-27: Emergia por Capital Natural y de información: Servicios Ecosistémicos de las fincas de estudio.....	180
Figura 4-28: Emergia por Capital Natural y de Información: Depósitos de las fincas de estudio	182
Figura 4-29: Potencial de avance a educación Técnica y Tecnóloga de la población presente en las fincas de estudio	186
Figura 4-30: Potencial de avance a educación Profesional y Especialización de la población presente en las fincas de estudio	187
Figura 4-31: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Huerta en las Fincas de estudio.....	189

Figura 4-32: Distribución porcentual de flujos emergéticos respecto a la emergencia total del subsistema Frutales en las Fincas de estudio	191
Figura 4-33: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Café en las Fincas de estudio.....	193
Figura 4-34: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Galpones en las Fincas de estudio	195
Figura 4-35: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Porcícola en las Fincas de estudio	197
Figura 4-36: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Biofábrica en las Fincas de estudio	199
Figura 4-37: Dendograma de las fincas agroecológicas en estudio obtenido mediante el Análisis de cluster	206

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Definición de los conceptos más usuales en la Evaluación Emergética	18
Tabla 2-2: Emergia de las entradas a la Geobiosfera.....	27
Tabla 3-3: Componentes Ejemplo de tabla para el análisis de emergia de Colombia	36
Tabla 3-1: Símbolos utilizados en los diagramas de los sistemas energéticos	45
Tabla 3-2: Transformidad a utilizar según nivel de educación alcanzado por la población de las fincas	50
Tabla 3-4: Flujos parciales de emergia y depósitos considerados en la evaluación emergética de las fincas	53
Tabla 3-5: Ejemplo de tabla para la síntesis emergética de las fincas	54
Tabla 3-6: Tiempo de formación requerido en diferentes niveles educativos reglamentado en la educación formal colombiana	60
Tabla 4-1: Matriz de selección de Fincas a hacer parte integral del estudio.....	63
Tabla 4-2: Características Geofísicas y climatológicas de las Fincas agroecológicas de estudio	67
Tabla 4-3: Características para Acervo sociocultural de las fincas agroecológicas de estudio del Valle del Cauca	69
Tabla 4-4: Actividades de interacción social de las Familias en las Fincas de estudio ...	71
Tabla 4-5: Actividad agropecuaria de las Fincas agroecológicas en estudio	74
Tabla 4-6: Servicios públicos y materiales adquiridos en las fincas agroecológicas de estudio	78
Tabla 4-7: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Sevilla	80
Tabla 4-8: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Tuluá	84
Tabla 4-9: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Andalucía y Guacarí.....	87
Tabla 4-10: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Buga	89
Tabla 4-11: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de El Dovio.....	91
Tabla 4-12: Evaluación emergética de Colombia ^a	96
Tabla 4-13: Informe de los flujos de emergia agregados. Emergia de Colombia 2015. Índices emergéticos para una visión general de Colombia	99
Tabla 4-14: Evaluación emergética del Acervo Sociocultural de Colombia	104
Tabla 4-15: Transformidades (T) o Valores de Emergia por Unidad UEVs para el territorio colombiano.....	107
Tabla 4-16: Acervo Sociocultural: Flujo emergético H4 y H5 por Apropiación de conocimiento de población Permanente y No permanente en las Fincas de estudio.....	119

Tabla 4-17:	Acervo Sociocultural: Depósitos emergéticos DH por Apropiación de conocimiento de población Permanente y No permanente en las Fincas de estudio	126
Tabla 4-18:	Flujos de energía por Acervo sociocultural (H) para las fincas de estudio ^a	132
Tabla 4-27:	Flujos de Energía por Recursos Naturales Renovables (R) para las fincas de estudio ^a	140
Tabla 4-28:	Flujos de Energía por Recursos Naturales No Renovables (N) para las fincas de estudio ^{a, b}	148
Tabla 4-29:	Flujos de Energía por Servicios de la Economía Urbana (S) para las fincas de estudio ^{a, b}	152
Tabla 4-30:	Flujos de Energía por Materiales de la Economía Urbana o Insumos externos (M) para las fincas de estudio ^a	154
Tabla 4-31:	Flujos totales, energía total y energía total absoluta para las fincas de estudio ^{a, b}	156
Tabla 4-32:	Transformidades (TF) de los principales productos en las fincas de estudio	161
Tabla 4-33:	Evaluación emergética: Eficiencia emergética - Índices emergéticos...	170
Tabla 4-34:	Energía por Capital Natural y de información: Servicios Ecosistémicos y Depósitos de las fincas de estudio ^{a, b}	179
Tabla 4-35:	Acervo sociocultural: Apropiación de conocimiento para elevar nivel de formación en las fincas	183
Tabla 4-36:	Evaluación emergética del subsistema Huerta en las Fincas de estudio	190
Tabla 4-37:	Evaluación emergética del subsistema Frutales en las Fincas de estudio	192
Tabla 4-38:	Evaluación emergética del subsistema Café en las Fincas de estudio .	194
Tabla 4-39:	Evaluación emergética del subsistema Galpones en las Fincas de estudio	196
Tabla 4-40:	Evaluación emergética del subsistema Porcícola en las Fincas de estudio	198
Tabla 4-41:	Evaluación emergética del subsistema Biofábrica en las Fincas de estudio	200
Tabla 4-42:	Correlaciones entre variables emergéticas y de campo.....	201
Tabla 4-43:	Autovalores de la matriz de correlación y variables significativas en los componentes ^a	204
Tabla 4-44:	Ecuaciones de Regresión Múltiple para índices emergéticos	208

Introducción

Los sistemas de producción agrícola, ya sea a escala industrial o en pequeñas granjas de agricultura familiar en monocultivo y que usan agroquímicos de síntesis química, compran semillas mejoradas, dependen de materiales y servicios externos, son comúnmente llamados Sistemas Convencionales (M.A. Altieri & Nicholls, 2007). Dichos sistemas de producción, causan pérdida de biodiversidad, contaminación del agua, celeridad y severidad en la erosión del suelo (Pimentel & Pimentel, 2005), además, afectan la soberanía alimentaria de las regiones y la pérdida de los conocimientos tradicionales relacionados con prácticas agronómicas que hacen uso más eficiente de los recursos disponibles en las granjas. También acelera la pérdida del conjunto de activos socioculturales y el patrimonio común de las personas en los sistemas de agricultura familiar atesorados por la tradición y en la enseñanza-aprendizaje.

La agroecología surge como ciencia fundamental alternativa, para orientar la conversión de sistemas convencionales de producción agropecuaria a sistemas más diversificados y autosuficientes (Miguel Altieri, 2010). La agroecología plantea una visión radicalmente diferente a los sistemas alimentarios globalizados basados en la homogenización, especialización, industrialización y medidas económicas cortoplacistas. Los nuevos sistemas agroecológicos se basan en sistemas familiares de pequeña escala, locales, biodiversos, autónomos, incrustados en territorios controlados por las comunidades y apoyados por consumidores solidarios que entienden que comer es a la vez un acto político y ecológico (M.A. Altieri, 2018).

La Agroecología analiza los procesos agrícolas de una manera interdisciplinaria, donde las ciencias ambientales, sociales, políticas, culturales y tecnológicas (S.R. Gliessman, 2015). Los sistemas en producción Agroecológica, están arraigados en la lógica ecológica de la agricultura tradicional a pequeña escala, se caracterizan por el no uso de agroquímicos de síntesis, involucran gran diversidad de cultivos y animales domésticos, son mantenidos y mejorados por regímenes de gestión del suelo, el agua y la biodiversidad y se nutre mediante complejas redes de conocimientos tradicionales (M.A. Altieri et al., 2011). Tales sistemas de producción, se caracterizan por ser resistentes, energéticamente eficientes, conforman la base de una estrategia de soberanía energética y alimentaria (S.R. Gliessman, 2015) y generan productos agroecológicos, los cuales, se distinguen por la oferta de variedad de especies, incluyendo productos autóctonos (no fácilmente encontrados en almacenes de cadena), y porque fueron producidos con uso de semillas nativas y con el uso de bioabonos producidos en el mismo sistema.

El área agrícola en la zona central y norte del Valle del Cauca en Colombia, se caracteriza por el dominio y la expansión continua del monocultivo industrial de la caña de azúcar. La producción agropecuaria para la canasta familiar, tanto en sistema convencional como en agroecológica, están en localizadas, en zonas de ladera entre 980 y 1.800 metros sobre el nivel del mar. Gracias a las condiciones geográficas y particularidades climáticas del Valle del Cauca, que dieron lugar a ecosistemas privilegiados, y al arraigo agropecuario de los pobladores del Valle del Cauca, históricamente se conservan áreas y saberes en sistemas agrícolas diversificados de economía campesina familiar, en producción agroecológica, en diferentes áreas del departamento, de donde provienen alimentos sanos para la canasta familiar. El presente estudio analiza, para catorce sistemas agroecológicos ubicados en seis municipios del Valle del Cauca, la sostenibilidad de los sistemas productivos, la riqueza real de los sistemas y de los productos y el acervo sociocultural inmerso en la agroecología como factor de eficiencia.

Los sistemas en producción agroecológica de la zona de estudio, llamadas fincas agroecológicas, están distribuidas en el territorio Vallecaucano así: 4 fincas ubicadas en la Vereda Laguna de las Brisas del Municipio de Sevilla; 1 finca ubicada en la Vereda Coloradas del Municipio de Sevilla; 1 finca ubicada en la Vereda la Estación del Municipio de Andalucía; 1 finca ubicada en la vereda Pomares del municipio de Guacarí; 3 fincas del municipio de Tuluá, ubicadas en el corregimiento de Tres Esquinas, corregimiento de Aguaclara y en la Vereda Naranjal; 2 fincas en el municipio de Guadalajara de Buga, ubicadas en el corregimiento de la Habana vereda El Diamante; y 2 fincas ubicadas en la Vereda Bellavista del Municipio de El Dovio.

Todas las fincas se caracterizan porque: i) involucran agricultura diversificada; ii) reactivan la economía local; iii) contribuyen, en alguna medida, a la seguridad y soberanía alimentaria de la región; iv) se adaptan y coexisten con el medio natural, aunque tienen la presión continua del monocultivo industrial de caña, que genera conflictos por el uso de la tierra y el agua, y por tanto, riesgos socioeconómicos y ambientales con impacto en la soberanía alimentaria de la región; v) son fincas pequeñas, administradas por sus dueños e involucran la labor familiar; vi) las familias tienen altísima convicción y apropiación de saberes, y transmiten el pensamiento agroecológico de generación a generación, al interior de la familia, y a la sociedad humana donde opera el agroecosistema, mediante interacción sociocultural.

La función integradora de la agroecología en cuanto al manejo de agroecosistemas productivos en equilibrio con su entorno natural, aprovechamiento del conocimiento y las prácticas culturales locales, mercados socialmente equitativos, y soberanía de producción agrícola regional, requiere utilizar metodologías avanzadas de valoración de sostenibilidad, entre ellas la valoración energética. La valoración económica no es suficiente para involucrar todos los componentes misionales de la agroecología.

El análisis emergético o evaluación emergética (con m), es una metodología de análisis energético, donde se consideran distintos tipos de calidades de energía, y se incluyen tanto fuentes de energía renovables como no renovables para evaluar sistemas sencillos ó complejos como las fincas agroecológicas. Para ello es necesario el uso de factores de estandarización (llamados Transformidades o valores de emergencia de unidad-UEV) para la conversión y el manejo de unidades comunes, en unidades de energía solar equivalentes – julios de energía solar equivalentes (sej). Es decir que para hallar la emergencia total (Y) usada en un sistema productivo agroecológico y su eficiencia, es necesario convertir todas las unidades de los balances de masa, energía e información del sistema a unidades de julios solares equivalentes.

Mediante la evaluación emergética se pueden involucrar los consumos de recursos fundamentales, entre los cuales están los recursos naturales específicos dados por las condiciones medioambientales, según la propia ubicación de la finca en la geobiosfera, (radiación solar, régimen de lluvias, viento, y otros) y recursos naturales renovables (R) dados por el paisaje en que cohabita el sistema productivo. Los flujos de energía y de materiales que contabilizan el trabajo realizado por la naturaleza para generar recursos (capital natural) y proporcionar servicios ecosistémicos, son insumos usados por los sistemas agroecológicos aparentemente “gratuitos”, porque no adicionan en los costos de producción, no tienen mercados y no pueden valorarse utilizando la voluntad de pagar. La síntesis emergética incorpora tanto la economía monetaria como la economía biofísica de la biosfera y reconoce que el sistema económico es un subsistema del sistema de la geobiosfera más grande que lo apoya y al mismo tiempo lo restringe (Brown & Ulgiati, 2010a).

Las características de las fincas agroecológicas de la zona de estudio, arriba mencionadas, propiciaron el diseño y construcción autóctonos tanto de los diagramas de flujo de materiales, de energía y de información, como de las tablas de evaluación emergética. Para la evaluación emergética se agrupan los aportes másicos, energéticos y de información al agroecosistema en subgrupos según sean: aportes por recursos naturales renovables (R), recursos naturales no renovables (N), aportes por recursos económicos materiales externos a la finca (M), aportes por servicios externos contratados (S), y aportes energéticos, en flujo continuo, por Acervo sociocultural (H). La emergencia total anual (Y) del sistema agroecológico se calcula sumando la emergencia anual de todos los aportes, en unidades de Julios de energía solar equivalente anual (sej/año).

En la literatura el estilo corriente de estudios de emergencia, para evaluación de sistemas agrícolas, es tomar en cuenta la labor humana dentro de los servicios externos (S) y en muy pocos estudios se cuantifica emergencia como un subaporte de recurso renovable (Ri), cuando se refieren a pequeña propiedades rurales gestionadas por familias. Por ejemplo los análisis emergéticos de Agostinho y Ortega, 2012; Diemon, Martin, y Samuel, 2005 Dichos estudios contabilizan la labor humana solamente como trabajo físico y/o como jornales requeridos para la actividad agropecuaria. Queda sin cuantificar todo el valor agregado de la labor humana dada por los conocimientos, la experiencia y la información

adjunta que con lleva el quehacer diario de las familias que diseñan y administran los sistemas de Agricultura Campesina Familiar. Por tanto en las evaluaciones de emergencia de la literatura no se utiliza el aporte energético H, llamado en este estudio "Aporte energético por Acervo sociocultural"

El aporte de emergencia por Acervo sociocultural (H) se desarrolla por primera vez, en el presente estudio, para los sistemas agroecológicos colombianos, con el propósito de valorizar numéricamente la energía indispensable que aportan las familias para que los agroecosistemas funcionen. Los aportes energéticos, en flujo continuo, por Acervo sociocultural (H) son determinantes para el funcionamiento de las Fincas Agroecológicas, pues contabiliza: i) cierto "tipo" de mano de obra familiar interna dada por la estancia permanente e integración de la familia con el agroecosistema, ii) las labores de interacción de la familia con actores al exterior de la Finca para promover cultura agroecológica (con consumidores del mercado, vecinos, Asociaciones locales y nacionales, comunidades que visitan las fincas), y iii) contabiliza labores intangibles de apropiación de conocimiento y generación de información, al interior de las Fincas, logrados con la transferencia de saberes, conocimiento y cultura agroecológica y con acciones de ingenio en la operatividad de agroecosistemas equilibrados. El valor de emergencia por apropiación de conocimiento, se contabiliza una parte de emergencia para sumar en el total de emergencia de la finca (Y) y el resto se considera riqueza de conocimiento acumulada como Deposito de apropiación de conocimiento (DH) de la finca.

Para la manipulación de los datos (183 variables por finca), de todos los agroecosistemas, se diseñaron y utilizaron los programas de cálculo ACERVAGE y EVERMAGE. Con el primero se cuantifica las actividades realizadas, anualmente, por cada miembro de la población de la finca (población permanente integrada por el grupo familiar, y no permanente por trabajadores contratados) en términos de la energía, el tiempo y productos de divulgación de la cultura Agroecológica, como aporte de conocimientos, experiencia y trasmisión de memoria de información, que van inmersos en el quehacer diario, marcando el Acervo Sociocultural de las fincas.

Junto con los datos de Acervo sociocultural, entregados por ACERVAGE (de H1 a H5), se operan los demás datos de materia, energía e información que representan los flujos de Recursos Renovables (de R1 a R 15), recursos naturales No Renovables (de N1 a N4), recursos económicos materiales externos (de M1 a M10) y Servicios externos (de S1 a S3), en el programa de cálculo EVERMAGE, el cual transforma estos datos a unidades comunes de emergencia (sej), utilizando Transformidades y valores de emergencia de unidad-UEV- tanto globales de la geobiosfera, como del territorio colombiano y locales de la zona de estudio. Así se calcula la Emergencia total anual (Y (sej/año)) de cada finca, al igual que la Emergencia total de los subsistemas que la componen (Huerta, Galpones, Biofábricas, entre otros).

Para la evaluación emergética de las 14 fincas del estudio, se organizan y analizan los datos entregados por el programa EVERMAGE, en tablas sucesivas guardando el orden secuencial de evaluación así:

- 1) Flujos y depósitos emergéticos por apropiación de conocimiento.
- 2) Flujos emergéticos parciales y subtotales que componen la Emergia total de cada finca y determinación de la Emergia de la finca Y (sej/año);
- 3) Evaluación de la eficiencia emergética de las fincas, mediante el cálculo de los Índices emergéticos de sostenibilidad. Los índices emergéticos permiten observar y relacionar tanto el trabajo ambiental como el humano en la sostenibilidad de las fincas. La sostenibilidad de las fincas se definió mediante los indicadores: Porcentaje de Renovabilidad (%R); Índice Acervo sociocultural (%H); Porcentaje de Renovabilidad total (%RH); Índice Enseñanza Aprendizaje (%HEA); Índice de Rendimiento Emergético (EYR); Índice de Carga Ambiental Incluyente (ELRH); Índice de Sostenibilidad (ESI). Importante tener en cuenta que estos índices emergéticos necesariamente deben ser comentados y no tan solo números absolutos. Los indicadores %H y %HEA son aportes valiosos del presente estudio a los estudio de emergia. Pues, por ejemplo el Índice de Enseñanza Aprendizaje (%HEA) Indica que del total de entradas de emergia renovables a los sistemas agroecológicos, la porción correspondiente a acervo sociocultural involucra la voluntad y esfuerzo de las personas para transmitir la memoria de información necesaria en la divulgación, promoción y escalamiento de la agroecología como estilo de buen vivir y calidad de vida. Por tanto %HEA bajos anuncian vulnerabilidad en los sistemas agroecológicos para la extensión de la cultura agroecológica, a pesar de paisajes recuperados o poco impactados.
- 4) Capital natural y Capital de información de las fincas. Aquí se presenta una parte de la riqueza real (real Wealth) de las fincas, representada por sus Servicios ecosistémicos y Depósitos así: Servicio ecosistémico de provisión forestal (SE1), Servicio ecosistémico de regulación por captura de dióxido de carbono (SE2), Servicio ecosistémico cultural por educación (SE3); Depósito Renovable de Forrajes DRF; Depósito renovable de Biodiversidad DRB; Depósito de Apropiación de Conocimiento DH.
- 5) Se enlistan los productos obtenidos en las fincas y sus Transformidades propias. Aquí se expone otra parte de la riqueza real de las Fincas por las cantidades y variedad de productos agroecológicos. La Transformidad (T) mide qué tanta emergia, de un lugar específico, se toma para generar una unidad de producto, por tanto todas las fincas tienen valores específicos de Transformidad para todos sus productos como indicador del “valor real” de dichos productos. Valor real que puede traducirse en denominación de origen como “sello propio”.
- 6) Potencial de elevación de nivel de formación en las fincas agroecológicas. Esta sección de la evaluación emergética, destaca otra parte de la riqueza inmersa en la

población que habita los agroecosistemas, como un capital intangible y de gran valor para la región. Este capital, obtenido mediante la apropiación de conocimientos, y su posterior transferencia cultural mediante los mecanismos de enseñanza – aprendizaje, se traduce en un “capital por apropiación de conocimiento”, que podría ser comparable, al saber obtenido en algunos de los niveles de formación, dentro de instituciones de educación formal o no formal reglamentadas en el país. Los niveles de formación alcanzados en las fincas agroecológicas son un avance de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria, trazados mediante la Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural: “Diseñar e implementar una estrategia de Escuelas de Campo Agroecológicas, en alianza con el Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA, el ICA, la academia, y otras entidades educativas rurales y organizaciones de ACFC; con el fin de crear programas innovadores y alternativos para la formación de productores y organizaciones que estén interesadas en fortalecer sus sistemas de producción agroecológicos o para aquellas que quieran emprender procesos de transformación y transición progresiva hacia estos sistemas” (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Campesina, 2017, p.38).

Comparativamente con la literatura, la evaluación emergética realizada en las fincas de estudio, se distinguen, pues recogen la vocación agroecológica del Valle del Cauca. Demostrando, en términos de emergia, la “riqueza real” de las 14 fincas agroecológicas del estudio, como sistemas productivos sustentables porque además de producir bienes y servicios para comercialización y autosostenimiento, también proveen servicios ecosistémicos, y cuentan con un capital natural y un capital sociocultural que favorece la conservación y rehabilitación de los recursos naturales a nivel local y regional. Así mismo se mide, en términos de emergia, apropiación de conocimiento de la población que administra las fincas en pro de promulgar un potencial de formación, en la cultura agroecológica, como educación no formal no reglamentada.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Valorar, en términos energéticos, la sostenibilidad de los sistemas productivos reconocidos como en producción agroecológica en la zona centro-norte del Valle del Cauca, utilizando la metodología de síntesis emergética.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar y tipificar los sistemas productivos en el marco del uso de suelo en los Municipios de la zona centro norte del Valle de Cauca.
- Valorar la productividad y calidad energética de los productos que salen a los mercados agroecológicos locales en términos de Transformidad
- Valorar el Acervo sociocultural en la producción agroecológica familiar y comunitaria e incorporarlo en la metodología de Síntesis emergética como indicador de sostenibilidad.
- Evaluar, mediante índices energéticos, la sostenibilidad de los sistemas y Proponer una guía energética en el diseño de sistemas agroecológicos sostenibles.

2. Marco teórico y contextual

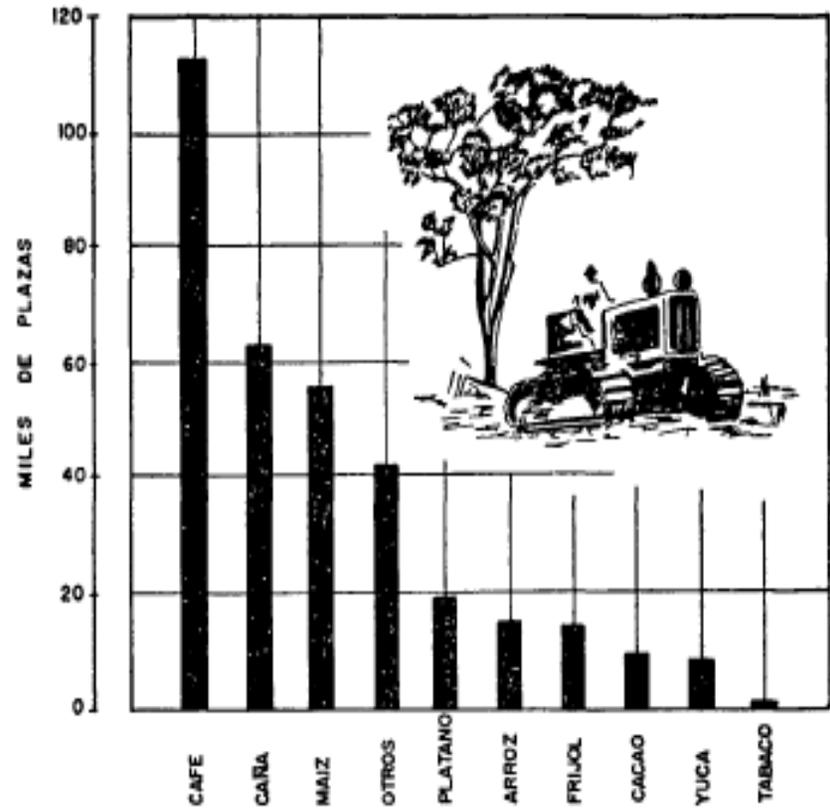
2.1 Transformación agrícola en el Valle del Cauca: de la agrobiodiversidad al monocultivo

En las evocaciones de diversidad de paisaje en el Valle del Cauca que realiza Díaz (2010), y el despliegue de figuras literarias, para indicar Diversidad agrícola y cultural, que Acevedo (1954) usa en su informe “Panorama Geo-económico del departamento del Valle del Cauca”, se percibe una región de enorme riqueza que ha sido impactada a través del tiempo, pero que tiene posibilidad de recuperación. La biodiversidad existente en el Valle del Cauca, de la mitad del siglo XX hacia atrás, reflejada en la belleza de sus paisajes, fue motivo de contemplación y admiración. Díaz (2010), comenta que en la planicie con cobertura vegetal de bosques y de pastales y con presencia de caseríos y habitaciones solitarias, movidas por numerosos rebaños, logró la construcción de una relación trascendental entre el hombre y la naturaleza.

Esta configuración del paisaje vallecaucano, también fue posible por la heterogeneidad del pueblo que habitó el valle geográfico del río Cauca, quienes normalmente fueron campesinos de tipo: pastor, pescador, minero tanto rurales como urbanos. “En torno a las haciendas señoriales, que se consolidaron como unidades productivas, concurrían diversidad de culturas, en ellas, se albergaban negros, blancos -en su mayoría pobres-mulatos y mestizos. Las labores que realizaban las gentes, esclavos o peones, permitieron configurar el paisaje: el corral, el trapiche, el cañaveral, el gradual, el cacaotal, el cafetal estaban presentes al lado de los pastales, para los toros y las vacas casi cimarronas” (Díaz G., 2010).

Las condiciones geográficas, geofísicas y climatológicas de este departamento, dieron lugar a ecosistemas favorecidos, con suelos considerados tradicionalmente de alta fertilidad. El clima tropical con los diferentes pisos térmicos, la topografía y la diversidad de elementos naturales fueron condiciones propias para el surgimiento y mantenimiento de una importante agrobiodiversidad vislumbrada en variedad de cultivos agrícolas y sistemas de crianza. En 1954, la distribución económica del Valle, era dependiente de la diversidad de cultivos como actividades económicas principales, donde sobresalía la producción de café, caña, maíz, otros, plátano, frijol, cacao, yuca y tabaco (Acevedo 1954) como se observa en la Figura 2-1.

Figura 2-1: Representación de la diversidad agropecuaria y área ocupada por los principales cultivos, en el Valle del Cauca en 1954

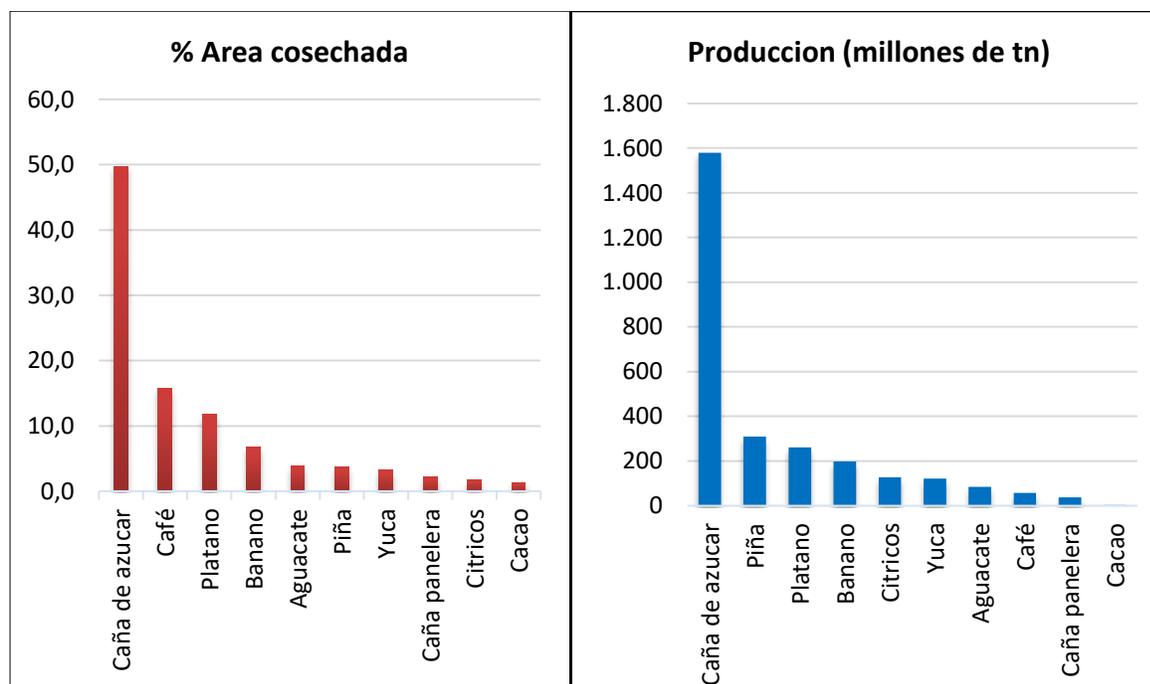


Fuente: Acevedo (1954)

En esta misma época, a mediados del siglo XX, se dio gran impulso estatal al monocultivo intensivo de caña de azúcar por toda la zona plana del Valle del Cauca, que lo convirtió en la principal actividad agrícola del departamento como se observa en la Figura 2-2, que hoy en día, inclusive llega al pie de monte de las cordilleras en zonas ligeramente inclinadas. Como lo indica Díaz G. (2010), esta expansión, control y acaparamiento de las tierras por las grandes empresas se realizó bajo la expulsión y desplazamiento de los campesinos, hacia las zonas de ladera, donde las comunidades generalmente desarrollan agricultura a pequeña escala, que por sus condiciones biofísicas como relieves con pendientes fuertes, los suelos se encuentran altamente susceptible a la erosión por escorrentía y por posibles derrumbes o deslizamientos, especialmente en época lluviosa.

La producción agrícola industrial de los últimos 60 años, ha ocasionado deficiencia de potasio y fósforo en los suelos vallecaucanos, además generar suelos salinos y sódicos (CORPOICA, 2008). La inclusión forzosa de la producción tecnificada, incipiente de diversificación, en la historia agrícola de la zona plana del Valle del Cauca, ha transformado las configuraciones paisajísticas de la región al nivel monótono que se observan hoy en día, tras la degradación los patrimonios biológicos, naturales y culturales de este territorio.

Figura 2-2: Área cosechada y Producción de los principales productos agrícolas del Valle del Cauca



Fuente: Modificado de DANE (2016b)

Actualmente, el área agrícola del valle del río Cauca, en la zona central y norte del Valle del Cauca en Colombia, se caracteriza por el predominio y la expansión continua del monocultivo industrial de la caña de azúcar. Sin embargo la arraigada vocación agrícola de los habitantes Vallecaucanos ha permitido la conservación histórica de áreas y conocimientos en sistemas agrícolas diversificados de economía campesina, en producción agroecológica, que resisten el ataque expansionista del monocultivo de caña de azúcar en la región. Las fincas agroecológicas ocupan solo el 7-8% del territorio y, por lo tanto, enfrentan una gran competencia de recursos (López & Rodríguez, 2013)

2.2 Agroecología y diseño de Agroecosistemas sustentables

Bajo una perspectiva muy reciente para el país de lineamientos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria, trazados mediante la Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, se requiere reafirmar y promover la conceptualización de agroecología, y más cuando dentro de esos lineamientos se establece la promoción de prácticas agroecológicas para sistemas productivos sostenibles (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Campesina, 2017).

La Agroecología es el campo de conocimiento que tiene como objetivo, considerar la agricultura y el desarrollo rural de forma sistémica, incorporando los diferentes contextos sociales, económicos, ecológicos y tecnológicos de cada región, buscando rediseñar los agroecosistemas para volverlos más sustentables (Nicholls citado en Sarandón & Flores, 2014).

La agroecología explora tanto el conjunto de relaciones ecológicas y culturales que suceden al interior y al exterior de los campos de cultivo, abarcando incluso la integralidad de las fincas y su necesaria interconexión en patrones de lo que se denomina la estructura ecológica principal del paisaje, como las conexiones e interacciones complejas que existen entre los agroecosistemas y las sociedades (León, T y Altieri, 2010).

La agroecología se define como un enfoque teórico y metodológico que pretende estudiar la actividad agraria y agroalimentaria desde una perspectiva ecológica. Su vocación es el análisis de todo tipo de procesos agrarios en su sentido amplio, donde los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas son investigados y analizados como un todo (Altieri, 1995). La perspectiva ecológica implica que, desde la ciencia de la ecología, los componentes de la producción agroecológica se pueden analizar desde, el estudio de los flujos de materia y energía en los agroecosistemas.

La agroecología es la ciencia de procesos productivos complejos, multivariados caracterizada por la forma de agricultura diversificada. Desde una perspectiva de manejo, el objetivo de la agroecología es proveer ambientes balanceados, rendimientos sustentables, una fertilidad del suelo biológicamente obtenida y una regulación natural de las plagas a través del diseño de agroecosistemas diversificados y el uso de tecnologías de bajos insumos (Stephen R Gliessman, 2015).

Teniendo en cuenta que hay etapas en la transformación de sistemas agrícolas productivos convencionales a sistemas agrícolas agroecológicos, algunas prácticas que ayudan a clasificar y jerarquizar el grado agroecológico del sistema productivo (Sarandón & Flores, 2014; M. Altieri & Nicholls, 2000), son:

- Optimizar el uso de insumos localmente disponibles combinando los diferentes componentes del sistema de finca, por ejemplo, plantas, animales, suelo, agua, clima y gente de manera tal que se complementen los unos a los otros y tengan los mayores efectos sinérgicos posibles.
- Reducir el uso de insumos externos a la finca y los no renovables con gran potencial de daño al ambiente y a la salud de productores y consumidores, y un uso más restringido y localizado de los insumos remanentes, con la visión de minimizar los costos variables;
- Reemplazar los insumos externos por reciclaje de nutrientes, una mejor conservación y un uso eficiente de insumos locales. Basarse principalmente en los recursos del agroecosistema
- Mejorar la relación entre los diseños de cultivo, el potencial productivo y las limitantes ambientales de clima y el paisaje, para asegurar la sustentabilidad en el largo plazo de los niveles actuales de producción.
- Valorar y conservar la biodiversidad, tanto en regiones silvestres como domesticadas, haciendo uso óptimo del potencial biológico y genético de las especies de plantas y animales presentes dentro y alrededor del agroecosistema.
- Aprovechar el conocimiento y las prácticas locales, incluidas las aproximaciones innovativas no siempre plenamente comprendidas todavía por los científicos, aunque ampliamente adoptadas por los agricultores.

2.3 Dimensiones del enfoque agroecológico

La Agroecología se entiende como un nuevo campo de conocimientos, un enfoque, una disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de agronomía, ecología, sociología, la etnobotánica y otras ciencias afines, con una óptica holística y sistémica y

un fuerte componente ético, para generar conocimientos y validar y aplicar estrategias adecuadas para diseñar, manejar y evaluar agroecosistemas sustentables” (Sarandón, 2002b citado en Sarandón & Flores (2014, p.55-56). Así, la Agroecología entendida con un enfoque que reemplaza la concepción técnica, para incorporar la relación entre la agricultura y el ambiente global con las dimensiones sociales, económicas, políticas, éticas y culturales (Sarandón & Flores, 2014, p.56).

Mediante **la dimensión social** se busca: i) mayor equidad intra e intergeneracional, requiriendo promover la distribución más equitativa, tanto de la producción como de los costos, entre los beneficiarios de las generaciones actuales sin poner en riesgo la manutención de las generaciones futuras; ii) la producción de alimentos sanos que aseguran mejor calidad de vida de la población; iii) mantener la seguridad y soberanía alimentaria y el avance hacia la construcción de formas de acción colectiva que robustezcan el desarrollo y mantenimiento del capital social.

Desde la dimensión **cultural**, la Agroecología concibe que la intervención sobre los agroecosistemas debe considerar los valores y saberes locales de las poblaciones rurales y que los mismos deben ser el punto de partida para la generación de propuestas de desarrollo rural. Se revaloriza el saber local en los procesos de producción de conocimiento enmarcado en las especificidades ecológicas, sociales y culturales de cada agroecosistema.

En el pensamiento agroecológico se resalta con gran énfasis esta dimensión sociocultural porque se entiende que es el agricultor y su familia, quien decide modificar los ecosistemas naturales para transformarlos en agroecosistemas productivos, apropiando el conocimiento de las particularidades de los ecosistemas naturales que lo anidan y cuya estructura es producto de las condiciones ambientales. Por tanto se crea una coevolución entre los agroecosistemas y los agricultores que determina la distribución y el diseño en el espacio y el tiempo de los componentes del sistema. El tipo y la distribución de los cultivos, animales y plantas espontáneas, dependen de los valores, creencias y objetivos del agricultor(a). El estilo de agricultura que cada productor(a) elige se relaciona con su entorno socioeconómico, cultural, sus conocimientos, intereses y su relación con la comunidad, entre otros (Sarandón & Flores, 2014).

En la dimensión **ecológica**, la Agroecología busca la conservación y rehabilitación de los recursos naturales locales, regionales y globales utilizando una perspectiva holística y un enfoque sistémico que atienda a todos los componentes y relaciones del agroecosistema, que son susceptibles a ser deteriorados por las decisiones humanas (Sarandon & Flores, 2014, p.57).

En la dimensión **económica** se busca beneficio para cubrir las demandas económicas del agricultor y su familia y la disminución de los riesgos asociados a la dependencia de los mercados, de los insumos o a la baja diversificación de productos. Una evaluación

económica requiere considerar, todos los costos y no sólo aquellos que pueden expresarse en unidades monetarias.

La **dimensión política** contempla la interacción del agricultor y su familia con las sociedades de su entorno, en procesos participativos y democráticos que se desarrollan en el contexto de la producción agrícola y del desarrollo rural. Participando en redes de organización social, interactuando con los consumidores de sus productos o con las entidades académicas de la región con propósitos de elevar la voluntad política a nivel regional, nacional o supranacional, que favorezca el modo de vida de la agroecología.

La **dimensión ética**, (inseparable del concepto de sustentabilidad) insiste en la necesidad de componer un nuevo vínculo moral (corpus de valores) que incluya el respeto y la preservación del medio ambiente no sólo para éstas, sino también para las futuras generaciones. En este sentido, será necesario, por un lado, crear nuevos valores que disminuyan el consumo excesivo y el deterioro ambiental provocado por estilos de vida que devastan el ambiente, y, por el otro, la reivindicación de la ciudadanía y la dignidad humana, la lucha contra el hambre y la eliminación de la pobreza y sus consecuencias sobre el medio ambiente

En los objetivos de las escuelas doctorales en agroecología se estudian los sistemas agroecológicos en su conjunto, es decir explorando el conjunto de relaciones ecológicas y culturales que suceden al interior y al exterior de los campos de cultivo explicándolos bajo el enfoque científico de conocimiento de la dinámica de materia y energía.

La función integradora de la agroecología en cuanto al manejo de agroecosistemas productivos en equilibrio con su entorno natural, aprovechamiento del conocimiento y las prácticas culturales locales, mercados socialmente equitativos, y soberanía de producción agrícola regional, requiere utilizar metodologías avanzadas de valoración de sostenibilidad, entre ellas la valoración energética. La valoración económica no es suficiente para involucrar todos los componentes misionales de la agroecología.

2.4 Economía Ecológica

Las interacciones entre los colectivos humanos y la naturaleza se han hecho tan estrechas que es necesario recurrir a un enfoque ecológico-sociológico-económico para poder desarrollar, de una forma realista y segura, modelos de gestión de los sistemas naturales que sean verdaderamente viables a medio-largo plazo. Por esta razón, la Economía y la Ecología necesitan construir puentes conceptuales y metodológicos eficaces que permitiesen crear una visión compartida de una sociedad que busca mejorar su capital humano y construido sin comprometer la salud de los sistemas naturales del planeta de los que forma parte y depende estrechamente (Alvarez, Lomas, Martín, Rodríguez, & Montes, s.f.).

Los ecosistemas, que hasta ahora habían actuado como fuente inagotable de recursos y sumidero de residuos para el sistema económico, están siendo colapsados como consecuencia del crecimiento desahogado del mismo (Goodland, 1997, citado en Alvarez et al., s.f.). La Economía ha tratado de introducir los sistemas naturales en el estudio de los sistemas económicos. Pero la tendencia dominante es examinar los sistemas socioeconómicos ignorando el medio natural. Sólo la gravedad y complejidad de los problemas ambientales actuales ha forzado, el encuentro entre ecólogos y economistas.

La agricultura opera en la interfaz entre la naturaleza y la economía humana, combinando recursos naturales e insumos económicos para producir alimentos. Si bien el valor de las contribuciones económicas se cuantifica rutinariamente mediante análisis económicos, tales enfoques a menudo subestiman las contribuciones ambientales y socio culturales a los sistemas de producción. Al no tomar en cuenta tales contribuciones, en relación con los insumos económicos, tanto el uso óptimo de los recursos como las decisiones de gestión se basarán en información incompleta (Ulgiati et al., 1994).

Las economías dependen de los recursos y servicios proporcionados gratuitamente por el trabajo pasado y presente de la biosfera. Como estos recursos no son ilimitados y no podemos cambiar la velocidad a la que se proporcionan, las economías están limitadas en cantidad y tiempo y no pueden crecer sin límite en un planeta limitado. Reconocer la naturaleza de estos límites y ajustar nuestras expectativas a ellos es un prerrequisito obligatorio para una política económica sólida (Brown & Ulgiati, 2010a).

Odum y otros pensadores como Georgescu-Roegen, señalaron con énfasis el hecho de que la economía dominante no reconoce ni entiende las limitaciones (y oportunidades) impuestas por las realidades ecológicas en las economías humanas (Howard T Odum, 1973). Las tesis de estos pensadores no plantearon una solución a las teorías del mercado existentes y los métodos de contabilidad monetaria, sino una completa revisión de la teoría económica que reconoció e incorporó las realidades biofísicas, como fundamento de lo que hoy se llama Economía Ecológica. Brown y Ulgiati advierten “Centrarse en las limitaciones ecológicas y la contabilidad biofísica de los recursos sugiere que el crecimiento ilimitado en un planeta finito, dotado de recursos finitos es imposible y buscar el crecimiento ilimitado es la vía rápida al desastre” (Brown & Ulgiati, 2010a).

La economía ecológica ha surgido de la necesidad de repensar la relación entre la naturaleza y los seres humanos, involucrando visiones con una fuerte componente ecológico, en relación al funcionamiento de los ecosistemas (Martínez, 1999). La Economía Ecológica es una disciplina científica que integra elementos de la economía, la ecología, la termodinámica, la ética y otras ciencias naturales y sociales para proveer una perspectiva integrada y biofísica de las interacciones que se entretajan entre economía y entorno (Castiblanco, 2007). En ella se agrupan diversas perspectivas que tratan de ir más allá de la economía convencional neoclásica y las herramientas que ésta desarrolla, confluyendo desde visiones con una fuerte componente ecológica, en relación

al funcionamiento de los ecosistemas, hasta otras más cercanas a la ecología humana o la antropología económica (Martínez Alíer, 1999; Brown & Ulgiati, 2010a), pero intentando, en todos los casos, integrar el conocimiento de las ciencias sociales con el de las ciencias de la naturaleza.

En el marco de la economía ecológica emergen, entonces, las valoraciones físicas que incorporan el componente principalmente ecológico, basándose en los análisis de balances de materia y energía ligados a la eco-eficiencia como la metodología de Síntesis emergética.

La valoración energética, utiliza la metodología de valoración emergética propuesta por Odum (1996a), es la forma más cercana de estimación de valor real de los productos que se obtienen en una región específica y los rendimientos integrados de la actividad agrícola en sistemas diversificados y autosuficientes, identificados en la conceptualización de la Agroecología.

2.5 Síntesis emergética

Se utiliza el término Síntesis emergética como traducción de análisis emergético o evaluación emergética, por hacer hincapié en el carácter integrador de esta metodología de análisis energético, donde se consideran distintos tipos de calidades energéticas y tiene factores de estandarización para la conversión y el manejo de unidades comunes, considerando tanto fuentes de energía renovables como no renovables (Lomas & Martín-lópez, 2005). Diferentes autores han utilizado el termino Síntesis emergética, sin embargo los pioneros han sido Odum, 1996a; Odum, 1998; Brown y Ulgiati, 2004.

La Síntesis emergética incorpora tanto la economía monetaria como la economía biofísica de la biosfera, es decir que en unidades de emergencia se incorpora el medio ambiente contabilizando el trabajo realizado por la naturaleza para generar recursos (capital natural) y proporcionar servicios ecosistémicos. La emergencia expresa todos los recursos en una base común de equivalentes solares (julios de emergencia solar - sej), para hacer que el trabajo de los sistemas ambientales y los sistemas humanos sean comparables y los análisis evaluativos de los sistemas sean en cierta forma "más completos". Reconoce que el sistema económico es un subsistema del sistema de la geobiosfera más grande que lo apoya y al mismo tiempo lo restringe al proporcionar flujos de energía y recursos materiales que a menudo no tienen mercados y no pueden valorarse utilizando la voluntad de pagar (Brown & Ulgiati, 2010a).

La síntesis de emergencia es un método de evaluación energética destinada al cálculo de los indicadores de desempeño ambiental y la sostenibilidad, valorando, tanto recursos naturales y económicos utilizados en el seno de los ecosistemas, empleando la energía como lenguaje común (Brown & Ulgiati, 2010). Tiene la capacidad de estimar el valor de los distintos componentes del sistema y, de acuerdo al propio método, definir unas

condiciones de sostenibilidad, proporcionando una serie de índices para evaluar la misma y tomar decisiones de gestión (Alvarez et al., s.f.). Para realizar esta evaluación se cumplen las siguientes etapas:

- Elaborar diagramas de flujos de materia, energía e información, (usando simbología propias de los diagramas de sistemas de Ingeniería ecológica) que muestran el conjunto de interrelaciones y procesos biofísicos que no se perciben directamente pero que determinan la identidad y arquitectura de los agrosistemas en estudio y le confiere sus características definitorias; Los datos señalados en el diagrama deben permitir identificar los aportes energéticos al agrosistema por recursos naturales renovables totales (R) y no renovables (N), recursos económicos materiales (M) y Servicios externos (S). De un diagrama adecuado depende la bondad de los resultados.
- Diseño y construcción de tablas de Análisis Emergético. Estas deben estructurarse de forma que permitan incluir, en lo posible, la más completa información de las realidades y contextos de los sistemas productivos a evaluar. Para evaluar un agroecosistema requiere la construcción de una tabla donde se calcula la emergencia por año (Y) necesaria para el funcionamiento del sistema como un todo y también se requiere el número de tablas necesario para detallar cada uno de los subsistemas dentro del Sistema productivo en estudio.

Según el grado de detalle, tiempo y espacios contemplados, se realiza una evaluación y análisis del sistema lo más completa posible. Cada tabla, para un caso específico, se genera a partir de los datos del diagrama de flujo. En la tabla se agrupan los diferentes aportes másicos, energéticos y de información que ingresan, en flujo continuo al agrosistema particular dentro de un territorio, en: flujos de recursos naturales renovables (R) y no renovables (N), recursos económicos materiales externos (M) y Servicios externos (S). Cada agrupación está conformada por subaportes (ejemplo R total contiene varios R_i). Cada subflujo La emergencia (Y) del agrosistema se calcula sumando toda la energía solar equivalente, Julios de energía solar equivalente, sej.

- También se calcula la emergencia de cada flujo para la cuantificación de los índices emergéticos, mediante los cuales se determinará la sostenibilidad del agrosistema en estudio. Los gastos económicos (dados por M y S) generalmente incluyen, las labores humanas, y los servicios directos e indirectos e información cultural requeridos en el agrosistema. Para transformar los flujos de recursos másico, energético y de información a unidades de emergencia (sej) es necesario utilizar factores de conversión llamados Transformidades, UVEs, factores de emergencia específica, (obtenidos por la relación de emergencia necesaria en el sistema para obtener la unidad de materia de producto (Por ejemplo, seJ/kg) (Brown & Ulgiati, 2004), o factores de intensidad emergética (termino generalizado para relacionar la emergencia utilizada, sej, por unidad de materia, energía o información).

Es importante destacar que los valores con los que se diligencia la tabla de síntesis emergética no son estáticos en el tiempo ni en escala. Por ejemplo, es posible que los datos hallados en el estudio de (Rodríguez S., 2005), para el Valle del Cauca, ya hayan variado por las transformaciones en el paisaje y por la variación en técnicas, prácticas y políticas agrícolas, entre las fechas del estudio y hoy día para la misma región.

- **Calculo de Índices emergéticos.** Los índices proporcionan información fundamental de funcionamiento y características diversas en la sostenibilidad del sistema productivo o agrosistema estudiado. Estos índices, enunciados en la Tabla 2-1, permiten establecer comparaciones entre varios escenarios de manejo de un agrosistema, así como entre diversos componentes del mismo, permitiendo evaluar la sostenibilidad del sistema.

Entre los conceptos más usuales incluidos en una Evaluación Emergética, se encuentran los listados en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Definición de los conceptos más usuales en la Evaluación Emergética

Índice	Definición
Energía (Y)	La Energía se define como toda la energía, de un mismo tipo, disponible y anteriormente utilizada, directa e indirectamente, para obtener un producto o servicio. ^{a, b}
Energía solar	Es la energía solar disponible y utilizada directa e indirectamente para producir un servicio o producto. Las unidades son emjoules solares (sej). ^c
Potencia emergética "Empower"	Es el flujo de energía por unidad de tiempo ^{c, d} . (Por ejemplo, sej/año).
Transformidad	Originalmente, la Transformidad se propuso como una medida de la calidad de la energía y era denominada relación de calidad de energía y relación de transformación de energía (con unidades únicamente de sej/J), pero en 1983 se le cambió el nombre a <i>Transformidad</i> (con unidades que pudieran ser sej/hora, sej/J, sej/\$, etc). Posteriormente se separa el concepto de energía específica sería conocida como energía específica. ⁱ
Energía específica	Se denomina energía específica, a la relación de energía a materia producida por un proceso (Por ejemplo, seJ/g). ^e
Intensidad de energía	La intensidad de energía, es el término general para Transformidades y energía específica. ^e
Unidad de valor de energía (UEVs)	Es la energía acumulada disponible (emergy) utilizada para crear una unidad de materia, energía disponible, información, etc ^d . Un término utilizado específicamente en la valoración emergética de naciones.

Índice	Definición
Orden de magnitud transformidades:	1 sej = 1 julio de energía solar. Energía solar absorbida por la geobiósfera es $3,93 \text{ E}+24 \text{ J/año}$, por tanto la Potencia emergética "Empower" por energía solar absorbida es $3,93 \text{ E}+24 \text{ sej/año}$, y la transformidad para cualquier flujo solar en la geobiosfera es $T = 3,93 \text{ E}+24 \text{ sej/j}$ ^b . La base de referencia de emergía global de 1996, que tenía un valor de $9,44 \text{ E}+24 \text{ sej/año}$, se incrementó a $15,83 \text{ E}+24 \text{ sej/año}$ ^h
Eficiencia emergética	Eficiencia emergética como medida de sostenibilidad hace usos de múltiples índices, iniciando con la interpretación de la proporción porcentual de cada flujo con respecto a la emergía total, (así por ejemplo %M= 3%, indica que el aporte a Y por materiales comprados es 3%). Son comunes en estudios los índices: Porcentaje de Renovabilidad parcial (%R), Índice de Carga Ambiental (ELR): Índice Rendimiento Emergético (EYR); Índice de Sostenibilidad (ESI). Son índices nuevos, productos de este estudio: porcentaje de Acervo sociocultural %H; porcentaje de Renovabilidad total %RH; Índice Enseñanza Aprendizaje % HEA; Índice de Carga Ambiental Incluyente (ELR _H). Estos son índices emergéticos propios de este estudio, dado que se incorpora en la evaluación de la emergía de las fincas el componente de Acervo sociocultural
Capital natural	Depósito o almacenamiento de dentro del entorno, proporcionado por la naturaleza ^d . Se concibe capital natural, desde la visión de Patrimonio dada por Gudynas (2000), donde refiere tanto a los bienes que se heredan, como a los legados para nuevas generaciones.
Servicios ecosistémicos	Beneficios que las personas derivan de la naturaleza, tanto pasiva como activamente ^d .
<p><i>Notas:</i></p> <p>a) Liu, Yang, Chen, y Zhang (2011); b) Odum (1988); c) Odum (1996a); d) Campbell y Brown (2012); e) Brown y Ulgiati (2004); f) Brown y Ulgiati (1997), g) Gudynas,(2000); h) (Howard T Odum, 2000); i) Odum, 1976 y Odum et al., 1983, nombrados en Brown y Ulgiati (2004)</p>	

2.5.1 Calidad de la energía y emergía

Además de cantidad, la energía tiene calidad. Cantidades iguales de distintas formas de energía, varían en el potencial para realizar trabajo. Las formas altamente concentradas de energía, como los combustibles fósiles, tienen una calidad más alta que las formas de energía dispersa, como la luz solar. Para expresar la calidad o concentración de la energía, en términos de equivalentes solares, necesaria para desarrollar la misma cantidad de energía de otro tipo, se propuso la emergía.

En las diferentes secuencias de transformación de energía la cantidad de energía se va disminuyendo por las inexorables pérdidas de calor (segunda ley de la termodinámica) pero su calidad aumenta. Hay diferentes unidades para cuantificar la cantidad de energía, pero no hay unidades, de uso general, para cuantificar la calidad de la energía.

Por ello, en 1971 Odum (1971) propuso el término energía contenida como medida de la calidad llamada inicialmente como “embodied energy” y posteriormente la renombró como *emergia* (*con m*).

La *emergia* es una medida particularmente útil para comparar y establecer una conexión entre el valor de los bienes y servicios en el mercado con los bienes y servicios naturales (que no están en el mercado).

En la *emergia* se realiza la cuantificación energética de los componentes ambiental, económico y sociocultural del sistema, convirtiendo a unidades de *emergia* (Julios de energía solar) todos los materiales (recursos naturales renovables y no renovables), los gastos económicos, las labores humanas, y los servicios directos e indirectos (entre ellos se incluye la información cultural) requeridos hasta la obtención de un producto.

La *Emergia*, es una medida universal de la riqueza real del trabajo de la naturaleza y la sociedad, hechos sobre una base común. Los cálculos de producción y almacenamiento de *emergia* proporcionan una base para tomar decisiones sobre el medio ambiente y la economía siguiendo una política pública general para maximizar la riqueza real, la producción y el uso (denominado máxima potencia emergética); Odum, 2000; Kangas, 2002).

2.5.2 Valor energético real y Transformidad

El *valor energético real* de los productos y la eficiencia en la producción de un agroecosistema, dentro de los contextos locales y regionales, en términos de energía producida versus energía aportada requiere, en la metodología de Síntesis emergética, el uso de factores de conversión llamados Transformidades. Estos valores, calculados durante la evaluación emergética propuesta, o adoptados de otros autores, permiten convertir a unidades de *emergia* (*sej*) todos los materiales (recursos naturales renovables y no renovables), los gastos económicos, las labores humanas, y los servicios directos e indirectos (entre ellos se incluye los servicios ecosistémicos y la información cultural) requeridos hasta la obtención de un producto.

La Transformidad mide cuánta *emergia* es necesaria para generar una unidad de energía de producto. Es utilizada para convertir la energía de distintas formas a una forma común a todas, y de ese modo poder realizar comparaciones. Provee una medida de la eficiencia emergética del sistema de producción: cuanto mayor es la transformidad de un recurso, mayor la actividad ambiental necesaria para producirlo (Cavalett et al., 2006).

Como Transformidad es una medida de la convergencia de los flujos de *emergia* para proporcionar un resultado o producto dado, puede decirse que también es una medida indirecta de la renovabilidad de un producto final. Cuanta más *emergia* converja para producir un recurso, mayor será el tiempo de reemplazo (Doherty, 1995, citado en Brown & Ulgiati, 1997) y mayor será su transformidad. La transformidad también es una medida

indirecta de cuánta actividad del entorno, directa o indirectamente, se ha requerido para fabricar un producto determinado. En esencia, cuanto mayor sea la transformidad de un recurso o energía, mayor será la actividad ambiental necesaria para producirlo.

De la misma manera, el uso de materiales y energía de alta transformidad requiere grandes flujos de energía ambiental para igualar. Entonces, la transformidad es un indicador de las contribuciones ambientales pasadas a un recurso y la carga futura sobre los sistemas ambientales que resultará de su uso.

La Transformidad expresa la Emergía necesaria por unidad de energía de un proceso dado. Se obtiene dividiendo la emergía total de un proceso por la energía que éste genere. Sus dimensiones son emergía/energía (sej/j). Este factor de “calidad de la energía” muestra la correspondencia entre la contribución directa e indirecta de flujos de energía a un sistema y la cantidad de energía disponible directa o indirectamente de los flujos en productos. Mide, por tanto, la “calidad” de un tipo de energía dado y se utiliza para comparar energías, en unidades de emergía, de distintas formas de obtención de un producto (agrícola o industrial). Así por ejemplo: 1 k julio de energía de hortalizas (0.1 gr de judías frescas (Ashrae, citado en Çengel & Boles, 2012) pudieron ser producidos con A sej de emergía en la localidad 1, o B sej de emergía en la localidad 2. El entorno geofísico, ambiental, social y económico y las técnicas agrícolas de las dos localidades marcarán los flujos contributivos de energía para A (sej) o B (sej). El análisis de estos dos valores determina la calidad de la energía, la eficiencia emergética y el *valor (energético) real* en la producción de judías frescas.

Representando el ejemplo anterior con la definición dada por Odum, (Odum 1996a, citado en Abel, 2000. p 354) “la emergía es el medio para situar la materia y la energía dentro de un sistema”, la Figura 2-3 esquematiza las etapas para obtener la Transformidad de los productos obtenidos en un agroecosistema, así:

1. En la Figura 2-3a), se evalúa la emergía del agroecosistema (Y), para lo cual es necesario contabilizar los diversos flujos de materiales, energía e información (renovables y no renovables) que ingresan o se reciclan en el agroecosistema y que representan diferentes calidades de energía. Para llevar estos flujos (expresados en unidades físicas como julio, kilogramo, tiempo, m^3 ,...) a unidades de emergía se requieren valores de transformidad expresadas en valores de emergía por unidad (sej/ j, sej/kg,...). Unificadas las unidades de los flujos en términos de emergía energía solar equivalente (sej) se calcula la emergía del agroecosistema contabilizando todos los flujos.
2. En la parte b) de la Figura 2-3 se esquematiza la forma de obtener la transformidad de los productos obtenidos en el agroecosistema, en base a una ecuación donde la emergía hallada para el funcionamiento de la finca se divide por la cantidad de productos obtenidos. La expresión de estos productos puede ser masa o en energía y la transformidad del producto representa el trabajo que fue necesario en la producción de

los productos de ese sistema ó la energía embebida (contenida) en la unidad de masa o de energía de ese producto.

La Transformidad es, entonces, un parámetro de identidad de los productos, pues mide qué tanta energía, de un lugar específico, se toma para generar una unidad de producto. Así, pues, ampliando la definición dada por (Cavalett et al., 2006), en la Figura 2-3 se muestra cuánta actividad en un territorio, relativa a: i) la actividad ambiental, en aportes Renovables y no renovables (R y N), ii) la actividad económica, en aportes comprados de materiales y servicios (M y S), y iii) la actividad sociocultural, en aportes de labor y conocimiento humanos (H), se invirtió para producir una unidad de producto. Este último aporte emergético, llamado en este estudio "Aporte emergético por Acervo sociocultural" se desarrolla por primera vez, en el presente estudio, para los sistemas agroecológicos colombianos valorizado en términos de energía la energía y tiempo indispensable que aportan las familias en su labor, conocimiento, experiencia e información inherentes al quehacer diario de las familias en los sistemas de Agricultura Campesina Familiar.

Las ecuaciones que muestran la Figura 2-3, demuestran que para comparar Transformidades de un producto se requiere contextualizar el origen del producto, por ello las Transformidades de productos no son "datos planos", pues el valor numérico de la transformidad es el resultado de la compilación de varios datos que describen las actividades realizadas en la productividad del territorio y las fincas mismas. Igualmente la Transformidad como indicador puede inferir la sostenibilidad de un territorio, como lo expresa (M T Brown & Ulgiati, 1997), la transformidad es un indicador de las contribuciones ambientales pasadas a un recurso y la carga futura sobre los sistemas ambientales que resultará de su uso.

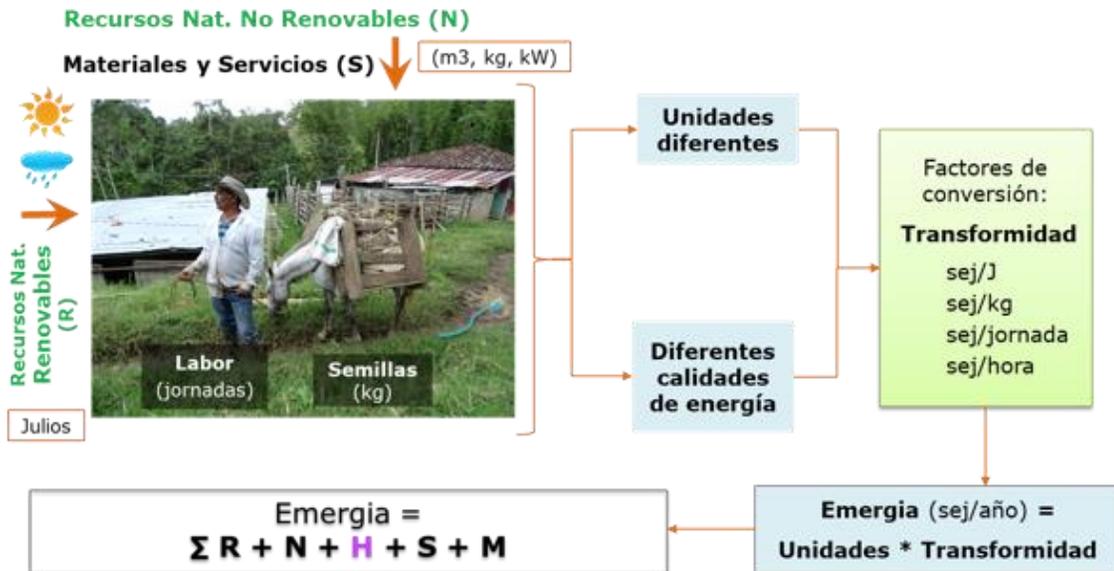
Existen multitud de Transformidades calculadas para distintos componentes y que se pueden consultar en diversas fuentes como Ulgiati, et al., 1994; Brown y McClanahan, 1996; Odum (1996a); Brown y Ulgiati, 2002; Brown y Ulgiati (2010b); Coelho, Ortega, & Comar, 1998; Agostinho y Ortega, 2012; Vivas y Brown, 2006; Sotomayor, 2013; Roncon, 2011; Corrêa, 2006; entre muchas otras. Evidentemente, existe incertidumbre en el uso de Transformidades previamente calculadas en otros lugares y bajo otras condiciones para el análisis de sistemas propios. No obstante, los autores Hau y Bakshi, 2004 citados en Alvarez et al. (2005), argumentan que cuanto más se use el método mayores Transformidades se podrán ir calculando, más específicas serán y podrán ir corrigiéndose las ya conocidas. Es importante destacar, que hay Transformidades de uso universal, que corresponden a las deducidas por Odum (1996a) y otros investigadores para la Línea Base de la Geobiosfera (Brown y Ulgiati 2010b).

El estudio de Rodríguez S. (2005), obtuvo datos de Transformidades para una región en el Valle del Cauca con características diferentes a los municipios de la zona centro-norte del Valle del Cauca. No se conocen Transformidades ni estudios de análisis de sostenibilidad emergéticos para sistemas agrícolas productivos enmarcados en

producción Agroecológica en el Valle del Cauca. Este sería uno de los aportes de la Tesis doctoral.

Figura 2-3: Esquema de las etapas para obtener la Transformidad de los productos obtenidos en un agroecosistema

a) *Uso de Transformidades globales, de país y territoriales para la determinación de energía en un agroecosistema*



b) *Ecuaciones de cálculo en la determinación de Transformidades de los productos de un agroecosistema*



Fuente: Elaboración propia

Finalmente es importante destacar la diferencia entre las ecuaciones para encontrar Transformidades que se muestran en los dos recuadros de la sección b) de la Figura 2-3, si bien las Transformidades son indicadores de identidad de productos, es común encontrar en la literatura Transformidades evaluadas como se muestra en el recuadro azul. El aporte valioso del presente trabajo es adicionar el Acervo Sociocultural (H) en la evaluación de Emergia para determinar la transformidad de los productos agroecológicos (recuadro morado). De manera que al realizar comparaciones de Transformidad para una misma unidad de producto, es *necesario* conocer el contexto de la evaluación emergética en los sistemas de donde provienen los productos.

2.5.3 Sostenibilidad y Eficiencia emergética

La preocupación por el lugar que ocupa la humanidad en el medio ambiente ha llevado a proponer diversos paradigmas desde diferentes corrientes del pensamiento, hasta el surgimiento de la palabra sostenibilidad. En la cual, cada vez más autores sugieren involucrar visiones en un sentido amplio, sin llegar a un consenso definido. El concepto de Sostenibilidad está ligado al uso de energía y recursos en escalas de tiempo y espacio. Según Howard T Odum (1988 p. 1133), los ecosistemas, los sistemas terrestres, los sistemas astronómicos y posiblemente todos los sistemas están organizados en jerarquías porque este diseño maximiza el procesamiento de energía útil.

Según Odum (1983), y Odum (1996) citados en Abel (2000 p 362), los sistemas ambientales globales se autoorganizan en torno al uso de energía renovable, que se origina con la energía solar y el calor profundo de la tierra, y que alimenta los sistemas meteorológicos y geológicos y, en última instancia, los ecosistemas. Esta autoorganización promueve en los ecosistemas pulsaciones entre el almacenamiento y la liberación de energía en forma de nutrientes, biomasa, poblaciones e información. Este almacenamiento y liberación se produce en múltiples escalas espaciales y temporales. La percepción humana cataloga: almacenamientos como renovables (como el agua dulce en los lagos, o pastos anuales o poblaciones de insectos estacionales); almacenamientos de renovación lenta (como la capa superficial del suelo o los árboles forestales), que pueden ser consumidos por el uso humano intensivo, u otros factores naturales y que requieren muchos años para regresar.

La ubicación de un territorio le confiere fuentes de energía renovables, que corresponden a los flujos de energía constantes y recurrentes de la biosfera que en última instancia impulsan los procesos biológicos y químicos de la tierra (Doherty et al., 1993; Brown & Ulgiati, 1997) y contribuyen a determinar la capacidad y aptitud de ese territorio en la producción primaria.

Tanto Howard T Odum (1988 p. 1134 y siguientes), como M T Brown & Ulgiati (1997 p. 55) ilustran la sostenibilidad de ecosistemas y economías, respectivamente basados en un gráfico de producción (productividad) versus tiempo, donde se muestran las fases de crecimiento de un sistema así: una fase temprana de crecimiento rápido, una fase de transición y una fase de declive. Los criterios de sostenibilidad pueden diferir según la

fase así: fase de crecimiento caracterizada por: altos rendimientos netos, alto crecimiento, bajas eficiencias, cargas ambientales en incremento; fase de transición: las tasas de crecimiento decaen, bajos rendimientos netos, eficiencia en crecimiento, decrecen las cargas ambientales; fase de declino: tasas de crecimiento negativas, máxima eficiencia, altas cargas ambientales

Fase de crecimiento se caracteriza por: altos rendimientos netos, alto crecimiento, bajas eficiencias, cargas ambientales en incremento; Fase de transición: las tasas de crecimiento decaen, bajos rendimientos netos, eficiencia en crecimiento, decrecen las cargas ambientales; Fase de declino: tasas de crecimiento negativas, máxima eficiencia, altas cargas ambientales. Prácticas y procesos que son característicos durante la fase de crecimiento pueden no ser sostenibles durante la transición o el declive porque dependen de energías no renovables que están disminuyendo. Por tanto una definición de sostenibilidad debe incluir tiempo. Lo que es sostenible en un tiempo puede no ser sostenible a largo plazo (M T Brown & Ulgiati, 1997 p. 55).

Las decisiones con respecto a los procesos bajo control humano, donde no se garantiza un patrón sostenible y las elecciones deben estar respaldadas por una consideración cuidadosa de muchos patrones diferentes, requieren que los criterios para juzgar la sostenibilidad deben incluir varios factores: 1) el rendimiento neto del proceso, 2) su carga ambiental, 3) su uso de materiales no renovables (M T Brown & Ulgiati, 1997). Teniendo en cuenta, que la sostenibilidad debe ser vista como una meta de la humanidad, se han generado índices para su medición que involucran los tres factores nombrados anteriormente, en la metodología de la síntesis o evaluación emergética.

En la síntesis emergética para un sistema estudiado, después de contabilizar los flujos de materia, energía e información y traducirlos a emergía, con el uso de Transformidades, el paso siguiente consiste en estimar cuantitativamente la eficiencia emergética de dicho sistema. Para ello, se calcula una serie de relaciones e índices basados en los flujos de emergía, que ayudan en la interpretación de los resultados del análisis emergético de los agroecosistemas. Estas relaciones e índices son útiles para hacer comparaciones del sistema en cuestión con otros sistemas que producen productos similares, así como para establecer comparaciones entre varios escenarios de manejo de un sistema. Igualmente, sirven para evaluar la sostenibilidad del sistema, siempre dentro de los criterios del método de síntesis emergética (Haden, 2002; Sotomayor, 2013).

Entre los índices comúnmente utilizados en diversos estudios (Howard T Odum, 1996; Agostinho & Ortega, 2012; Brown & Ulgiati, 1997), se encuentran:

Renovabilidad $\%R = R / Y$: es la fracción de emergía renovable, es decir la relación entre la emergía renovable y el uso de emergía total. A largo plazo, solo los procesos con $\%R$ alto son sostenibles. Los procesos que no funcionan con recursos renovables son por definición una fuente de estrés para el medio ambiente, ya que en última instancia no son patrones sostenibles de organización de la materia (Murota, 1987; citado en M T Brown & Ulgiati, 1997).

Índice de Rendimiento Emergético $EYR = Y / (M + S)$: la relación de rendimiento de energía, es la relación de la energía de salida del proceso (Y) dividida por la energía que entran al proceso, provenientes del exterior del sistema en estudio. Según Agostinho & Ortega (2012), es una medida de la capacidad del sistema para hacer disponibles los recursos naturales a través de la inversión económica externa, y refleja la contribución potencial del proceso a la economía principal debido a la explotación de los recursos locales.

Índice de Carga Ambiental $ELR = (M + S + N) / R$: índice de estrés ambiental debido a una producción. Este es un indicador de la presión del proceso sobre el ecosistema local y puede ser considerado una medida del estrés del ecosistema debido a la actividad de producción.

Índice de sostenibilidad $ESI = EYR / ELR$: es una medida agregada de rendimiento y carga ambiental, por tanto es una función de sostenibilidad para un proceso. Cuanto mayor es el ESI, mayor es el rendimiento por unidad de estrés ambiental. La tendencia de un ESI creciente muestra avanzar hacia un patrón de producción más ecológico para un proceso determinado. El ESI se puede utilizar de dos maneras para evaluar las economías regionales: i) comparar diferentes economías para evaluar su sostenibilidad global relativa a largo plazo. El bienestar económico a largo plazo se puede lograr mejor si se fomenta el uso de flujos de energía renovables, protegiendo el medio ambiente y minimizando la dependencia de energía comprado en el extranjero; y ii) seguir las tendencias en una sola economía a lo largo del tiempo. Los cambios en el índice sugieren que la sostenibilidad global de una economía aumenta o disminuye según en la dirección del cambio del índice. Este índice fue propuesto en el estudio de M T Brown & Ulgiati (1997).

Las tendencias de los anteriores índices pueden controlarse a lo largo del tiempo y proporcionar información útil sobre la dinámica de los sistemas económicos dentro de la capacidad de carga del entorno en el que se desarrollan. Para un proceso de producción en particular, los índices emergéticos además de proporcionar información sobre la eficiencia termodinámica del proceso, la calidad de su producción y la interacción entre el proceso y su entorno, y finalmente permiten un acercamiento cuantitativo de la sostenibilidad del mismo (M T Brown & Ulgiati, 1997).

Los índices emergéticos propios de este estudio incluyen el flujo continuo de energía por Acervo sociocultural (H), con contribuciones por 5 subflujos, donde los cuatro primeros, son dados por la familia o población permanente, que vive y administra la finca, así: el metabolismo humano (H1), la interacción social y aprendizaje (H2), la memoria de información (H3) y la apropiación de conocimiento continuo en diferentes niveles educativos (H4). El quinto flujo es el aportado por los trabajadores externos o población no permanente, correspondiente a su apropiación de conocimiento continuo en diferentes niveles educativos (H5), teniendo en cuenta, que el personal contratado no habita en la finca y sus tiempos de permanencia son considerablemente más cortos que el grupo

familiar. Los índices emergéticos emergéticos que involucran el flujo de Acervo sociocultural se les denominó “*índices incluyentes*”.

2.6 Emergia de los procesos Globales de la Geobiosfera. Línea Base

Las reservas de gasto energético anual de la geobiosfera son 15,83 E+24 sej/año, aportadas por:

- i) Energía solar absorbida 3,93 E+24 J/año, dato basado en la constante solar 2 cal/ cm²/min, (2 Langley/min) con un 70% de absorción promedio y una sección transversal frontal al sol de 1,27 E+1 m² (Odum, Brown, & Brandt-williams, 2000; Odum, 2000; Kangas, 2002; Campbell & Tilley, 2016).
- ii) Calor profundo de la tierra de 6,72 E+20 J/año: se adicionan la liberación de calor de la corteza por radioactividad 1.98 E+20 J/año, más 4,74 E+20 J/año de calor que fluye desde el manto (Sclater et al., 1980). Transformación solar 1,2 E+04 sej/J es de Odum (2000) basado en una ecuación de emergía para el calor de la corteza como la suma de calor emergente del calor de la tierra, entrada solar a tierra y marea (Odum, et al., 2000).

Tabla 2-2: Emergia de las entradas a la Geobiosfera

Nota	Flujo de entrada	Transformidad solar (sej/J) ^a	Potencia emergética ^b “Empower” (sej/año) E+24
1	Energía solar absorbida	1	3,93
2	Fuentes de calor de la corteza	1,20 x 10 ⁴	8,06
3	Energía de marea absorbida	7,37 x 10 ⁴	3,83
	Total Potencia emergética Global	-	15,83

Notas: a) Unidades de Transformidades de procesos globales (sej/J) = emjoules solares por joule

b) Potencia emergética = (Flujo de energía anual global) * (Transformidad solar)

Fuente: (Howard T Odum, 2000)

- iii) Energía de las mareas: el flujo de energía anual como contribución de las mareas al flujo geopotencial oceánico es 0,52 E+20 J/año (Miller, 1966). Transformidad solar 7,4 E+4 sej/J (Howard T Odum, 2000), siguiendo a Campbell (1998) se basa en una ecuación de emergía para el geopotencial oceánico como la suma de emergía del calor de la tierra, la entrada de energía solar al océano y la marea. Las Transformidades de las entradas renovables a la geobiosfera se resumen en la Tabla 2-2.

Los anteriores valores han tenido algunas modificaciones registradas en los Folios así: (Odum, 2000; Odum, et al., 2000) revisaron la base de referencia de emergía global con una estimación más grande de la marea. La base de referencia de emergía global de 1996, que tenía un valor de $9,44 \text{ E}+24$ sej/año, se incrementó a $15,83 \text{ E}+24$ sej/año. Usar una base diferente cambiaba todos los valores de la unidad de emergia que directa e indirectamente se derivan del valor de la potencia emergética anual global, por ello, Kangas (2002) sugiere que para usar valores base de 1996 actualizándolos a valores de 2000, se debe multiplicar cada uno por 1,68; si fuese al contrario es decir que los valores de la base 2000 se quieran usar con datos de 1996 se debe multiplicar cada uno por 0,60.

Brown, Campbell, De Vilbiss, y Ulgiati (2016), describen actualizaciones de la línea base de emergia de la biosfera así: han habido varias líneas base de emergia de la geobiosfera a medida que la ciencia de análisis emergético ha madurado (Brown & Ulgiati, 2004). En los inicios del concepto de emergia, Odum (1971) consideró la energía solar como la base para todas las otras formas de energía, estimando 1000 julios de luz solar para producir 1 joule de materia orgánica y alrededor de $42 \text{ E}+06$ julios de energía solar para producir US\$ 1,0 de servicio humano. Más tarde, Odum (1975) diferenció entre las plantas, la madera y los combustibles fósiles para expresarlos en equivalentes de combustibles fósiles, pero aún utiliza solo la entrada solar a la geobiosfera como fuente primaria.

En 1983, Odum y Odum (1983) estimaron un equivalente solar de fuentes de calor geológico (denominado "calor profundo" o "calor de la Tierra profundo") y se incluyó, junto con la luz solar, en los "procesos globales base de emergia solar". Con la publicación de Environmental Accounting, Odum (1996a) agregó un equivalente solar de marea a la base global de emergia solar, lo que resultó en una línea base de $9,44 \text{ E}+24$ sej/año. En Odum, et al., 2000; Odum, 2000, se utilizó un método de ecuaciones simultáneas para calcular la equivalencia solar de la marea y del calor profundo que produjo una base de potencia emergética global de $15,83 \text{ E}+24$ sej/año. Campbell (2016), proporciona una revisión histórica en profundidad de la ciencia relacionada con el cálculo de las líneas de base de emergia.

2.7 Emergia en País

La evaluación de los estados, las naciones y su base de recursos da una perspectiva a gran escala para la valoración de las áreas ambientales y ayuda la selección de políticas para el beneficio público (Howard T Odum, 1996).

Las evaluaciones de Emergia a escala nacional proporcionan una perspectiva singular de la base de los recursos de la organización económica de un territorio. La literatura muestra que el marco existente para el análisis de emergias a escala nacional está definido, con tablas para cuantificar y agregar insumos del sistema e índices de cálculo

(Howard T Odum, 1996). Sin embargo, no se han estandarizado los procesos de recopilación de datos brutos necesarios para la síntesis y la aplicación de conversiones de energía constantes y valores de energía unitaria para traducir flujos físicos a unidades de energía. Además, las incoherencias entre las fuentes de datos a nivel nacional pueden confundir el análisis comparativo entre las naciones.

De tal forma que en la Base de Datos de Contabilidad Nacional Ambiental NEAD (2012), recopila información detallada de más de 150 países para el conjunto de recursos que son base de sus propias economías, incluidos los flujos ambientales (luz solar, lluvia), reservas de capital natural (suelo, agua, bosques, peces), materiales extraídos (metales, combustibles) y bienes y servicios transformados económicamente (productos agrícolas, bienes manufacturados, servicios). Los datos sobre los productos básicos y las corrientes comerciales corresponden a los años 2000, 2004 y 2008, y los datos promedios a largo plazo se utilizan para los flujos climáticos e hidrológicos.

La primera versión de NEAD se produjo en 2006 y contiene síntesis completas para 134 países para el año 2000. Con el apoyo de la Sociedad Internacional para el Avance de la Investigación Emergencia (ISAER), se produjo una segunda versión de NEAD en 2012, con años 2004 y 2008, y más países. Además, los (valores de energía por unidad) UEVs o Transformidades, se actualizaron según nuevas investigaciones que modificaron los resultados para el año 2000. La base de datos NEAD (2012), presenta resultados para todas las naciones, organizados en tres tablas. La primera, se ubican los elementos de línea de valores de energía, valores de energía por unidad (UEV) y valores de energía para todos los flujos de línea individual; en la segunda, se resumen de los flujos de energía agregados de los flujos individuales de las partidas individuales; y la tercera, contiene los índices de energía, que representan diversos aspectos de la condición del sistema y facilitan la comparación de naciones.

2.8 Antecedentes de Evaluación de Energía en la Información y labor humana

En primer lugar, la labor humana desde el principio de la creación fue valorada en términos de señorío o gobierno y no de asalariado. "Y Dios creó al hombre a su propia imagen,... y les dijo: ... llenen la tierra, ..., y gobiernen ..." (Reina Valera, 1960, Gen 1:27, 28). Para el cumplimiento de tal premisa ("gobernar sobre" la tierra), la labor humana requiere conocimiento, experiencia, observancia permanente y cuidado con el medio ambiente circundante durante el diseño y administración de agroecosistemas. Esta riqueza aportada dentro del trabajo humano requiere procedimientos de valoración más avanzados, que las usuales consideraciones crematísticas con que se tasa el desempeño del trabajo humano

La definición básica de un sistema termodinámico refiere a aquel entorno delimitado que intercambia masa, energía e información. El creciente desarrollo de mecanismos e instituciones especializadas en manejo y seguridad de la información, relieves la necesidad de cuantificar los flujos de información en los sistemas productivos, entendiendo que información puede referirse desde los mecanismos del lenguaje cotidiano hasta sistemas complejos de replicación de información genética utilizada en los ecosistemas.

Abel (2000, p.496), refiere que el lenguaje y la cultura simbólica facilitan la transmisión de la cultura de una persona a otra y de una generación a otra. En este sentido, sostiene que existe una analogía entre la genética, donde la información fluye por la esencia misma del ADN y el lenguaje y la cultura simbólica desempeñando un papel termodinámico en los sistemas autoorganizados.

La naturaleza tal como se representa en la termodinámica de desequilibrio es inherentemente autoorganizada y jerárquica. Se argumenta que la materia se forma en estructuras que facilitan la disipación de energía. La vida biológica acelera este proceso y por supuesto, la vida cultural aún más (Abel, 2000, p.354).

(Abel, 2000, p.478) afirma que los seres humanos hemos modificado la biosfera para nuestras propias necesidades, insertando los sistemas socioculturales en los ecosistemas. La retroalimentación de los sistemas socioculturales modifica la producción natural para aumentar y asegurar productos naturales que son útiles para sí mismo, es decir que los sistemas socioculturales tienen importantes efectos de retroalimentación en el ecosistema más grande y ante todo son sistemas que co-evolucionan (se autoorganizan) con la naturaleza.

Según Odum y Odum (1983,p.469), “los sistemas ambientales globales se autoorganizan en torno al uso de la energía renovable, que se origina con la energía solar y el calor de la tierra, y que alimenta los sistemas meteorológicos y geológicos, y en última instancia los ecosistemas”. Esta autoorganización resulta en ecosistemas que exhiben pulsos entre el almacenamiento y la liberación de energía en forma de nutrientes, biomasa, poblaciones e información (Odum, 1996a; Odum, 1996b; Odum, 1995). Por tanto al considerar los sistemas socioculturales inmersos en los sistemas ambientales estos pulsos pueden favorecerse o desfavorecerse, dependiendo de “atino” con que el ser humano realice su labor. Este almacenamiento y liberación ocurre en múltiples escalas espaciales y temporales (Abel, 2000, p.361).

Abel (2000, p.369-370), afirma que probablemente los modelos culturales más resilientes son aquellos que codifican el conocimiento práctico para la recolección de subsistencia, produciendo herramientas y estrategias en la provisión de alimento y la división del trabajo

En las fincas agroecológicas del presente estudio es evidente la "vocación" de la agroecología, dada en la definición de (M. A. Altieri, 2011). El equilibrio al interior de las

fincas en su funcionamiento y control tiene un categórico fundamento: el “tipo” de mano de obra familiar dentro del sistema que incluye a todos los miembros del grupo familiar, quienes por su estancia continua en las fincas logran tal integración familia-agroecosistema, con lecturas holísticas permanentes de las manifestaciones del agrosistema, y que les permite tomar acciones pertinentes en pro de la eficiencia y sostenibilidad de los mismos.

Por tal razón, en los sistemas agroecológicos, la familia se representada como Consumidor, en símbolos del lenguaje de los sistemas de energía, lo que indica que es una unidad que transforma la calidad de la energía, la almacena y la retroalimenta de forma autocatalítica para mejorar el ingreso a la granja agroecológica. Corroborando lo expresado por Odum (1988, p.1113): en un ecosistema las unidades de consumo (consumidores) son útiles porque retroalimentan materiales de refuerzo, servicio e información.

“Es necesario entender tanto los dominios humanos como los naturales, cada uno en el contexto del otro, y es importante desarrollar estrategias de manejo que reconozcan y promuevan las interconexiones vitales entre los dos” (Doherty et al., 1993 y Odum, 1996a). La investigación de estos autores analiza la interacción y la preservación cultural de una región con el manejo de los recursos naturales. Ambos autores consideran la cultura como la información compartida de la sociedad humana a través de la cual opera, y proponen la evaluación de los flujos de energía basados en los aportes de los recursos naturales territoriales, la energía del metabolismo de la población, la energía invertida para el intercambio de información y el aprendizaje entre la población. La información fluye por la esencia misma del ADN humano y el tiempo requerido para el desarrollo de la cultura. Además, Odum (1996a) predice la insuficiencia en la valoración del trabajo humano solo por la cuantificación del trabajo en el flujo de energía por servicios.

Bergquist, Ingwersen, y Liebenow (2011), argumentan que en la evaluación de los sistemas a los cuales los seres humanos aportan conocimiento y trabajo físico, se necesitan valores unitarios de energía (UEVs) que capturen el soporte de energía total con una consideración específica por el conocimiento así como los procesos de conducción de trabajo físico en ese sistema. Si bien esto implica que el conocimiento y el trabajo físico son entregados juntos en el servicio humano, y por lo tanto deben considerarse inseparables, la mayoría de las UEVs disponibles omiten el conocimiento transferido por las personas o combinan el trabajo y el trabajo físico de un modo inespecífico. Estos autores proponen que el cálculo de las UEVs laborales debe incluir al menos cuatro aspectos; la ingesta de calorías, la calidad y la cantidad de conocimientos, cómo se transfiere entre los individuos y la sociedad en general, y en qué contexto cultural se aplica el trabajo. El trabajo desarrollado por estos autores propone un enfoque particular para calcular las UEVs laborales que capturan el valor del conocimiento en sus diferentes formas.

La síntesis de emergencia diseñada por Odum (H.T. Odum, 1989; Howard T Odum, 1996a; E. P. Odum & Warrett, 2006) es un método de evaluación de energía de sistemas donde se cuenta, en julios de energía solar equivalente, cuya unidad es emjulios (sej), los recursos utilizados directa e indirectamente en la obtención de Productos o servicios (H.T. Odum & Odum, 2012). Esta evaluación de emergencia contabiliza los flujos de energía aportados por los recursos naturales y los flujos de energía de los servicios y materiales de la economía utilizados en los agroecosistemas.

En la literatura, el estilo habitual de los estudios de emergencia, para la evaluación de sistemas agrícolas, es tener en cuenta la labor humana dentro de los servicios externos contratados (S), transformando costo monetario por jornales a emergencia. En muy pocos estudios, cuando se refieren a pequeñas propiedades rurales manejadas por familias, la labor humana se cuantifica en emergencia como un recurso renovable (nombrado como un Ri). Sin embargo queda por cuantificar todo el valor agregado del trabajo humano dado por el conocimiento, la experiencia y la información asociada al trabajo diario de las familias que diseñan y administran la agricultura familiar agroecológica. También falta incluir la contribución de un cierto "tipo" de trabajo familiar interno dado por la residencia permanente y la integración de la familia con el agroecosistema, y por la actividad de la familia para promover la cultura agroecológica con actores fuera de la granja (con consumidores de los mercados, vecinos, asociaciones locales y nacionales, comunidades que visitan las fincas).

Estos aportes, en términos de emergencia, se valoraron incluyeron en el presente trabajo, a la metodología de emergencia de Odum con el nombre de "Valoración del Acervo sociocultural en términos de emergencia de las fincas agroecológicas objeto del estudio y se nombró con la letra H". De esta forma se destaca en términos numéricos lo valioso del trabajo de las familias en los agroecosistemas en concordancia a la dimensión cultural de la Agroecología

3. Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos, se construyó un proceso que partió de la caracterización del uso productivo de los suelos en los sistemas de estudio, la valoración de los aspectos socioculturales inmersos en la producción agroecológica familiar y comunitaria de la zona centro y norte del Valle del Cauca y la determinación de la energía usada en las fincas (analizándolas como un todo), para determinar la productividad y calidad energética de los productos en términos de Transformidad de productos agroecológicos de obtenidos en las fincas. Se evaluó la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos, mediante la determinación de índices energéticos, el Capital natural y de información (como patrimonio de las fincas) y sus Servicios Ecosistémicos.

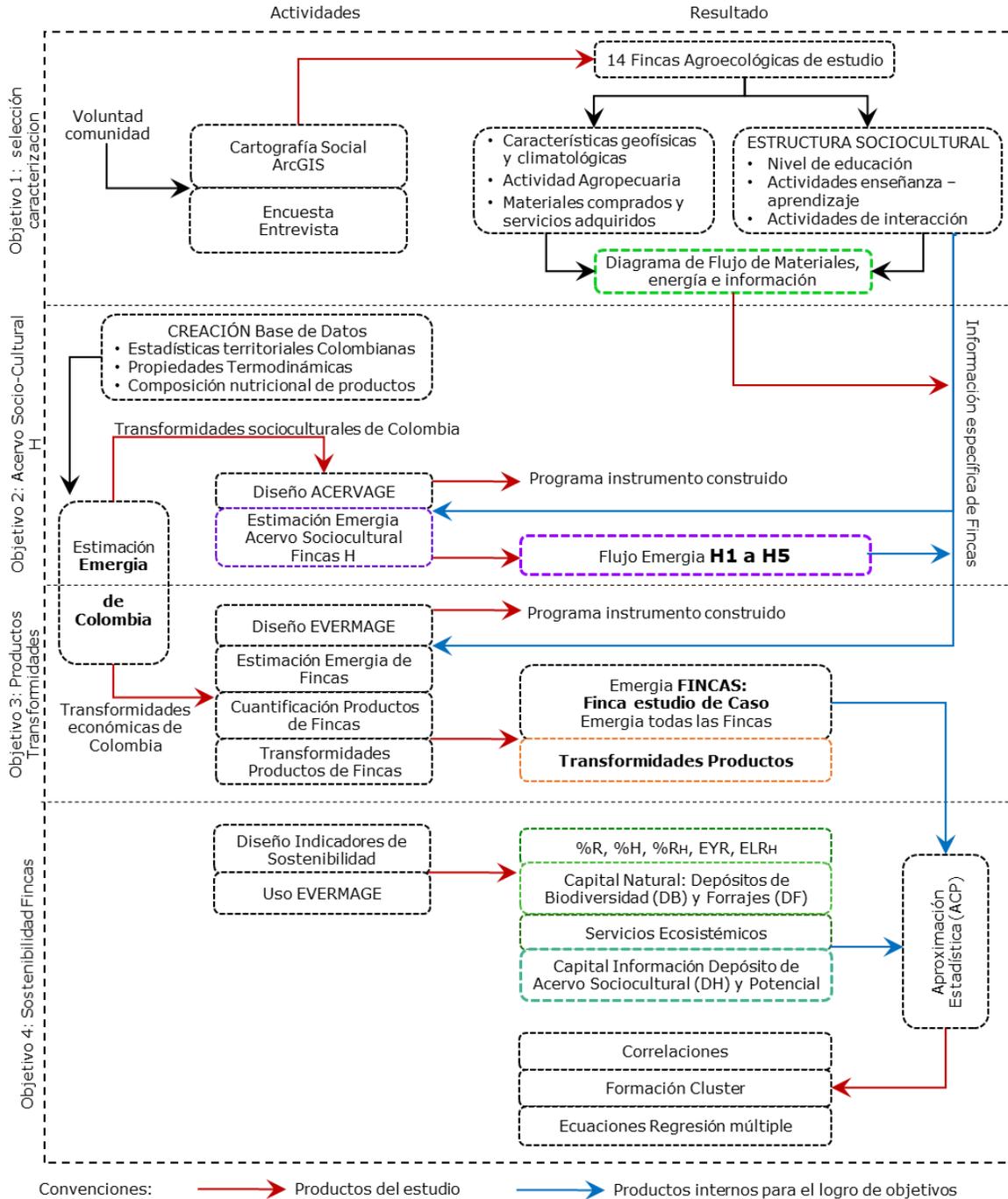
En la Figura 3-1, se esquematizan la actividades y resultados para el alcance de objetivos y se destacan varios instrumentos, construidos durante el estudio, que son esenciales para la Evaluación energética de las Fincas agroecológicas. Ellos son: i) Estimación de la Energía Usada para Colombia y Acervo sociocultural colombiano, mediante los cuales se cuantificaron las Transformidades socioculturales y económicas colombianas (también llamadas UEVs -Valor de Energía por Unidad). ii) Diseño y uso de los programas ACERVAGE (necesario para la evaluación del Acervo sociocultural en las fincas) y EVERMAGE (necesario para la evaluación energética de las fincas y los subsistemas propios de cada finca). Estos programas se explican en Anexo A. Estas herramientas son valiosas como producto de este estudio porque son instrumentos para posteriores evaluaciones energéticas.

3.1 Evaluación energética de Colombia

El análisis de energía de un territorio permite visibilizar la relación entre su desarrollo económico con el cambio ambiental del mismo. La evaluación de Energía para Colombia se realiza de acuerdo a la nomenclatura internacional usada para la evaluación energética de naciones (Odum, 1996; NEAD, 2012; Sweeney et al., 2007; Brown y Ulgiati, 2010b). El análisis de los flujos de energía de Colombia, dados por sus recursos naturales autóctonos y por su dinámica de importación y exportación de productos y servicios, proporciona la visión de riqueza real y sostenibilidad de la nación. La evaluación de la Energía de Colombia también proporcionan los índices energéticos que valoran sus capacidades y funcionamiento económico, social y ambiental. Estos índices

se denominan Transformidades propias de Colombia (T), las cuales son instrumento esencial para los cálculos del estudio.

Figura 3-1: Esquema general de la metodología utilizada



Fuente: Elaboración propia

La Base de Datos de Contabilidad Ambiental Nacional (NEAD, por sus siglas en inglés), presenta, en su plataforma web, información de emergencia para cerca de 150 países con datos de productos y flujos comerciales en los años 2000, 2004 y 2008. Además en la web se expresa que son datos promedio a largo plazo para los flujos climáticos e hidrológicos y que se usan datos aproximados a otros países cuando no se encuentra la información relativa a una nación en documentos oficiales. Por tanto la estimación de la emergencia de Colombia para el año 2015, realizado en el presente trabajo, es un producto de gran importancia para la llevar a cabo muchos más estudios emergéticos en el país, visibilizando la riqueza y el contexto nacional y podría usarse alimentar la plataforma NEAD en su próxima versión, donde se utilizaron datos claramente enmarcados en la realidad Colombiana.

La Síntesis emergética del país para el año 2015, se desarrolló en tres etapas: i) el cálculo de Emergencia Usada en Colombia (U) y los Índices Emergéticos de desempeño económico ambiental de país, ii) el cálculo de la emergencia del Acervo sociocultural del país, y iii) determinación de las Transformidades o Valores de Emergencia por Unidad (UEVs) propias para el territorio colombiano, las cuales indican las capacidades del territorio en sus propias realidades. Estos UEVs, se obtuvieron con base en los resultados de etapas i) y ii), y la información de funcionamiento del país, según bases de datos gubernamentales.

3.1.1 Emergencia Usada en Colombia e Índices emergéticos

Esta primera etapa, se realizó siguiendo la metodología general planteada por Odum (1996a) y se complementó con los procedimientos planteados en la NEAD (2012) y en Sweeney, Cohen, King, y Brown (2007). La metodología, consta de las siguientes fases: i) Tabla de análisis de emergencia del país; ii) Tabla y diagrama resumen de los flujos de emergencia; y iii) Evaluación de índices emergéticos.

- **Tabla de análisis de emergencia del país**

El primer paso consistió en la construcción de una tabla base para el análisis de emergencia, constituida por 6 columnas principales y una fila para la categoría de flujos (Tabla 3-1):

- A. Representa el número de la línea en la tabla.
- B. Es el nombre del componente correspondiente al flujo
- C. Corresponde al dato numérico anual del flujo
- D. Contiene las unidades del flujo, en general de energía, masa, costo u horas
- E. Representa la Transformidad o emergencia por unidad, respectiva para transformar los datos numéricos de cada ítem (de la columna C) a unidades de emergencia, julios de energía solar equivalente (sej).
- F. Emergencia solar de cada línea se calcula como el producto de las columnas C x E
- G. Corresponde al nombre de la categoría de los flujos

En la columna B, se incluyen los flujos seleccionados con base en estudios previos sobre evaluaciones emergéticas de algunos estados y/o países, entre ellos, Coelho, et al. (1998), quienes adelantaron sus estudios en Brasil; Vivas y Brown (2006), en Arkansas; y NEAD (2012), en más de 150 países. Los flujos seleccionados, se incluyeron dentro las siguientes categorías: i) Recursos Naturales Renovables, ii) Fuentes de Energía Renovables autóctonas, iii) Fuentes de Energía No Renovables autóctonas, iv) Importaciones y fuentes externas, y por último v) Exportaciones.

Tabla 3-1: Componentes Ejemplo de tabla para el análisis de emergencia de Colombia

A	B	C	D	E	F
Línea No.	Componente ^a	Flujo	Unidad/año	Transformidad (sej/unidad)	Emergia (sej/año)
G: Categoría de los Flujos					
1	1		Julios, gramos o kg US\$, horas		
2	2		⋮		
⋮	⋮				
N	N				
a) El llamado de notas explicativas de la tabla, se colocan aquí.					

Fuente: Modificado de Odum (1996a, p.78) y NEAD (2012)

La información captada en esta tabla corresponde a los datos geográficos, ambientales, edáficos, demográficos, poblacionales, energéticos, productivos y de comercio internacional de Colombia, necesarios para la contabilización de cada flujo, y que permiten apreciar la economía del país involucrando los ingresos de energía fundamentales, no comprados ni pagados, aportados por el sol, el viento, la lluvia, el calor del subsuelo, de olas, de mareas, de procesos geológicos, de pérdida de suelo, etc. Los registros logrados en cada línea de la tabla, proceden principalmente de publicaciones científicas, mapas cartográficos y herramientas web de instituciones gubernamentales nacionales, especialistas en el tema socio-económico-ambiental de país.

Los datos anteriores de la tabla están referenciados en el Anexo E., denominado Memoria de Cálculo de la Evaluación emergética de Colombia, donde también se realizan las operaciones y cálculos respectivos para convertir los datos recolectados a flujos energéticos, másicos o monetarios anuales, expresados en unidades de Joules/año, gramos o Kilogramos por año, dólares/año, horas/año. Los flujos producto de la conversión, se integraron a la Tabla 3-1 (Columna C).

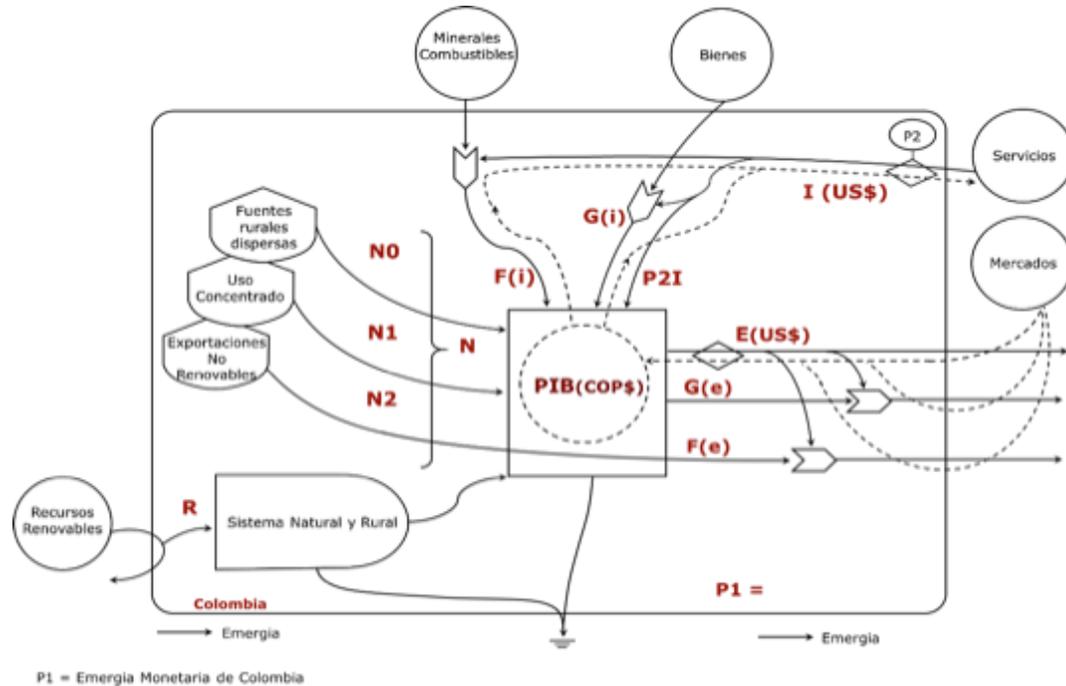
El segundo paso consistió en obtener, de diferentes estudios de emergencia, las Transformidades correspondientes para cada flujo. Cada una de las Transformidades se relaciona y referencian en el Anexo I. El flujo de emergencia para cada línea de la tabla se obtuvo mediante la multiplicación dato de Flujo (Columna C) x Transformidad respectiva

(Columna E). La Transformidad y la energía solar generada en la operación, se organizaron en la (Columna E y columna F, respectivamente).

- **Tabla y diagrama resumen de los flujos de energía para Colombia**

Una vez contabilizados estos flujos de energía, se agruparon aquellos considerados trascendentales (Figura 3-2), según Sweeney, et al. (2007).

Figura 3-2: Ejemplo de Diagrama resumido de los flujos de Energía para una Nación



Fuente: Modificado de Sweeney, et al. (2007)

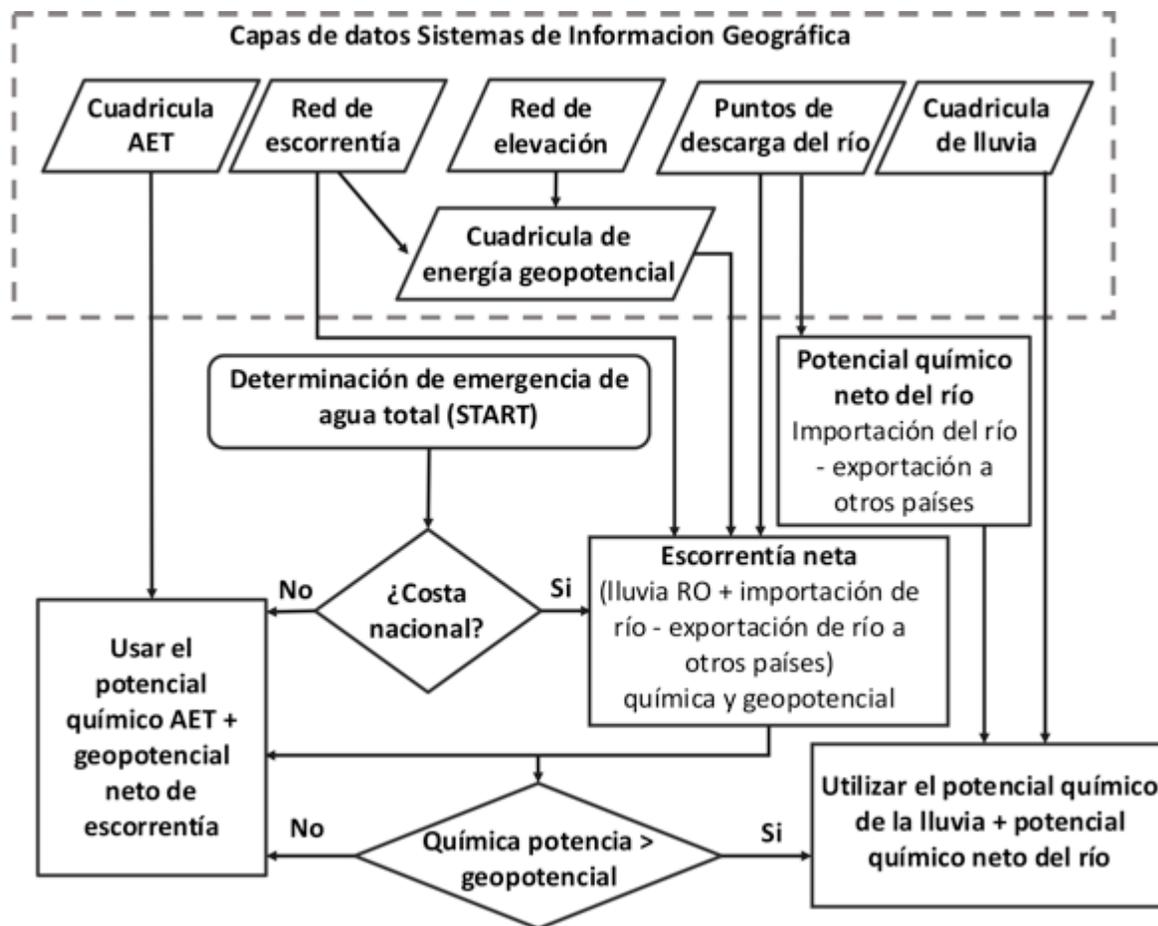
Se recogen de esta manera, los componentes correspondientes a las fuentes renovables, R, las fuentes rurales dispersas, N0, el uso concentrado, N1, los exportados sin uso, N2, los recursos no renovables, N, los minerales y combustibles importados, F(i), los bienes importados, G(i), el dinero por servicios importados, I(\$), la energía de servicios en importación de bienes y combustibles, P2I, el dinero por servicios exportados, E(\$), y el valor de Energía de servicios exportados, P1E. En la Figura 3-2 se ilustran utilizando el lenguaje de símbolos de los sistemas energéticos, especificados en el diagrama de flujo se construye con el propósito de mostrar la dinámica interna del agroecosistema, la distribución de la labor familiar y mano de obra contratada, entradas de recursos renovables, no renovables, Servicios y Materiales externos y la dinámica sociocultural de la finca. Así mismo, muestra las salidas de productos agropecuarios, pérdida de suelo y nutrientes, y la salida y retroalimentación de los depósitos y servicios ecosistémicos (los depósitos y servicios ecosistémicos, calculados en la sección 3.4.4). La caracterización de cada finca es única, teniendo en cuenta las particularidades de los agroecosistemas

por estar inmersos en sus propios entornos económico, sociocultural y natural, representados en los alrededores de los diagramas en escala de verde como se muestra en la Figura 3-4. El diagrama fue construido teniendo en cuenta los símbolos de los sistemas energéticos presentados en la **Error! La aut Referencia al marcador no es válida.** y los colores respectivos.

Tabla 3-2.

Para el cálculo de las Fuentes renovables (R), se tomó el flujo renovable de mayor valor (sej/año) como lo señala Sweeney, et al. (2007). Este corresponde al Agua Total del país. Para estimar los flujos por Agua Total del país que conforman R, se siguió el procedimiento de la Figura 3-3.

Figura 3-3: Diagrama metodológico para la determinación de los flujos renovables correspondientes al Agua Total de un país.



AET = Evapotranspiración real

Fuente: Tomado y traducido de Sweeney, et al. (2007).

También se tiene en cuenta, que Colombia como es un país costero, y, planteamientos como los siguientes:

- Si los Potenciales Químicos > Geopotenciales, entonces:
Los flujos de agua para R corresponden a:
Potencial químico de lluvia + Potencial químico de ríos.
- Si los Potenciales Químicos < Geopotenciales, entonces:
Los flujos de agua para R corresponden a:
Potencial químico de AET + Geopotencial de lluvia neto.

AET = Potencial químico de lluvia y el Geopotencial de lluvia neto = Geopotencial de ríos. En el presente estudio, entonces, los flujos de agua para R corresponden a:

Potencial químico de lluvia (AET) + Geopotencial de ríos

- **Evaluación de índices energéticos**

Como indica (Coelho et al., 1998), el valor de la Emergia Total Usada en el País U (sej), representa la cantidad de energía utilizada en procesos naturales, la cual proporciona la base de recursos para la formación de la riqueza nacional. En seguida, se calcularon los índices de emergia, los cuales, se aplicaron para valorar la sostenibilidad y el desempeño ambiental y socioeconómico del país y compararlo con otras naciones.

Los índices calculados en este estudio fueron la Tasa de carga ambiental (ELR), la Relación de Rendimiento Emergético (EYR), el Índice de Sostenibilidad (ESI) y las Transformidades de la Nación.

3.1.2 Acervo sociocultural de Colombia

El acervo sociocultural se estimó con base en metodología planteada por Doherty et al. (1993). Para lo cual se requiere la emergia de los Recursos renovables de Colombia, R, (sej/año) y la Información concerniente a la población colombiana, la energía del metabolismo basal humano, la energía por memoria de información de ADN humano. Los datos de peso promedio humano, expectativa de vida y edad reproductiva, proceden de fuentes bibliográficas del país.

Con los datos anteriores de Colombia, se realizó el cálculo energético anual (Joules/año) de los siguientes flujos por acervo cultural: i) Metabolismo humano, ii) Interacción social y aprendizaje, y iii) Flujo de memoria de información. Posteriormente, se encontró la transformidad (sej/Joules) de cada flujo, mediante la siguiente operación: Emergia de Recurso renovable de Colombia (R) / Flujo energético.

La metodología de Doherty et al. (1993), inquiera evaluar fuentes de almacenamiento o depósito de acervo sociocultural del país, estimadas en energía (Joules): i) La Energía almacenada en Población, ii) La Información de la cultura, y iii) El ADN Humano, como portador del gen de la información, en una dinámica de estado estable. Con esta información, se calculó la emergia (sej) de los tres depósitos con base a la emergia de R de Colombia (sej/año), y finalmente se calculó la transformidad (sej/Joules) mediante la relación de: Emergia del depósito / energía.

3.1.3 Transformidades emergéticas para el territorio colombiano (T)

Los Valores de Emergia por Unidad (UEVs) o Transformidades para el territorio colombiano, se hallaron con base en la Emergia Total Usada (U), la Emergia de los Recursos Renovables (R), la energía del Acercamiento sociocultural y la información de funcionamiento de Colombia. Esta última, según bases de datos gubernamentales en sus actividades agropecuarias, de silvicultura y biodiversidad, servicios públicos y saneamiento, políticas laborales y educativas del país, características poblacionales y recursos energéticos. Las UEVs halladas, son base fundamental e instrumento para la determinación de la Evaluación emergética de las Fincas agroecológicas en estudio.

3.2 Selección y caracterización de los sistemas agroecológicos casos de estudio

Para responder el primer objetivo específico, la caracterización de los sistemas agroecológicos se construyó conjuntamente con los agricultores y sus familias durante la participación en diferentes encuentros tales como: encuentros organizativos de agricultores en sus propios mercados regionales, el encuentro mensual de la Red de Mercados, en diálogos individuales con agricultores y sus familias, y durante el acompañamiento realizado en la dinámica de los mercados regionales. Esta etapa fue muy importante por la protagónica participación de las familias involucradas, como conocedoras de la realidad de su territorio y las necesidades inmersas. El análisis crítico de este conocimiento compartido y su reflexión colectiva, permitió la apropiación del proyecto, reflejada en la contribución de ideas y sugerencias durante su desarrollo y la selección de las fincas a estudiar.

A partir de los acercamientos con las familias agroecológicas, se realizó la caracterización de las fincas, que se consolida en cinco aspectos básicos y fundamentales para la valoración energética: i) Información geofísica y climatológica, ii) Estructura sociocultural, iii) Actividad agropecuaria, iv), Contabilización de materiales comprados y servicios externos adquiridos y v) Uso y distribución del suelo. Con esta caracterización, se elaboraron los Diagramas de flujo de materiales, energía e información, como primera etapa de la Valoración emergética de las Fincas en estudio.

Esta información se ingresó en las bases de datos del programa EVERMAGE, el cual, fue diseñado y utilizado en el presente estudio para determinar la Evaluación emergética de las Fincas (Anexo A).

3.2.1 Selección de sistemas agroecológicos de estudio

Esta sección, inició con la socialización del estudio en: i) La asamblea mensual de los miembros de la Red Mercados Agroecológicos Campesinos del Valle del Cauca, Red MAC, “Alimentos de vida”, realizada en las instalaciones del Instituto Mayor Campesino, IMCA en el municipio de Buga (Febrero 2015); y ii) Los mercados agroecológicos que no son miembros de la Red MAC, en la ciudad de Cali y el municipio del Dovio. En las reuniones, se dio a conocer el proyecto y se invitó a aproximadamente 80 productores de las Fincas Agroecológicas Campesinas - FAC, a que hicieran parte integral del proceso. Así mismo, en el espacio se concertaron algunas observaciones para el mejoramiento de los resultados de la investigación.

Para la selección de las fincas, se tuvieron en cuenta cinco criterios, que fueron consultados y acordados en las reuniones mensuales de los mercados en cada municipio. El primer criterio, fue la voluntad expresada de ser visitados, entrevistados y participar conjuntamente en el proyecto. El segundo, se consideró la solidez familiar, mediante el cual se asegura el relevo generacional y prácticas de enseñanza aprendizaje de los pilares de la agroecología. El tercero, fue el cumplimiento en grado superior al 80%, del Sistema Participativo de Garantía – SPG, generado entre la Red MAC y la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (Diciembre 2015), como medio de auto certificación de la producción agroecológica. El cuarto criterio consideró si los productores las fincas a seleccionar, fueran los propietarios de las mismas, como factor de garantía para la continuidad durante todo el proceso de investigación. El quinto criterio consideró si el agricultor eran miembros activos de al menos una Asociación agroecológica.

Los anteriores criterios de selección, se incluyeron en la encuesta inicial (Anexo B) realizada a los agricultores, sumados a información adicional sobre sus prácticas productivas agroecológicas. Este instrumento se aplicó durante una de sus prácticas semanales cotidianas: la comercialización de los productos en el mercado agroecológico semanal en cada municipio donde están establecidos. Este acercamiento, estrechó la seguridad de los productores en el proyecto, y permitió observar los lazos de confianza existentes con el cliente.

Con esta información se seleccionaron las fincas a hacer parte del trabajo e iniciaron las visitas. Algunas requirieron de varias sesiones para lograr el levantamiento de la información primaria. Durante los recorridos dirigidos y el diálogo de saberes, se complementó la información colectada en la primera encuesta y se amplió el nivel de detalle con relación a sus prácticas culturales. En general, se consultó sobre la actividad agropecuaria, uso del suelo, prácticas de conservación, procesos de transformación de

residuos y productos, composición familiar, actividades de interacción social e información sobre los niveles de escolaridad en la familia y personal contratado en la finca.

3.2.2 Información geofísica y climatológica de sistemas agroecológicos

La información geofísica y climatológica, se obtuvo a partir de la base de datos construida con: información dada por el productor en las encuestas, las herramientas web y cartografía de instituciones colombianas especialistas en cada campo de aplicación, como la CVC (2013) y UPME & IDEAM (2006). Para lo cual se necesitó la georreferenciación (coordenadas geográficas) tomada en campo en la visita a cada finca. Esta información, incluyó datos sobre precipitación, temperatura promedio, pérdida del suelo, pendiente del terreno, velocidad del viento, área y tiempo de reconversión agroecológica.

3.2.3 Estructura sociocultural de los sistemas agroecológicos

Mediante los acercamientos y diálogos con la población, se obtuvieron datos sobre la estructura sociocultural de la familia y de los trabajadores externos. Entre los datos sobre la familia, se incluyeron el número de mujeres, hombres, niños, edad y sus niveles de escolaridad, así mismo se recolectaron datos anuales, sobre el tiempo de permanencia en el agroecosistema, número de visitantes y tiempo de trabajo, empleados en las actividades de la finca. Entre los datos recolectados de los trabajadores externos que apoyan las labores de la finca, se encuentran el número de trabajadores contratados, actividades que apoya cada uno, tiempo de trabajo, días que asisten a la finca y nivel de escolaridad.

Con los anteriores datos, se calcularon las jornadas anuales, mediante la Ecuación (3.1), en base al tiempo de trabajo diario legal en Colombia de 8 horas y además, las horas diarias (*hd*), los días a la semana (*ds*) y las semanas al mes (*sm*) dedicadas a las actividades de la finca, de cada persona. Finalmente, se suman las jornadas por persona para obtener las jornadas totales de la familia y del personal externo.

$$\frac{\text{Jornadas}}{\text{año/persona}} = hd * ds * sm * \left(\frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \right) * \left(\frac{1 \text{ jornada}}{8 \text{ horas legales}} \right) \quad (3.1)$$

Cada integrante de la familia, también brindó información sobre las actividades y tiempo en horas dedicado para las actividades de interacción, como la asistencia al mercado, la comercialización de productos, reuniones de los mercados, reuniones con diferentes asociaciones, grupos y otros, reunión de mujeres y la atención a visitantes.

Los datos anteriores, determinaron el número de horas semanales invertidas por persona, en las actividades de interacción y posteriormente, se sumaron para determinar las horas totales a la semana de la familia (*hsf*). Teniendo en cuenta, que la semana cuenta con 168 horas, se determinó el % de interacción, mediante la Ecuación (3.2).

$$\% \text{ interacción} = \frac{hsf}{168 \text{ horas/semana}} * 100 \quad (3.2)$$

Los productores, también brindaron importante información sobre el número de actividades desarrolladas por cada uno, para la divulgación y fomento escrito y oral de la agroecología. Entre ellas, se encontraron las presentaciones orales (PO) realizadas en asociaciones, instituciones educativas y organizaciones de diversos ámbitos; los entrenamientos (E) impartidos a personas al interior o exterior de la finca, en algunas ocasiones a estudiantes universitarios que culminaron una práctica completa; los diseños (D) elaborados; y las cartillas (C), los manuales (M) y libros (L) escritos sobre las prácticas agroecológica.

3.2.4 Actividad agropecuaria de los sistemas agroecológicos

Para determinar la dinámica de la actividad agropecuaria específica de cada finca, se recolectó información brindada por los agricultores sobre las características agronómicas de los productos y complementada con información de literatura, sobre los siguientes aspectos: rendimiento, densidad de siembra, características climatológicas de crecimiento, semillas requeridas por área, composición mineral y biomasa residual de los productos. Con esta información se consolidó una gran base de datos de productos agropecuarios (Anexo C)

Para cada finca y sus subsistemas específicos se recopiló la siguiente información: área, producción anual, semillas usadas en la dinámica de dicho subsistema, cantidad de productos que salen con destino al consumo de la familia (según porcentaje de autoconsumo expresado por productor), con destino al mercado local, y con destino a consumo pecuario, biomasa residual agrícola (BRA) y pecuaria (BRP) generada, BRA y BRP utilizada para la elaboración de biopreparados. Para todas las fincas se cuantificó la BRA de maíz, caña, yuca, plátano, banano, café, guadua, guamos y frijol (Los nombres científicos se encuentran en el Anexo C). También se contabilizaron los requerimientos de materiales renovables y Biomasa Residual, agropecuaria que utilizan las biofábricas para la elaboración de biopreparados, y la biomasa

Para la actividad pecuaria, se colectaron datos sobre el consumo de alimento, forraje y agua, generación de biomasa residual pecuaria o excretas (BRP), producción de carne, huevos, leche y crías por especie animal.

3.2.5 Contabilización de materiales comprados y servicios externos adquiridos

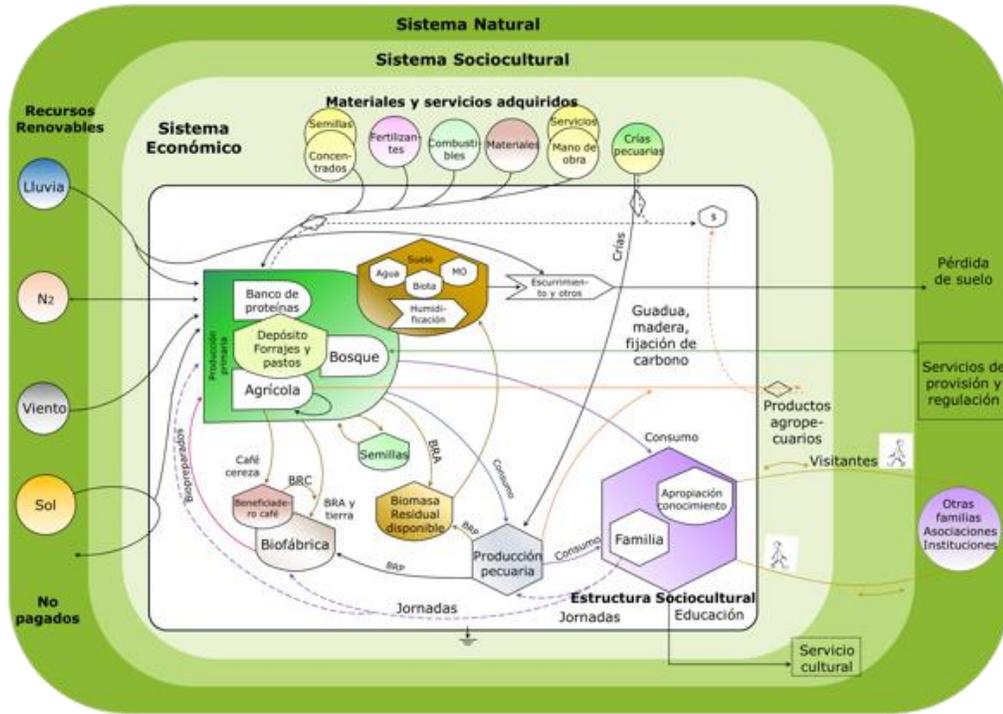
En esta sección, se recolectó y contabilizó la información brindada por el agricultor en relación a: i) materiales e insumos comprados como semillas, concentrados, fertilizantes, combustibles, crías pecuarias y otros materiales donde que incluye acero, madera, maquinaria, equipo mecánico y de construcción, y ii) servicios adquiridos como el agua, electricidad y mano de obra contratada. Con estos datos brindados por el agricultor, se complementó la información necesaria para la construcción del diagrama de flujo de materiales, energía e información.

3.2.6 Uso y distribución del suelo y Diagrama de flujo de materiales, energía e información de las fincas en estudio

Para el entendimiento sistémico de cada finca, se acudió a la consulta con los propietarios, la perspectiva de los trabajadores externos y la apreciación del autor. Así se pudo establecer las áreas utilizadas en la actividad agrícola, pecuaria, de conservación, construcciones, fuentes hídricas y límites territoriales. Esta información se plasmó en mapas de cartografía social realizado por las familias.

La cartografía social y la información obtenida en las visitas, se interpretó y analizó, para la elaboración de mapas de uso del suelo mediante la metodología de georreferenciación utilizando el software especializado para Sistemas de Información Geográfica – SIG, ArcGIS versión 10.6. El procedimiento, consistió en ubicar puntos de control (Coordenadas geográficas) para llevar el dato escaneado a la realidad, crear capas en formato Shapefiles y posteriormente digitalizar las áreas de estudio. Esta información se complementó con preguntas a los agricultores y sus familias a cerca de las razones por las cuales organizaron los agroecosistemas como se plasmaron en los mapas (Anexo D). Finalmente, las características de cada finca se representaron en un diagrama de flujo de materiales, energía e información (Figura 3-4).

Figura 3-4: Modelo de diagrama flujo de materiales, energía e información utilizado en las fincas de estudio



BRC: Biomasa Residual de Café, BRA: Biomasa Residual Agrícola, BRP: Biomasa Residual Pecuaria, MO: Materia orgánica.

El diagrama de flujo se construye con el propósito de mostrar la dinámica interna del agroecosistema, la distribución de la labor familiar y mano de obra contratada, entradas de recursos renovables, no renovables, Servicios y Materiales externos y la dinámica sociocultural de la finca. Así mismo, muestra las salidas de productos agropecuarios, pérdida de suelo y nutrientes, y la salida y retroalimentación de los depósitos y servicios ecosistémicos (los depósitos y servicios ecosistémicos, calculados en la sección 3.4.4). La caracterización de cada finca es única, teniendo en cuenta las particularidades de los agroecosistemas por estar inmersos en sus propios entornos económico, sociocultural y natural, representados en los alrededores de los diagramas en escala de verde como se muestra en la Figura 3-4. El diagrama fue construido teniendo en cuenta los símbolos de los sistemas energéticos presentados en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** y los colores respectivos.

Tabla 3-2: Símbolos utilizados en los diagramas de los sistemas energéticos

Symbol	Nombre	Descripción
	Circuito de Ruta con flujo de recursos	de Ruta con flujo de recursos proporcional a la cantidad almacenada o de la fuente.
	Fuente	Fuente externa de energía. Recursos renovables, materiales, bienes, servicios.

	Almacena- miento Depósito	Compartimento de almacenamiento o depósito de energía dentro del sistema. Para el diagrama de flujo de fincas, se utilizan los siguientes colores: <ul style="list-style-type: none"> ● Depósitos de suelos ● Depósito de forrajes y pastos ● Banco de Semillas ● Depósito de Biomasa Residual ● Beneficiadero de café ● Biofábrica
	Interacción	Interacción de dos rutas para producir un flujo de salida proporcional a ambas.
	Productor	Unidad que recoge y transforma energía de baja calidad a flujos de alta calidad. Sistemas naturales, industria. Para el diagrama de flujo de fincas, solo se utiliza el siguiente color: <ul style="list-style-type: none"> ● Producción primaria en sistemas naturales
	Consumidor	Unidad que transforma la calidad de la energía, la almacena y la retroalimenta autocatalgicamente para mejorar la entrada. Para el diagrama de flujo de fincas, se utilizan los siguientes colores: <ul style="list-style-type: none"> ● Producción pecuaria; ● Población presente en finca
	Caja	Símbolo para usar para cualquier unidad o función que se necesite. Límites del sistema para entrada y salida de recursos.
	Transacción	Unidad que indica venta de bienes o servicios (línea continua) a cambio de un pago de dinero (línea punteada). El precio se muestra como una fuente externa.

Fuente: Modificado de Odum (1996^a, p. 290)

3.3 Valoración del Acervo sociocultural en términos de emergia para las fincas agroecológicas en estudio

Las actividades de la población Permanente y no permanente en las fincas, en su diaria labor, conlleva ingenio en la construcción de infraestructura, en el desarrollo de mecanismos y herramientas manuales con los recursos de su entorno, en la generación de información por la observación continua del agrosistemas con el registro oral (en la transmisión de conocimiento a otras personas) y registro escrito de acciones y reacciones en los agroecosistemas para su mantenimiento y control. Esta dinámica, como “activo intangible”, se cuantifica en términos de emergia, en el presente estudio, se denomina Acervo sociocultural y se incorpora a la metodología de emergia, diseñada por Odum (1996a), para valorar el esfuerzo humano como aporte esencial de sostenibilidad en las realidades de las fincas agroecológicas. En la Estimación de Emergia de las fincas, los aportes de emergia por Acervo Sociocultural se distribuyen en dos: i) flujo continuo de emergia, representado por la letra H, para sumar en el total de emergia

hallado para la finca, y ii) Acumulación de riqueza de conocimiento de la finca, denominado Depósito de apropiación de conocimiento (DH) en las finca.

Para la valoración del Acervo Sociocultural por apropiación de conocimiento, se creó y uso en este estudio el programa ACERVAGE (Anexo A), el cual procesa los datos socioculturales tomados en campo y referidos por los productores y genera valores referidos a cuáles y cuántas actividades realiza anualmente cada miembro de la población de la finca (permanente integrada principalmente por la familia, y no permanente por trabajadores contratados) para la divulgación de la cultura agroecológica ya sea en preparación y exposición de presentaciones Orales, Entrenamientos a otras personas, Diseños propios de maquinaria y/o herramientas para funcionamiento del sistema, elaboración de Cartillas y/o Manuales.

El flujo continuo de emergencia por Acervo sociocultural (H), asoció las contribuciones de 5 flujos, donde los cuatro primeros, son dados por la familia o población permanente, que vive y administra la finca, así: el metabolismo humano (H1), la interacción social y aprendizaje (H2), la memoria de información (H3) y la apropiación de conocimiento continuo en diferentes niveles educativos (H4). Mientras que, el único flujo aportado por los trabajadores externos o población no permanente, correspondió a su la apropiación de conocimiento continuo en diferentes niveles educativos (H5), teniendo en cuenta, que el personal contratado no habita en la finca y sus tiempos de permanencia son considerablemente más cortos que el grupo familiar.

Gran parte de la apropiación de conocimiento total, contabilizada para la población de la finca, no pertenece a una emergencia en flujo continuo, sino que corresponde a la emergencia acumulada en las personas permanentes y no permanentes. De manera que, esta emergencia almacenada se contó como depósito emergético, DH, y representa la riqueza de conocimiento acumulada, adquirida desde que iniciaron la reconversión a producción agroecológica.

La metodología general, seguida para el cálculo de los primeros flujos H1, H2 y H3 fue la establecida por Doherty et al. (1993, p.3F-4) con algunas modificaciones convenientes y adaptadas a la dinámica de las fincas agroecológicas; por ejemplo, la utilización de las Transformidades para Colombia (calculadas siguiendo la metodología de la sección 3.1.3). Para contabilizar la emergencia de los flujos H4 y H5, y el depósito DH, se diseñó un nuevo procedimiento que incorporó, en gran medida, las particularidades que distinguen los agroecosistemas.

Para el cálculo de los 5 flujos y el depósito de emergencia, se utilizó información primaria obtenida en la caracterización de la estructura sociocultural de cada finca, información secundaria de estudios emergéticos, la reglamentación sobre la estructura del sistema educativo colombiano y las Transformidades colombianas calculadas.

3.3.1 Metabolismo Humano de población permanente, H1

La emergía por el metabolismo humano de la población que vive y administra el agroecosistema de forma permanente, H1, se determinó mediante la contribución energía por metabolismo y la Transformidad. Para el cálculo de la energía aportada (J/año), se tuvo en cuenta el número de personas permanentes en la finca, la energía por metabolismo basal humano y el tiempo de permanencia anual en la finca. Este último, es una adición a la metodología planteada para el flujo por Doherty et al. (1993, p.3F-4). Posteriormente, se aplicó la Transformidad colombiana para Metabolismo Humano (en adelante mencionada como T28 en la Tabla 4-15), para convertir la energía en unidades de emergía (sej/año).

3.3.2 Interacción social y aprendizaje de población permanente, H2

La contribución de emergía dada por el intercambio de información y aprendizaje de las personas permanentes en las fincas, H2, se contabilizó a partir del tiempo que los distintos miembros de la familia utilizaron para la interacción social y el aprendizaje en diferentes actividades, como participar en las diferentes reuniones, atender el mercado local y atender los visitantes. Este primer dato, se obtuvo en tiempo semanal (horas/semana) y posteriormente, se convirtió a días por semana, teniendo en cuenta, que la actividad diaria promedio de los agricultores, es de 13 horas, según sus declaraciones verbales.

Con el anterior dato, se estimó el porcentaje del metabolismo humano que la familia utiliza para la interacción social y aprendizaje, el cual, multiplica la energía por metabolismo humano hallada en H1, para obtener la energía invertida en la interacción (J/año). Finalmente, se multiplicó la Transformidad colombiana para el flujo por interacción social y aprendizaje (en adelante mencionada como T29 en la Tabla 4-15) por la energía invertida (J/año), para obtener como producto la emergía de la interacción social y aprendizaje (sej/año).

Aunque en la metodología seguida por Doherty et al. (1993, p.3F-4), se asume un porcentaje para la interacción del 10%, en el presente estudio, el porcentaje se calculó de según las actividades realizadas por la familia.

3.3.3 Memoria de información de población permanente, H3

La memoria de información de la población permanente en el agroecosistema, H3, requirió el peso promedio del grupo familiar, el número de personas permanentes, e información bibliográfica como expectativa promedio de vida en Colombia, edad reproductiva colombiana, entre otros. Con ellos, se calculó la energía total de la familia

(J/año), a la cual, se le aplicó la Transformidad colombiana para el Flujo de memoria de información (en adelante mencionada como T30 en la Tabla 4-15), para estimar la emergencia por H3 (sej/año).

3.3.4 Apropriación de conocimiento en diferentes niveles educativos, H4 y H5

Documentos reglamentarios en la educación colombiana, en diferentes niveles educativos, tanto para la educación formal como la no formal en el país, establecen los lineamientos básicos para el proceso de formación de estudiantes según: las estadísticas de educación Superior del Ministerio de Educación, 2016; el Acuerdo 033 de 2007 de la Universidad Nacional de Colombia, 2017; la Resolución No. 21 de 2010 y los Acuerdos 18, 12, 17 de 2012 de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, 2010; la Circular No. 1-6060 del SENA, 2012b y el Reporte de datos de formación profesional en Colombia del SENA, 2016.

La metodología establecida en la presente sección, es una creación inspirada en la necesidad de valorar el conocimiento de las personas presentes en las fincas, según sus propias características dentro del contexto de capacidades colombianas de formación educativa.

El flujo y depósito de emergencia por Acervo Sociocultural por la apropiación de conocimiento de las personas que habitan, administran y se relacionan estrechamente en las fincas evaluadas son referidos a cuáles y cuántas actividades realiza anualmente cada miembro de la población de la finca (permanente integrada principalmente por la familia, y no permanente por trabajadores contratados) para la divulgación de la cultura agroecológica y el tiempo que utiliza en tales actividades ya sea en preparación y exposición de presentación Orales (PO), Entrenamientos a otras personas (E), Diseños propios de maquinaria y/o herramientas para funcionamiento del sistema (D), elaboración de Cartillas (C) y/o Manuales (M), y libros (L). El programa ACERVAGE traduce estos tiempos en el flujos de emergencia, teniendo en cuenta, el nivel educativo potencial alcanzado por cada miembro de la población de la finca. Tanto para la población permanente, como para la población no permanente, el procedimiento seguido es el mismo, como se muestra a continuación:

Procedimiento para calcular el Flujo continuo de emergencia por apropiación de conocimiento de población permanente (H4) y no permanente (H5):

Se contabilizó el número de Entrenamientos (E) realizados por cada persona al año, considerado como un mecanismo de divulgación y fomento de la agroecología, mediante la enseñanza y aprendizaje de conocimiento. Se estableció el tiempo dedicado en promedio para realizar 1,0 entrenamiento, según la experiencia de los agricultores y la apreciación del investigador. El cual correspondió a 24 horas por entrenamiento. Se

determinaron las horas utilizadas al año, para realizar los Entrenamientos (E) por cada persona, con la Ecuación (3.3).

$$\text{Horas por E/año} = \left(\frac{\text{número de E}}{\text{año}} \right) * \left(\frac{24 \text{ horas}}{1,0 \text{ E}} \right) \quad (3.3)$$

En el caso de los visitantes, se asumió un tiempo de apropiación para cada uno de 1,0 h/año. Se calculó el flujo de emergencia (sej/año) por cada persona, según las horas dedicadas al año para la realización de los entrenamientos (E), calculadas anteriormente. El flujo se calculó mediante la Ecuación (3.4).

$$\text{Flujo emergencia} = \left(\frac{\text{Horas para E}}{\text{año}} \right) * \text{Transformidad según Tabla 3-3} \quad (3.4)$$

Tabla 3-3: Transformidad a utilizar según nivel de educación alcanzado por la población de las fincas

Nivel de Educación actual	Apropiación de conocimiento hacia el nivel educativo:	Transformidad ^a No.
Básica	Tecnólogo SENA (NTS)	T15
Media	Tecnólogo Universitario (NTU)	T16
Media	Pregrado (NP)	T17
Pregrado	Especialización (NE)	T18
Diferentes	Diferentes Niveles Educativos	T20

Notas:

a) Las Transformidades halladas para el territorio Colombiano se encuentran en la Tabla 4-15.

Fuente: Elaboración propia

Se determinó utilizar la Transformidad del nivel educativo superior al último alcanzado por la persona, en la educación formal, dada que la apropiación de conocimiento en éste nivel es la más avanzada. Para los visitantes, se utiliza la Transformidad de diferentes niveles educativos, teniendo en cuenta, que entre ellos se encuentran personas, desde sin títulos académicos hasta doctores en diversos campos. Las Transformidades a usar, según el nivel educativo de cada persona, se presentan en la Tabla 3-3, con las abreviaturas que se usarán en adelante (T15, T16, T17, T18, T20).

Procedimiento para calcular el Depósito de emergencia almacenada (DH) por apropiación de conocimiento de población permanente y no permanente:

Se contabilizó por cada persona, el número de Presentaciones orales (PO), Diseños (D), Cartillas (C), Manuales (M) y Libros (L), realizados por año. Los cuales, son considerados como mecanismos de divulgación y fomento oral y escrito de la agroecología.

Posteriormente, se estableció el tiempo dedicado en promedio para realizar 1,0 producto por cada mecanismo, según la experiencia de los agricultores y la apreciación del investigador. Los cuales se determinaron así:

Presentaciones orales (PO) = 20 horas

Diseños (D), Cartillas (C), Manuales (M) = 288 horas cada uno

Libros (L) = 720 horas

Considerando, que 1 libro utiliza más de 1 año para su elaboración, según la experiencia de algunos agricultores que han realizado el proceso y el juicio del investigador, se determinó, que para su realización se requiere un tiempo mínimo de 720 horas/año.

Se determinaron las horas utilizadas al año, para realizar los entrenamientos por cada persona. Para calcular las horas invertidas en Presentaciones orales (PO) se utilizó la Ecuación (3.5); para Diseños (D), Cartillas (C) y Manuales (M) la Ecuación (3.6) y para Libros (L) la Ecuación (3.7).

$$\text{Horas por (PO)/año} = \text{número de PO} \left(\frac{\text{número de PO}}{\text{año}} \right) * \left(\frac{20 \text{ horas}}{1,0 \text{ PO}} \right) \quad (3.5)$$

$$\text{Horas por D/año} = \left(\frac{\text{número de D}}{\text{año}} \right) * \left(\frac{288 \text{ horas}}{1,0 \text{ D}} \right) \quad (3.6)$$

$$\text{Horas por L/año} = \left(\frac{\text{número de L}}{\text{año}} \right) * \left(\frac{720 \text{ horas}}{1,0 \text{ L}} \right) \quad (3.7)$$

Se calculó el depósito de energía acumulada (sej/año) por cada persona, según las horas dedicadas al año para la realización de cada uno de los anteriores mecanismos (PO, D, C, M y L) y la Transformidad del nivel al que avanzaría en la educación formal. El depósito se calculó mediante la Ecuación (3.8).

$$\text{Depósito energía} = \left(\frac{\text{Horas por mecanismo}}{\text{año}} \right) * \text{Transformidad} \quad (3.8)$$

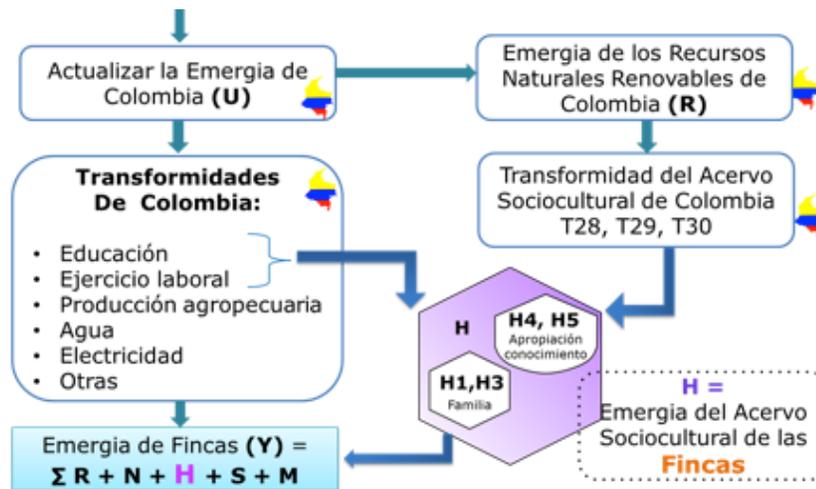
3.4 Evaluación emergética y valoración de Sostenibilidad de las fincas de estudio

La evaluación emergética de las fincas, se realizó siguiendo la metodología de energía, diseñada por Odum (1996a), Y modificada en este estudio con la adición del Flujo emergético Acervo Sociocultural (H) para valorar el esfuerzo humano como aporte esencial de sostenibilidad de las fincas agroecológicas en sus realidades autóctonas. Se utiliza el programa EVERMAGE, como instrumento para generar los datos y consolidar la evaluación emergética en tablas y gráficos y analizar la sostenibilidad de las fincas.

3.4.1 Emergia de las fincas de estudio incorporando Acervo sociocultural

Para la determinación de la emergia de las fincas, se realiza el proceso de compilación de información que se esquematiza la Figura 3-2, así: i) Las fincas de estudio están abrigadas en las condiciones socioeconómicas de país Colombia y por tanto se requiere contar con los datos resultado de la Estimación de la Emergia usada para Colombia (U); ii) Con el flujo de emergia por Recursos Naturales renovables (R), que se aportó a la emergia para Colombia, se estiman las Transformidades del Acervo sociocultural Colombiano (T28, T29, T30), y con ellas se evalúan los flujos H1, H2 y H3, siguiendo la metodología de Doherty et al. (1993),; iii) para la estimación de los subflujos que componen el flujo de Emergia por Apropiación de conocimientos en diferentes niveles educativos (H4), depende del nivel educativo de cada miembro de la familia en la finca y de los requisitos (en horas de formación y prácticas) establecidos por la normativa educativa Colombiana. Por tanto se calculan los Valores de Emergia por Unidad (UEVs) o Transformidades para el territorio Colombiano, para educación, ejercicio laboral y otras necesarias en la evaluación de la emergia de las fincas (Y).

Figura 3-5 Metodología para la incorporación del Acervo sociocultural en la Emergia Total de las fincas



La caracterización de cada uno de las fincas agroecológicas se refleja en todos los datos que componen sus propios diagramas de flujo de materiales, energía e información, con los datos físicos tomados en campo (en unidades de Julios, kg, número de jornadas, m³, horas, entre otros) que identifican los componentes naturales y socioeconómicos específicos de la finca y que explican su dinámica propia.

Estos datos físicos se convierten en valores de Emergia (en unidades de sej/año), utilizando los valores de Transformidad calculados para Colombia y otras Transformidades globales para el caso de los Flujo de emergia por recursos naturales. Los datos emergéticos se categorizan (como se explica en el siguiente párrafo) y se

compilan para estimar la emergia usada en las fincas (analizándolas como un todo) y para determinar la productividad y calidad energética de los productos en términos de Transformidad de los productos agroecológicos obtenidos en las fincas, como se muestra en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Flujos parciales de emergia y depósitos considerados en la evaluación emergética de las fincas

Recursos Naturales Renovables (R)		Acervo Sociocultural (H) ^a	
R1	Sol	H1	Metabolismo Humano PP
R2	Potencial químico lluvia	H2	Interacción social y aprendizaje PP
R3	Geopotencial de lluvia	H3	Memoria Información PP
R4	Cinética del viento	H4	Apropiación de conocimiento PP
R5	Banco de semillas	H5	Apropiación de conocimiento PNP
R6	N ₂ atmosférico, almacenado en biomasa	Materiales o Insumos externos (M)	
R7	P almacenado en biomasa	M1	Semillas región consumo pecuario
R8	K almacenado en biomasa	M2	Concentrados de la región
R9	BR ^c agropecuaria disponible	M3	Plásticos, cauchos
R10	Abono verde	M4	Minerales y otros
R11	Productos de subsistencia familia	M5	Combustibles
R12	Agricultura de subsistencia pecuaria	M6	Herramientas de acero
R13	Materiales para Biofábrica	M7	Construcciones y herramientas de madera
R14	Mano de obra familiar	M8	Maquinaria-Equipo Mecánico
R15	Especies nativas pecuarias	M9	Infraestructura
Recursos Naturales No Renovables (N)		M10	Crías pecuarias
N1	Pérdida de suelo	Servicios de la Economía Urbana (S)	
N2	N ₂ solubilizado	S1	Mano de obra externa
N3	P solubilizado	S2	Servicio público: Electricidad
N4	K solubilizado	S3	Servicio Público: Agua
Servicios Ecosistémicos (SE)		Depósitos (D)	
SE1	Provisión: Forestal	DR _F	Forrajes
SE2	Regulación: Captura CO ₂	DR _B	Biodiversidad
SE3	Cultural: Educación visitantes	DH	Apropiación de Conocimiento

Notas: PP: Población Permanente o familia; PNP: Población No Permanente

Para el cálculo de cada flujo y de la emergia total del agroecosistema y emergia de los subsistemas que identifican la actividad de cada predio, se toma como base de cálculo un año. Se evaluó la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos, mediante la determinación y análisis de índices emergéticos, y cuantificación emergética del Capital natural y de información (como patrimonio de las fincas) y sus Servicios Ecosistémicos.

El programa EVERMAGE, procesa la información de cada finca y generar los datos a consolidarse en tablas que muestran los aportes de emergia por categoría y totaliza el valor de la Emergia de cada finca (Emergia total usada, $Y = R + N + H + S + M$).

Cada columna y fila de la Tabla 3-5, se explica de la siguiente manera:

- A. Representa el número del flujo parcial evaluado.
- B. Es el nombre del flujo de emergencia.
- C. Corresponde al valor del flujo contabilizado.
- D. Contiene las unidades del flujo, en general de energía (J), masa (kg), jornadas laborales (jornadas), volumen (m³) o tiempo (horas).
- E. Representa la Transformidad o emergencia por unidad, utilizadas para transformar los datos biofísicos a los correspondientes flujos de emergencia en sej/unidad. Las Transformidades pueden ser universales, de diferentes autores, nacionales y/o locales.
- F. Contiene las referencias de las Transformidades usadas.
- G. Emergencia solar contabilizada como el producto de las columnas C x E. Algunos flujos utilizan varias Transformidades, por lo cual, el cálculo de la emergencia se realiza en la memoria de cálculo.

También la tabla de evaluación emergética de las fincas, muestra la riqueza de la finca expresada como: i) Depósitos de recursos renovables, (DRB y DRF), ii) Servicios Ecosistémicos, iii) Depósito por apropiación de conocimiento, y iv) las cantidades y variedad de productos agroecológicos que se obtienen en la finca con sus valores de Transformidad (sej/g).

3.4.2 Transformidades de los productos de las fincas de estudio (TF)

Las Transformidades específicas para cada finca (en adelante mencionadas como TF), se hallaron mediante la relación entre la Emergencia total de cada finca (sej/año) y la cantidad de producto contabilizado en unidades de masa (kg/año), mediante la Ecuación (3.9). En el caso de la Transformidad de la biodiversidad (en adelante mencionada como TF11), se utilizó el número de especies (sp/año) estimadas en cada finca, según la Ecuación (3.10).

$$\text{Transformidad TF (sej/kg)} = \frac{\text{Emergencia Total Y (sej/año)}}{\text{Cantidad de producto (kg/año)}} = \frac{R + N + H + M + S}{\text{Cantidad de producto (kg/año)}} \quad (3.9)$$

$$\text{Transformidad TF11 (sej/sp)} = \frac{\text{Emergencia Total Y (sej/año)}}{\text{Numero especies (sp/año)}} = \frac{R + N + H + M + S}{\text{Numero especies (sp/año)}} \quad (3.10)$$

Tabla 3-5: Ejemplo de tabla para la síntesis emergética de las fincas

A	B	C	D	E	F	G
No.	Flujos parciales de emergencia	Valor del Flujo	Unidad/año	Transformidad (sej/unidad)	Ref.	Emergencia (sej/año)
Recursos Naturales Renovables (R)						
R1	Sol					
⋮	⋮					
R15	Especies nativas pecuarias					

R	Total Recursos Naturales Renovables =	$\sum R1 \text{ a } R15$
Recursos Naturales No Renovables (N)		
N1	Pérdida de suelo	
:	:	
N4	K solubilizado	
N	Total Recursos Naturales No Renovables =	$\sum N1 \text{ a } N4$
Acervo Sociocultural (H)		
H1	Metabolismo Humano	
:	:	
H5	Apropiación de conocimiento	
H	Total Acervo Sociocultural =	$\sum H1 \text{ a } H5$
Servicios de la Economía Urbana (S)		
S1	Mano de obra externa	
:	:	
S3	Servicio Público: Agua	
S	Total Servicios de la Economía Urbana =	$\sum S1 \text{ a } S3$
Materiales de la Economía Urbana (M) o Insumos externos		
M1	Semillas región consumo pecuario	
:	:	
M10	Crías pecuarias	
M	Total Materiales de la Economía Urbana =	$\sum M1 \text{ a } M10$
Y	Energía Total =	$R+N+H+S+M$
Yabs	Energía Total absoluta (sej/ha.año) =	$Y / \text{área}$
El llamado de notas explicativas de la tabla, se colocan aquí.		
Espacio para la citación de referencias		

Fuente: Modificado de Odum (1996a, p.78)

3.4.3 Eficiencia energética como medida de sostenibilidad de las fincas Agroecológicas en estudio

La valoración energética de sostenibilidad de cada una y de los subsistemas que la conforman se estima en la metodología energética a través de la Eficiencia energética, mediante siete índices energéticos que abajo se describen. Cuatro de estos siete índices, son índices nuevos, productos de este estudio, a saber:

- i) El porcentaje de Acervo sociocultural %H, ii) el porcentaje de Renovabilidad total %R_H,
- iii) el Índice Enseñanza Aprendizaje % HEA y iv) el Índice de Carga Ambiental Incluyente

(ELR_H). Estos son índices emergéticos propios de este estudio, dado que se incorpora en la evaluación de la emergia de las fincas el componente de Acervo sociocultural.

- Porcentaje de Renovabilidad parcial (%R): Relación entre el Flujo emergético dado por Recursos naturales renovables R (sej/año) y la Emergia total Y (sej/año).

$$\%R = (R / Y) * 100 \quad (3.11)$$

- Porcentaje de Acervo sociocultural renovable (%H): Índice creado e incorporado en el presente estudio, definido como la razón entre el Flujo de emergia por Acervo sociocultural renovable H total (sej/año) y la Emergia total Y (sej/año).

$$\%H = (H / Y) * 100 \quad (3.12)$$

- Renovabilidad Total o Incluyente (%R_H): Índice generado a partir de la presente tesis, entendido como el acumulado entre el porcentaje de Renovabilidad parcial %R y Acervo sociocultural %H.

$$\%R_H = \%R + \%H \quad (3.13)$$

- Índice Enseñanza Aprendizaje (HEA): El HEA, fue formulado en este estudio para representar, del total de entradas de emergia renovables a los sistemas agroecológicos, la porción correspondiente a acervo sociocultural que involucra la voluntad y esfuerzo de las personas para transmitir la memoria de información necesaria en la divulgación, promoción y escalamiento de la agroecología como estilo de buen vivir y calidad de vida.

$$\%HEA = \%H / \%R_H \quad (3.14)$$

- Índice de Carga Ambiental incluyente (ELR_H): En el presente estudio, se incorporó el flujo por Acervo sociocultural (H), como un factor adicional en la fórmula de cálculo del índice de carga ambiental comúnmente utilizado: $ELR = (M + S + N) / R$. Esto, dado que H, se consideró como un flujo continuo de emergia renovable y debe ser contabilizado para obtener un índice que relacionara la Renovabilidad total de las fincas. Por lo anterior, el índice ELR_H , utilizado para las fincas, incluyó los flujos por insumos comprados M, servicios comprados S, Recursos naturales no renovables N, Recursos renovables R y el Acervo sociocultural renovable H:

$$ELR_H = (M + S + N) / (R + H) \quad (3.15)$$

El índice ELRH, continúa con el postulado, de que los valores cercanos a 0,0 indican menor carga ambiental de la actividad y por tanto mayor sostenibilidad como lo señala (Sarcinelli et al., 1996).

- Índice Rendimiento Energético (EYR): Relación entre la Emergia total Y (sej/año) y los materiales y servicios comprados (M y S). Un valor de EYR cercano a 1,0 representa una contribución nula con la naturaleza, mientras que, los valores mayores a 1,0 representan sistemas naturales autosostenibles (Sarcinelli et al., 1996).

$$EYR = Y / (M + S) \quad (3.16)$$

- Índice de Sostenibilidad (ESI): Es la razón entre los índices de Rendimiento Energético (EYR) y de Carga Ambiental (ELRH). Valores altos indican baja carga ambiental y alto rendimiento energético, por lo cual, entre mayor sean los valores de ELRH por encima de 1,0 indica mayor sostenibilidad.

$$ESI = EYR / ELRH \quad (3.17)$$

3.4.4 Capital natural y de Información: Servicios ecosistémicos y Depósitos de las fincas en términos de emergia.

La gran riqueza al interior de las fincas agroecológicas, también se encuentra representada por su capital natural y de información, aunque su emergia no suma a la emergia total de la finca (Y). El capital natural, se representó por los depósitos renovables de Biodiversidad (DRB) y de Forrajes (DRF) y los Servicios Ecosistémicos de Provisión forestal (SE1) y de Regulación por la fijación de CO₂ (SE2), mientras que, el capital de información se integró por el depósito por Apropiación de Conocimiento (DH) y el servicio ecosistémico Cultural de Educación a visitantes (SE3). Los cuales, siguieron los procedimientos que se muestran a continuación. El procedimiento para el cálculo del depósito DH, se presenta en la sección 3.3.4

Procedimiento para estimar los Servicios ecosistémicos:

- Servicio ecosistémico de Provisión forestal (SE1): La emergia dada por SE1, se contabilizó a partir del área sembrada de especies forestales y su producción de madera por área sembrada y en la finca. Para calcular la emergia, a la cantidad de madera disponible en la finca (kg/año) se le aplicó la Transformidad de los productos agrícolas incluyendo forraje, pastos y forestal de la finca (En adelante mencionada como TF5).

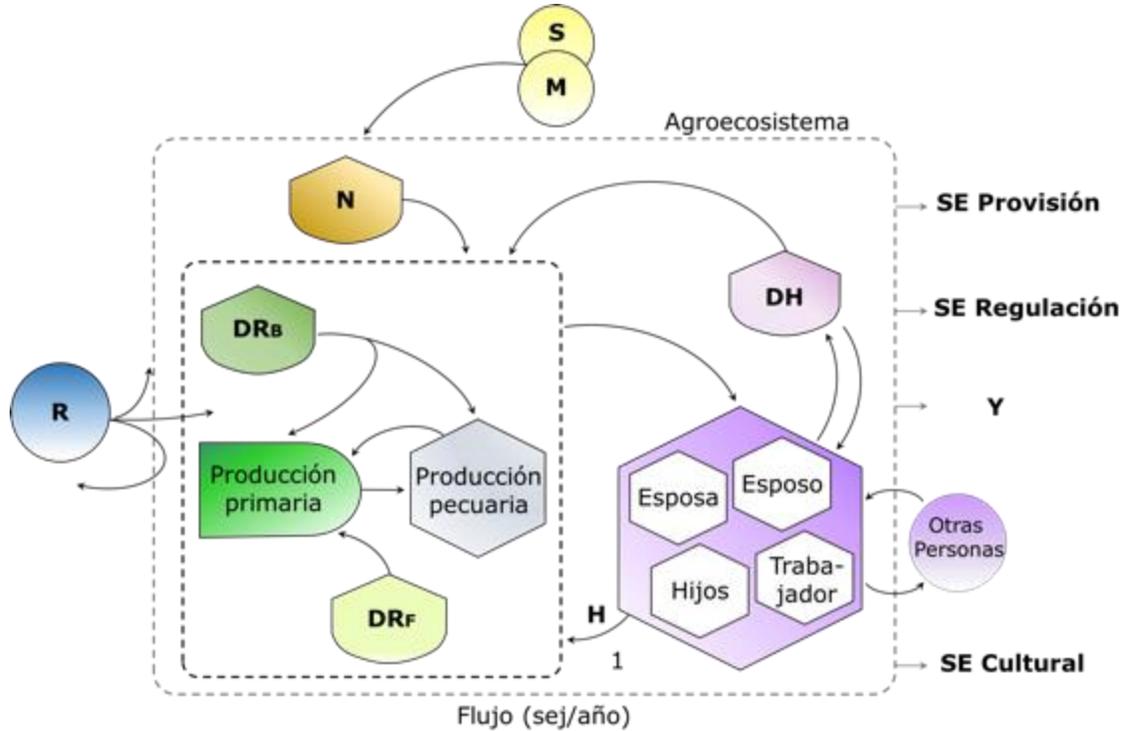
- Servicio ecosistémico de Regulación por la fijación de CO₂ (SE2): Para determinar la emergencia por el SE2, se determinó la Transformidad por la captura de CO₂ (TF8) a partir de la Capacidad de captura de carbono en sistemas de manejo agroecológico a diferentes alturas como lo determinó la investigación de (Sánchez, 2016). Posteriormente, en base a la captura de carbono de especies como la guadua, el guamo, cacao, sistemas agroforestales – SAF y bosque, encontrada en investigaciones referentes, se determinó la captura de CO₂ del área sembrada por especie (Anexo F).
- Servicio ecosistémico Cultural de educación a visitantes (SE3): A partir del número de personas que visitan la finca al año, la Transformidad colombiana (T20) y el tiempo efectivo de formación en visita, se determinó la emergencia del servicio ecosistémico como se observa en el Anexo F. El tiempo efectivo de formación, se determinó, teniendo en cuenta la estimación de los agricultores y el punto de vista del investigador, sobre el tiempo utilizado en las capacitaciones y las visitas, con un tiempo total de duración de 10 horas cada una y sobre ella se establecieron 4 horas como el tiempo efectivo de educación.

Procedimiento para determinar los Depósitos Renovables:

- Depósitos renovables de Biodiversidad (DRB): se determinó, en primera medida, la Transformidad de la Finca (En adelante mencionada como TF11) con el uso de la Emergencia de los Recursos Renovables Colombia, el número de especies registradas en el territorio colombiano y el tiempo de reposición o reconversión de cada finca. Se realizó un estimado del número de especies por finca, según referencias de especies por área en el Valle del Cauca, que permitió determinar un promedio de 100 especies por cada finca, a excepción de la finca Pura Vida, donde se realizó el conteo de 375 especies (Suárez P., 2014). Al número de especies por finca, se le aplica la TF11 para obtener la emergencia del DRB, como se aprecia en el Anexo F.
- Depósitos renovables de Forrajes (DRF): Para este depósito, se calculó la cantidad de forraje disponible en la finca después de satisfacer el consumo interno de la finca (kg/año), y se utilizó la Transformidad colombiana de los productos Agrícolas T8, según el Anexo F.

La evaluación emergética, se resume en los flujos de emergencia, depósitos y servicios ecosistémicos como se presenta en la Figura 3-6.

Figura 3-6: Diagrama de flujos agregados de emergencia para las fincas Agroecológicas



Fuente: Elaboración propia

3.4.5 La Emergia como instrumento para evaluar otras propiedades emergentes: Capital potencial de Apropiación

Otra manera de expresar la emergia total por apropiación de conocimiento de la población presente en la finca, fue a partir de la contabilización de su potencial para validar cursos de educación formal en la educación colombiana. Para ello, se sumaron las horas de flujo continuo de emergia por apropiación (H4 y H5), más las horas del depósito energético acumulado por apropiación (DH), contabilizadas según las actividades realizadas dentro de los mecanismos de divulgación y fomento de la agroecología. Las cuales, se determinaron siguiendo la metodología de la sección 3.3.4.

El potencial de conocimiento, determinó el número de cursos en Profundización técnica SENA (PTS), que cada persona podría alcanzar formalmente por su conocimiento apropiado. Así mismo, se determinó el porcentaje de avance para alcanzar un Tecnólogo SENA (NTS), un Tecnólogo Universitario (NTU), una carrera profesional en Pregrado (NP) e inclusive, se estableció el número de especializaciones (NE). Para esto, se tuvo en cuenta:

- El nivel educativo actual de cada persona, que determinó los niveles educativos superiores al actual, a los cuales podría avanzar, de la siguiente manera:

- i. Una persona con educación Básica (sin título de Bachiller), puede alcanzar en la educación reglamentada los niveles en PTS y NTS.
 - ii. Una persona con educación media (con título de bachiller) puede alcanzar PTS, NTS y NTU.
 - iii. Una persona con educación media (con título de bachiller) con avances en carreras tecnológicas o universitarias puede alcanzar NP, y así mismo hay un capital de conocimiento en los niveles PTS, NTS y NTU.
 - iv. El último nivel NE, puede ser alcanzado únicamente por las personas con previo título de educación superior en pregrado (NP)
- Se utilizaron las horas totales de apropiación (ht) de cada persona, las cuales, son comparables al tiempo utilizado en la educación no formal reglamentada por el Decreto 114 del 15 de enero de 1996 (Presidencia de República de Colombia, 1996), en donde la educación prepara a las personas en habilidades técnicas y destrezas para realizar un oficio práctico.
 - Se utilizaron las horas de formación requeridas por la educación formal colombiana en los niveles educativos (hfn) presentados en la
 -
 - Tabla 3-6, las cuales, están acompañadas de los objetivos misionales de la educación formal colombiana. Por ejemplo; los establecidos en el Decreto 114 del 15 enero de 1996 (Presidencia de República de Colombia, 1996). Posteriormente, los resultados se organizaron por persona y se graficó el conjunto de cursos o avance de cada finca.
 - Mediante las siguientes ecuaciones y la
 -
 - **Tabla 3-6**, se determinaron los cursos o avance en programas educativos:

$$No. Cursos PT = \left(\frac{1 curso}{440 hfn} \right) * ht \quad (3.18)$$

$$\% de avance NTS = \left(\frac{1 curso}{5.920 hfn} \right) * ht * 100 \quad (3.19)$$

$$\% de avance NP = \left(\frac{1 curso}{8.073 hfn} \right) * ht * 100 \quad (3.20)$$

$$No. de Especializaciones NE \left(\frac{1 curso}{1.248 hfn} \right) * ht \quad (3.21)$$

Tabla 3-6: Tiempo de formación requerido en diferentes niveles educativos reglamentado en la educación formal colombiana

Programa académico	Horas de trabajo durante la formación por persona (<i>hfn</i>)	Tiempo duración programa
Profundización Técnica SENA (PTS) ^a	440	3 meses
Tecnólogo SENA (NTS) ^b	5.920	7 Trimestres
Tecnólogo Universidad (NTU) ^b	4.390	3 años
Pregrado (NP) ^c	8.073	5 años
Especialización (NE) ^c	1.248	1 año

Notas :

- a) Horas de trabajo presencial y meses de duración de los programas de formación Profundización Técnica en el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (PTS), según Circular No. 0346 (SENA, 2012).
- b) Consultar el cálculo de las horas de trabajo y tiempo de duración de los programas en Anexo G.
- c) Consultar el cálculo de las horas de trabajo y tiempo de duración de los programas en Anexo G.
- d) Resolución No. 027 de 2001 (Universidad del Valle, 2001) y <http://www.univalle.edu.co/>
- e) Páginas web de: Univalle (www.univalle.edu.co), Universidad Nacional de Colombia (www.unal.edu.co), Universidad Autónoma de Occidente (www.uao.edu.co) y Universidad Pontificia Bolivariana (www.upb.edu.co/es/home).

Fuente: Elaboración propia

4. Resultados

4.1 Selección y caracterización de los sistemas agroecológicos casos de estudio

El área agrícola del valle del río Cauca, en la zona central y norte del Valle del Cauca en Colombia, se caracteriza por el predominio y la expansión continua del monocultivo industrial de la caña de azúcar. Sin embargo la arraigada vocación agrícola de los habitantes Vallecaucanos ha permitido la conservación histórica de áreas y conocimientos en sistemas agrícolas diversificados de economía campesina, en producción agroecológica, que resisten el ataque expansionista del monocultivo de caña de azúcar en la región. Las fincas agroecológicas ocupan solo el 7-8% del territorio y, por lo tanto, enfrentan una gran competencia de recursos (López & Rodríguez, 2013).

La producción agrícola de la canasta familiar, tanto convencional como agroecológica, se ubica en zonas de ladera por encima de los 1,000 metros sobre el nivel del mar. Los productos de las fincas se comercializan en mercados campesinos organizados semanalmente. Estos mercados reciben tanto productores del sistema convencional como productores agroecológicos. Ante de la necesidad de identificarse en los mercados, los productores agroecológicos han consolidado asociaciones y tejido social entre estas asociaciones. Así nace y se consolida la Red de Mercados Agroecológicos Campesinos del Valle del Cauca en 2010, con la participación de 12 mercados, representando 58 organizaciones (Suarez R., n.d.). Dentro de la actividad de la REDMAC desarrollaron el proyecto de obtención de un sello de confianza con la herramienta Sistema Participativo de Garantías (SPG).

La Tabla 4-1, muestra que de 52 fincas consultadas, en ocho municipios de la zona Centro y norte del Valle del Cauca, para ser incluídas en este estudio, tan solo 14 fincas cumplieron todos los criterios arriba mencionados. En el caso de la REDMAC, la selección de las once fincas, se fue dando a través de los acercamientos a los miembros de la Red durante las etapas seguidas para el logro del SPG: i). Creación y capacitación de los Comités de Dialogo de la organización y de los Mercado Agroecológicos; ii). Solicitud de las personas interesadas en SPG, y el estudio de esta solicitud que la Red realizó. Una vez aceptada la solicitud del propietario de la finca para acceder al proceso de certificación, el comité organizador entrega un formato de diagnóstico predial al productor

para diligenciar (El Formato ajustado usado en el presente estudio se encuentra en el Anexo B); iii). Visitas con el respectivo informe, del comité de dialogo a las finca; iv). Manejo de la información entre solicitudes de productores e informes del comité de dialogo, por parte del Comité organizador; y v). Otorgamiento del certificado y sello.

Tabla 4-1: Matriz de selección de Fincas a hacer parte integral del estudio

Organización	Municipio	Productores agroecológicos	
		Consultados	Seleccionados
REDMAC ^a	Ríofrío	8	0
	Sevilla	13	5
	Tuluá	10	3
	Andalucía	7	1
	Buga	6	2
ASPRAEC ^b	Guacarí	1	1
CIPAV ^c	El Dovio	5	2
	Alcalá	2	0
Total		52	14

Notas:

- a) Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca
- b) Asociación Santarrosana de Productores Agropecuarios Ecológicos
- c) Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria

Fuente: Elaboración propia

Los vínculos ecuánimes de reflexión- diálogo- acción- aprendizaje entre las personas que realizaron y acompañamos este proceso del SPG, permitió acordar, ajustar y definir los criterios que determinaron las fincas a involucrar en el presente estudio. Los cinco criterios fueron: 1: Voluntad manifiesta del propietario de la finca para participar en el presente estudio; 2: Solidez familiar; 3: Cumplimiento del certificado de confianza obtenido en el proceso SPG en un porcentaje mayor al 80 %; 4: tenencia de la tierra como propietario; 5: productores agroecológicos estar asociados como miembros activos.

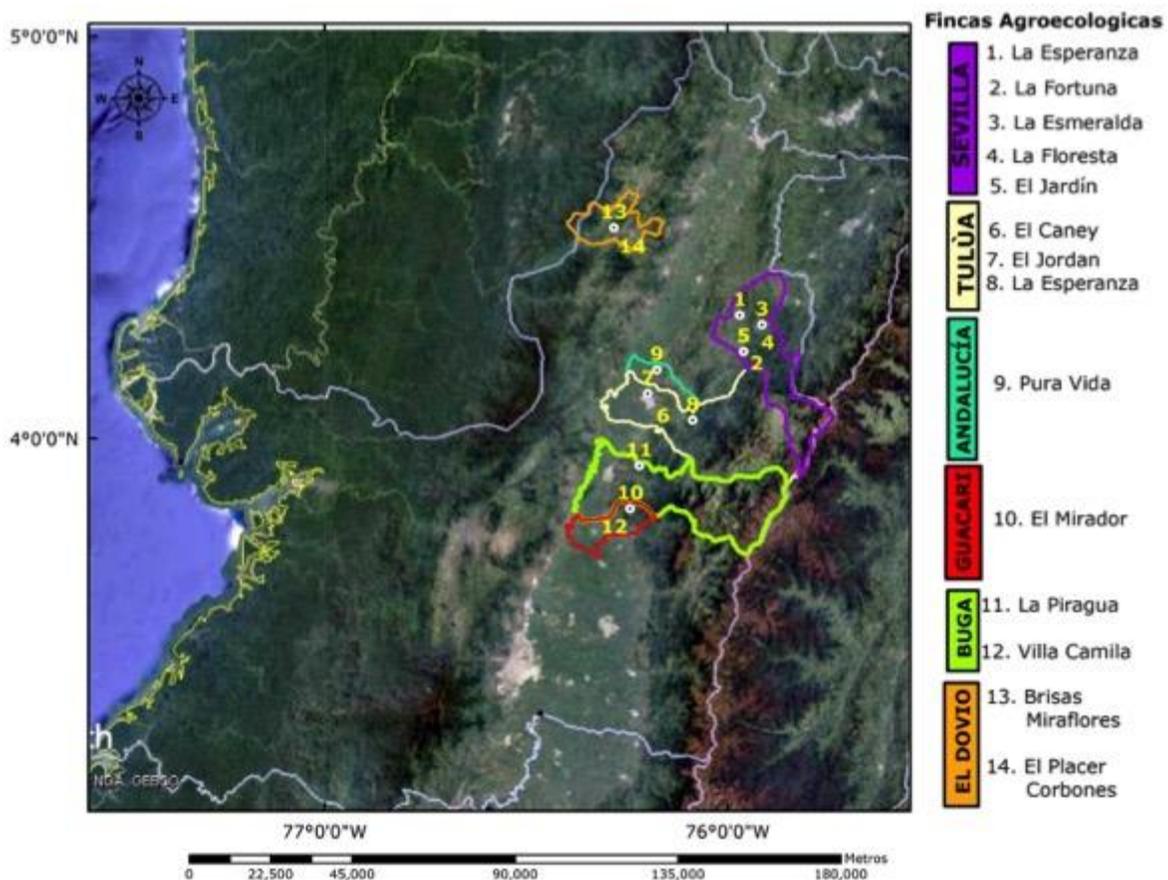
Los dos primeros criterios fueron de gran ponderación para la selección de las fincas de estudio. La solidez familiar se concibió en conjunto con los productores como la presencia permanente en la finca de una familia con la presencia de una esposa, esposo, hijos y otros parientes. El estudio reveló que las mujeres son la columna vertebral de una familia sólida. El pensamiento agroecológico promueve culturas de fuertes vínculos familiares. Sin embargo, este criterio está amenazado por la emigración de niños adolescentes a centros urbanos para ingresar a los niveles de educación universitaria. La solidez familiar y el reemplazo generacional están estrechamente relacionados. El criterio de tenencia de la tierra fue un factor que afectó la selección de las fincas de este estudio, pues personas

con gran vocación agroecológica se encuentran en arriendo en los predios, pues los dueños de las fincas han sido desplazados por el conflicto. La circunstancia de arrendatario desestabiliza el progreso de reconversión agroecológica de territorios (ecosistemas, suelos, especies recuperadas podrían volverse a perder).

El trabajo en fincas asesoradas por CIPAV, consistió en visitas a los predios acompañando a funcionarios de CIPAV, donde se presentó el proyecto, se evaluó el cumplimiento de los criterios arriba mencionados y se acompañó en el diligenciamiento del formato (Anexo B). Para el caso de ASPRAEC el acercamiento se produjo por referenciamiento de una finca modelo de la agroecología.

Las Fincas seleccionadas se ubican en seis municipios del Centro, Norte y Oriente del Valle del Cauca, como se observa en la Figura 4-1, cinco se localizan en Sevilla, tres en Andalucía, una en Guacarí, dos en Buga y dos en el Dovio. Las fincas se localizan en la zona rural de estos municipios, a excepción de Pura Vida, que se sitúa en el área periurbana de Andalucía.

Figura 4-1: Ubicación de las Fincas Agroecológicas de estudio en el Valle del Cauca

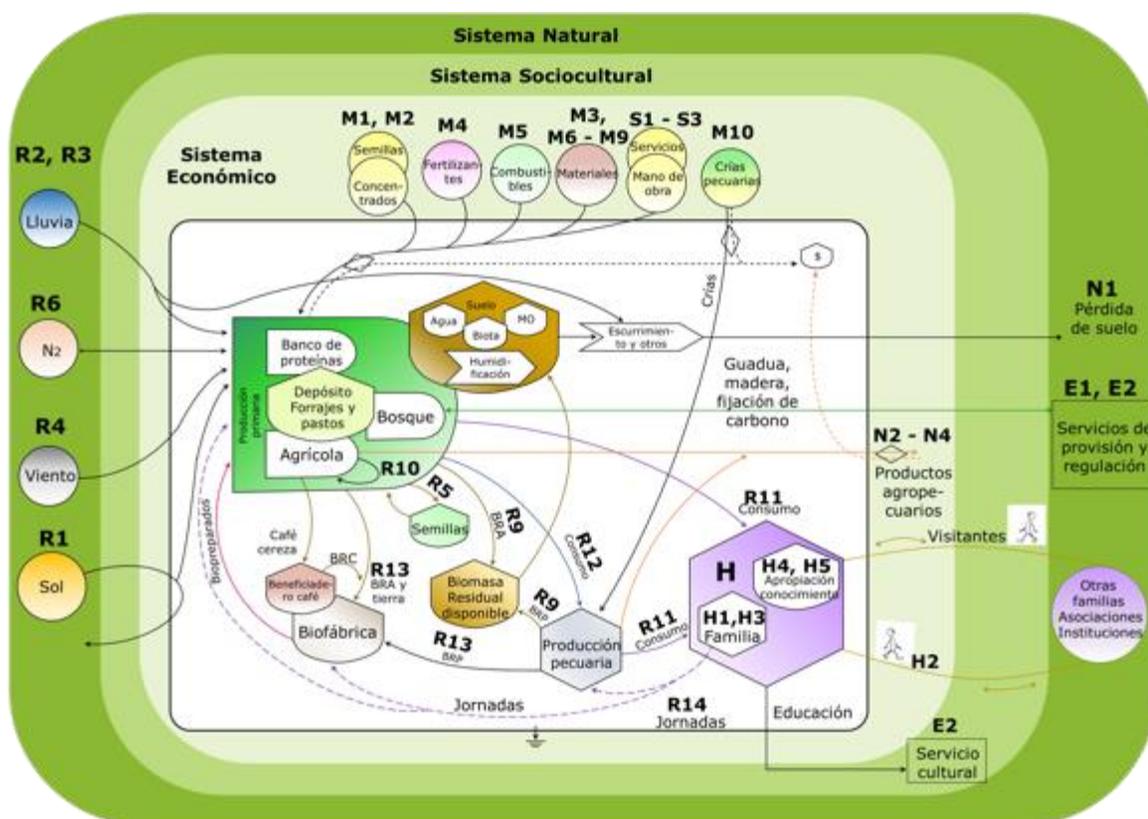


Fuente: Elaboración propia

En las fincas seleccionadas se recopiló información relevante sobre las características que se detallan en la siguiente sección: i) información geofísica y climatológica, ii) estructura sociocultural, iii) actividad agropecuaria y iv) adquisición de materiales comprados y servicios, y v) el uso y distribución del suelo. Estos datos obtenidos, se clasificaron según su origen en: Recursos Naturales Renovables (R), No Renovables (N), Acervo Sociocultural (H), Materiales comprados (M) y Servicios externos adquiridos (S).

Los Recursos anteriores, se desglosan en las siguientes secciones así: en 10 subflujos para Recursos Naturales Renovables (de R1 a R15), 4 subflujos para Recursos Naturales No Renovables (de N1 a N4), 5 subflujos para Acervo Sociocultural (de H1 a H5), 10 subflujos Materiales comprados (de M1 a M10) y 3 subflujos para Servicios externos adquiridos (S1 a S3). Estos flujos se representaron en un Diagrama de flujo de materiales, energía e información de cada agroecosistema, como se observa en la Figura 4-2.

Figura 4-2: Flujos emergéticos que intervienen en la valoración de las Fincas Agroecológicas



BRA: Biomasa Residual Agrícola, BRP: Biomasa Residual Pecuaria, BRC: Biomasa Residual de Café, MO: Materia Orgánica.

Fuente: Elaboración propia

La complejidad y funcionalidad de la dinámica agroecológica de las 14 Fincas en estudio, se presenta en la siguiente caracterización detallada a continuación.

4.1.1 Características geofísicas y climatológicas de los sistemas agroecológicos de estudio

Las características geofísicas y climatológicas que se muestran en la Tabla 4-2, determinadas por la ubicación específica de las fincas, le confieren a cada una flujos específicos de energía. Adaptando el concepto de Mark T. & Ulgiati (2010), puede decirse que, cada finca por estar inmersa en la geobiosfera, es apoyada y al mismo tiempo restringida al proporcionársele flujos de energía y recursos materiales, que a menudo no tienen mercados y no pueden valorarse utilizando la voluntad de pagar. Estos recursos, determinan los aportes de flujos de Emergencia por Recursos Naturales Renovables (R).

Se observa en la Tabla 4-2, que las Fincas no sobrepasan los 1.900 m.s.n.m. de altura, situadas especialmente en regiones montañosas y de ladera, con pendientes pronunciadas hasta del 60% y altas pérdidas de suelo que llegan a las 300 t/ha.año, rasgos que las hace altamente susceptibles a la erosión por escorrentía y deslizamientos. Tres Fincas, son representantes de la zona plana a 980 m.s.n.m., con pendientes suaves del 3% y pérdidas de suelo bajas inferiores a las 5 t/ha.año. Los datos sobre pérdida de suelo, representan los flujos de emergencia por el recurso natural no renovable Pérdida de suelo (N1).

Los predios más pequeños tienen áreas territoriales inferiores a las 0,5 ha y los más grandes alcanzan cerca de las 6 ha (Tabla 4-2). El tiempo de reconversión agroecológica es sobresaliente inclusive, la Finca La Piragua lleva 40 años como productores agroecológicos. La precipitación pluvial media anual es similar en todas las Fincas alrededor de 1.500 mm/año, la temperatura promedio se encuentra entre 19 a 26°C y cuentan con velocidades de viento moderadas. Estas características determinan los flujos por Sol (R1), Potencial químico Lluvia (R2), Geopotencial de Lluvia (R3) y Cinética del Viento (R4).

Las Fincas más alejadas de los centros urbanos de cada municipio, son las aquellas con alturas superiores a los 1.300 m.s.n.m. (Tabla 4-2), es decir, las que se encuentran en zona montañosa como las fincas de Sevilla. Los anteriores factores, son determinantes para la adquisición de bienes y servicios, acceso a centros educativos, conexiones con entidades en el fomento y divulgación de prácticas culturales agroecológicas y capacitación en la educación formal y no formal para la apropiación de conocimiento.

Tabla 4-2: Características Geofísicas y climatológicas de las Fincas agroecológicas de estudio

Muni- cipio	No.	Finca	Propietario	Georreferenciación	Área (m ²)	h (msnm)	Pc (mm/año)	T (°C)	Ps* (t/ha.año)	P* (%)	V** (m/s)	t (año)	D (km)
Sevilla	1	La Esperanza	Blanca Lidia Criollo	N 4°15'2.376", W 75°55'13.584"	44.800	1.700	1.600	20	150	18	2,0	20	11,8
	2	La Fortuna	Jesús Emilio Malúa	N 4°14'47.9184", W 75°55'6.4848"	20.000	1.600	1.100	20	300	50	2,0	10	11,8
	3	La Esmeralda	Libardo Criollo	N 4°15'2.376", W 75°55'13.584"	25.600	1.700	1.100	20	150	18	2,0	10	11,8
	4	La Floresta	María Edelmira Botina	N 4°14'47.9184", W 75°55'6.4848"	30.000	1.600	1.100	20	300	50	2,0	10	11,8
	5	El Jardín	Carmen Rosa Torre	N 4°12'58.39", W 75°57'35.66"	40.000	1.450	1.700	20	300	60	1,0	15	11,9
Anda- lucía	6	Pura Vida	Alfredo Añasco	N 4°10'19.2432", W 76°10'6.96"	5.740	980	1.100	26	5	3	2,5	17	0,0
Tuluá	7	El Caney	José María Carrillo	N 4°10'13.008", W 76°10'30.774"	10.000	980	1.100	24	5	3	3,0	15	4,0
	8	El Jordán	Hernando Cristancho	N 4°6'41.9868", W76°11'52.9764"	3.200	980	1.100	24	5	3	3,0	20	3,2
	9	La Esmeralda	María Clara Rivera	N 4°2'45.7044" W76°5'10.0104"	4.318	1.450	1.500	22	300	30	2,5	10	16,0
Gua- carí	10	El Mirador	Rodas Martínez	N 3°49'32,33", W76°14'28,0788"	26.000	1.300	1.300	22	300	35	3,5	10	17,6
Buga	11	La Piragua	Argenis Giraldo	N 3°55'56.6000", W76°13'08.6000"	33.875	1.876	1.700	20	100	18	2,5	40	3,2
	12	Villa Camila	Cenaida Muñoz	N 3°54'56.6000", W76°13'08.6000"	19.200	1.780	1.700	20	100	30	2,5	10	3,4
El Dovío	13	Brisas- Miraflones	Ramiro Beltrán	N 4°31'17.3", W 76°10'39.7"	58.555	1.720	1.200	19	150	18	2,5	30	10,0
	14	El Placer- Corbones	Julián Urdinola	N 4°31'17.3", W76°10'39.7"	41.449	1.720	1.200	19	150	18	2,5	30	10,0

Notas:
 h: Altura sobre el nivel del mar, Pc: Precipitación, T: Temperatura, Ps: Pérdida de suelo, P: Pendiente, V: Velocidad del viento. t: Tiempo de reposición, D: Distancia entre la Finca y el centro urbano del municipio* datos tomados de CVC (2013), ** datos tomados de UPME & IDEAM (2006)

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Características de la estructura sociocultural de los sistemas agroecológicos de estudio

En la Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Campesina (2017), se define Agricultura Campesina Familiar y Comunitaria como un sistema de producción y organización gestionado por mujeres, hombres, familias, comunidades campesinas entre otras, que conviven en los territorios rurales del país y que desarrollan actividades de producción, transformación y comercialización de bienes y servicios agrícolas pecuarios, etc. Esta diversificación de actividades predominantemente a través de la gestión y el trabajo familiar asociativo o comunitario. Bajo esta definición, se incluyen diferentes productores, entre ellos, los convencionales y productores agroecológicos.

Las Fincas en estudio, corresponden a productores agroecológicos en Agricultura Campesina Familiar y Comunitaria, quienes han transformado terrenos y donde es evidente la "vocación" de la agroecología. La cual, según la definición de Altieri (1995, p.151-203), se traduce en la convicción personal y generacional de los productores por la alternativa de producción agroecológica, preocupándose por tener un conocimiento sólido y diverso de la sostenibilidad agroambiental, la seguridad y soberanía alimentaria y la conservación de la biodiversidad, tradiciones y costumbres en la gestión de agroecosistemas y productos. Esta convicción, la traducen en el tiempo que dedican las familia para planear, administrar y llevar a cabo reestructuraciones y su preocupación por la constante interrelación con otros agricultores con quienes se establecen lazos asociativos, con consumidores y con entidades del sector académico con quienes se programan visitas a las fincas para dar a conocer la agroecología desde la práctica.

En general, las familias se componen por adultos hasta 3 hombres y 3 mujeres, en donde se resalta el papel de la mujer en la conformación de grupos líderes y el fomento de la agroecología en las nuevas generaciones, representadas en los niños y jóvenes (Tabla 4-3). La mitad de las fincas cuenta con máximo 3 niños o jóvenes, mientras que en las demás, algunos han migrado centros urbanos en busca de estudio o trabajo, quienes regresan en temporadas de vacaciones. Las familias, permanecen tiempo completo en los agroecosistemas, con menos frecuencia en La Esmeralda y La Fortuna de Sevilla, sin embargo no son diferencias considerables (Tabla 4-3). Con los anteriores datos, se estableció el flujo de emergencia por metabolismo de la población permanente (H1).

En cuanto al trabajo realizado en las fincas, las familias son quienes tienen la mayor contribución, con jornadas anuales que pueden llegar a las 1.440, mientras que el personal externo tiene aportes inferiores a las 361 jornadas por año (Tabla 4-3). Las jornadas familiares, se utilizaron para contabilizar el flujo de emergencia por la mano de obra interna y familiar (R14).

Tabla 4-3: Características para Acervo sociocultural de las fincas agroecológicas de estudio del Valle del Cauca

Muni- Cipio	No.	Finca	Familia ^a			Tiempo de Permanencia (día/año)	Visitantes /año	Jornadas de trabajo finca / año		en Nivel escolaridad de familia ^b			Nivel escolaridad personas externas		
			M	H	N			Familia	Externo	B	M	P	B	M	P
Sevilla	1	La Esperanza	2	2	1	365	50	1.152	361	4	1	0	2	0	0
	2	La Fortuna	0	2	0	315	20	576	72	2	0	0	2	0	0
	3	La Esmeralda	3	1	1	315	50	1.440	288	3	1	0	1	0	0
	4	La Floresta	3	1	3	365	60	1.152	144	6	1	0	0	0	0
	5	El Jardín	1	1	0	365	5	576	72	2	0	0	1	0	0
Anda- lucía	6	Pura Vida	2	1	0	365	900	864	54	1	1	1	1	1	0
Tuluá	7	El Caney	1	3	0	365	185	576	202	1	2	1	1	0	0
	8	El Jordán	1	2	3	365	100	1.008	54	1	1	1	1	0	0
	9	La Esmeralda	2	2	2	365	300	1.296	48	3	3	0	1	0	0
Gua- carí	10	El Mirador	2	2	2	365	1.000	1.008	144	2	0	4	2	0	0
Buga	11	La Piragua	2	2	0	365	60	864	60	3	0	0	1	0	0
	12	Villa Camila	2	0	0	365	40	432	36	1	1	0	1	0	0
El Dovio	13	Brisas-Miraflores	1	1	0	365	200	576	240	2	0	0	2,5 ^c	0	0
	14	El Placer-Corbones	2	1	1	365	200	576	192	1	1	1	2	0	0

Notas:

a) Miembros de la familia M: Mujeres, H: Hombres, N: Niños,

b) Nivel de escolaridad B: Básica (Sin título bachiller), M: Media (Con título bachiller), P: Profesional pregrado

c) Se considera la fracción en número de persona indicando, la presencia de niños que aún no terminan el ciclo básico de primaria, pero que son activos en el manejo de la finca.

Fuente: Elaboración propia

La mayor parte de los integrantes de la familia, ha superado los niveles de educación básica primaria establecida en el sistema educativo formal colombiano. Cinco de las fincas, presentan familiares profesionales, destacándose El Mirador, donde cuatro personas de las seis en total, cuentan con el título. Todas las fincas contratan trabajadores, quienes han cursado educación básica, y sólo una, presenta un trabajador con educación media (Tabla 4-3). Con la anterior información individualizada sobre la escolaridad y el tiempo utilizado en actividades entrenamiento a otras personas, se estableció el flujo de emergencia por la apropiación del conocimiento de las personas permanentes (H4) y no permanentes (H5) en las Fincas,

En cuanto a la interacción, gran parte del tiempo del grupo familiar, es utilizado en la asistencia al mercado, a reuniones con asociaciones, a reunión de mujeres y atención de los visitantes (Tabla 4-4). Las familias emplean hasta 40 horas por semana para asistir a los mercados agroecológicos de las cabeceras de cada municipio, entre ellos se encuentran el Mercado Asociación Semillas Sevilla, los Mercados Ecológico Campesino del Centro del Valle – MCV y Mercacentro – MeC en Tuluá, el Mercado Agroecológico de Guacarí, Mercado Agroecológico Campesino de Buga – MERCOBUGA y el Mercado de Frutas – APROFUN en Buga.

Se utilizan alrededor de 8 horas semanales para asistir a reuniones con organizaciones comunitarias y asociaciones como la Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca, AGROMUJER, ECA Laguna las Brisas, Asociación de pequeños caficultores de la Marina – ASOPECAM, Grupo Semillas, Asociación de Productores Agrícolas del Diamante – ASOPAAD entre otras. Sobresale la participación de El Caney, con 18,75 horas teniendo en cuenta que participa en grupos locales, regionales y nacionales, especialmente como Guardián de Semillas (Tabla 4-4)

El tiempo en atención a visitantes es muy variado (Tabla 4-4) y depende de la cantidad de personas que lleguen a sus fincas, cualidad determinada en algunos casos por el estado de las vías de acceso. Por ejemplo, hay fincas como Pura Vida y Mirador, que reciben anualmente 900 y 1.000 personas visitantes y otras como El Jardín que sólo reciben 5 personas (Tabla 4-3), esta además también influida por la 735

Las actividades anteriores, se traducen en el porcentaje de interacción, que en general es sobresaliente para todas las Fincas, a excepción de porcentajes inferiores al 10%, los cuales se presentan en El Jardín, debido a la avanzada edad de los propietarios y ausencia de familiares jóvenes y en La Fortuna, dado el escaso núcleo familiar. Estas características, establecen el flujo de emergencia por el intercambio de información y aprendizaje (H2) y el flujo de memoria de información (H3) de la Población Permanente.

Tabla 4-4: Actividades de interacción social de las Familias en las Fincas de estudio

Municipio	Nombre de la Finca	Personas permanentes		Asistencia al Mercado ^a			Asistencia a Asociaciones ^a			Reunión de Mujeres ^a			Atención visitantes ^a		Interacción familia ^a		%Int. ^b
		No.	Composición	PA	VA	Horas	PA	VA	Horas	PA	VA	Horas	PA	Horas	PA	Horas	
Sevilla	La Esperanza	5	Esposa, esposo, hija, niño < 6 años, trabajador	3	4	24	1	1	2	2	1	2	2	1,67	4	29,74	17,7
	La Fortuna	2	Propietario, trabajador	1	4	8	1	0,5	1	0	0	0	2	1,67	2	10,67	6,35
	La Esmeralda	4	Esposa, esposo, 2 hijas	5	4	40	2	1	4	1	0,5	0,5	2	1,74	5	46,21	27,52
	La Floresta	7	Esposos, 2 mujeres, 2 niños > 6 años, 1 niños < 6 años	5	4	40	1	1	2	3	2	6	3	3,13	7	51,13	30,43
	El Jardín	2	Esposa, esposo	1	4	6	1	1	1,15	0	0	0	1	0,08	2	7,58	4,10
Tuluá	El Caney	4	Esposa, esposo, hijo, tío	1	4	9	1	1	18,75	1	1	1,15	3	7,71	3	36,96	22,00
	El Jordán	6	Esposa, esposo, madre, 3 niños	2	4	8	1	4	14	1	4	6	3	2,08	6	30,08	17,91
	La Esmeralda	6	Propietaria, hijo, hija, yerno, 2 niños	2	4	12	1	4	8	2	2	6	4	16,67	6	42,67	25,40
Andalucía	Pura Vida	3	Esposo, esposa, señora de la cocina	2	4	16	1	3	6	2	2	8	3	18,75	3	48,75	29,00
Guaquí	El Mirador	6	Esposa, esposo, hija, nieto > 6 años, nieto < 6 años, trabajador	2	4	16	2	2,33	8,7	1	2	6	3	31,25	6	62	36,90
Buga	La Piragua	4	Esposo, esposa, madre, trabajador	2	4	16	1,5	1,5	5,6	1	2	3	3	5,36	4	29,98	17,85
	Villa Camila	2	Hermana 1, hermana 2	2	4	10	1	2	5	1	1	1,5	2	2,38	2	18,88	11,24
El Dovio	Brisas-Miraflores	2	Propietario, cuñada,	1	4	10	1	1	2,5	0	0	0	2	5,56	5	18,06	10,75
	El Placer-Corbones	4	Esposa, esposo, madre esposo, niño > 6 años	2	4	10	1	1	2,5	0	0	0	3	8,33	4	20,83	12,40

Notas:

- Abreviaciones: PA: Número de personas familia que atienden la actividad, VA: Número de veces por mes que participan en la actividad, Horas: Numero de Horas por semana usadas por toda la familia para el desarrollo de las actividades.
- %Int.: Porcentaje de Interacción. Horas de interacción social de la familia del total de 168 horas calendario semanles

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Actividad agropecuaria de los sistemas agroecológicos

Las fincas combinan actividades pecuarias y agrícolas, en manejo agroecológico, con sistemas pecuarios representados principalmente por la producción avícola y porcícola de lechones y cerdos de ceba. Las fincas Pura Vida y Mirador sobresalen con los valores más altos de producción por encima de los 9.000 kg/año (Tabla 4-5). Otras especies comunes son los peces, en menor frecuencia el ganado bovino y la cría tradicional de algunas especies nativas como los curíes, conejos y cabras. Estas últimas, se destinan para el consumo humano y en algunos casos para la conservación, las cuales representan el flujo por especies nativas pecuarias (R15).

En las fincas, la actividad agrícola se realiza en policultivos distribuidos por toda el área y sin límites territoriales visibles, donde se produce:

- i) Pancoger como la yuca (*Manihot esculenta*) y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancrof*).
- ii) Granos especialmente maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus Bulgaris*) y soya (*Glycine max.*).
- iii) Productos de la huerta con variedad de hortalizas, plantas medicinales y condimentarias
- iv) Diversidad de frutales
- v) Café y musáceas como el plátano (*Musa paradisiaca*) y banano (*Musa acuminata Colla*), en algunos casos con sombrero o en Sistemas Agroforestales – SAF con árboles como el guamo (*Inga sp.*), nogal (*Cordia alliodora*) y cedro rosado (*Cedrela odorata*), como se observa en la Tabla 4-5.

Algunas especies caracterizan la biodiversidad remanente de los agroecosistemas, como la cúrcuma (*Curcuma longa L.*), mafafa (*Xanthosoma sagittifolium*), cidra (*Sechium edule*), chachafruto (*Anhocarpus comunis*), mamey (*Mammea americana L.*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), sagú (*Canna indica L.*), entre otros. La producción agrícola tiene altos volúmenes en la Finca La Esmeralda con 117 ton/año, que superan considerablemente las demás (Tabla 4-5).

La producción agrícola total anual de las Fincas, incluye la producción de pastos, forrajes, abonos verdes, la producción forestal y los productos de los cultivos agrícolas, mencionados como principales en la Tabla 4-5. En este sentido, sobresalen los agroecosistemas de Sevilla, con valores que alcanzan las 367,3 tn/año, favorecidos por su área mayor, mientras las fincas pequeñas no superan las 35 tn/año.

El manejo de pastos, forrajes y abonos verdes, es propio de las zonas evaluadas y representan la base para el sostenimiento del sistema pecuario en todas las Fincas y lo que no se utiliza se considera un depósito renovable. Esta característica, se encuentra restringida por el área de las fincas, dado que las más grandes, cuentan con mayores depósitos, destacándose especialmente las fincas de Guacarí, Buga y El Dovio (Tabla 4-5).

En todos los sistemas prosperan variedad de especies forrajeras como bore (*Alocasia macrorrhiza* y *Colocasia esculenta*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), matarratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), ramio (*Boehmeria nivea*), maní forrajero (*Arachis pintoy*), morera (*Morus alba*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*). También son comunes los pastos brachiaria (*Danthonia decumbens*), rye grass (*Lolium sp.*) y marafalfa (*Pennisetum purpureum* Milheto). Entre los abonos verdes, se presentan especialmente mucuna (*Mucuna pruriens*) y carnalia (*Canavalia brasiliensis*). Estos últimos, interpretado como el flujo por abonos verdes (R10).

La mayoría de los agroecosistemas, tienen zonas de reservas o bosques conservados, que brindan especialmente dos servicios ecosistémicos de gran valor, uno de regulación por la captura de carbón y otro de provisión forestal. Estos favorecidos por la presencia de especies como la guadua (*Guadua angustifolia*) y árboles maderables como acacia (*Acacia mangium*), carbonero (*Calliandra lehmannii*), igua o cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Cordia alliodora*), entre otros, donde se destaca El Mirador con la más alta provisión de madera, 37.145 kg/año (Tabla 4-5). Estos árboles, además se caracterizan por ser grandes proveedores de hojarasca.

El fundamento doctrinal de los productores agroecológicos, es ser custodios de semillas adaptadas a sus condiciones ambientales, como recursos genéticos conservados en las fincas, que resultan fundamentales para la producción agropecuaria y la seguridad alimentaria (Sarandón & Flores, 2014. p 149). Esto se traduce en que todas las fincas poseen un banco de semillas de uso en nuevas siembras e intercambios comunitarios, con valores que varían según los requerimientos de cada agroecosistema (Tabla 4-5), los cuales, permiten el cálculo del flujo emergético Renovable por Banco de semillas (R5).

En Tabla 4-5, se observa la suficiencia tanto de la producción agropecuaria para el abastecimiento de las familias y el mercado, como de pastos, forrajes y productos agrícolas para el sustento de la actividad pecuaria, dado que las producciones totales, son menores que los requerimientos. En las fincas con ganado bovino, se presenta una producción y depósito de forrajes muy alta superior a las 90,0 tn/año, característica de vital importancia en las épocas de verano. Los anteriores datos representan la autonomía y soberanía alimentaria, y a su vez, los aportes de flujos emergéticos por recursos renovables por Productos Agropecuarios para consumo de la familia o subsistencia familiar (R11) y Agricultura para consumo de especies pecuarias o de subsistencia pecuaria (R12).

La masa de minerales contenidos en la producción agropecuaria total, es más representativa por el nitrógeno, con un flujo anual superior a los 321 kg/año almacenado en biomasa sin la aplicación de agroquímicos de síntesis petroquímica (Tabla 4-5). Estos elementos cuantificados, son aportes de emergencia de Recursos Renovables por minerales almacenado en biomasa Nitrógeno (R6), fósforo (R7) y Potasio (R8).

Tabla 4-5: Actividad agropecuaria de las Fincas agroecológicas en estudio

Municipio / Finca	Sevilla					Tuluá			Andalucía	Guacarí	Bugá		El Dovio	
	La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín	El Caney	El Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	El Mirador	La Piragua	Villa Camila	Brisas-Miraflores	El Placer-Corbones
Producción pecuaria total (kg)	2.360	1.842	2.446	4.453	124	2.114	3.671	4.970	11.756	9.502	4.018	783	1.655	2.760
Productos pecuarios principales ^a	Aves, cerdos, curíes, conejos	Aves, cerdos, curíes, conejos	Aves, cerdos, curíes, conejos	Aves, cerdos, peces, curíes, conejos	Gallinas	Aves, 2 bovinos, peces	Aves, cerdos, peces, conejos	Aves, conejos	Aves, cerdos, cabras	Aves, cerdos, peces, curíes, conejos	Aves, bovinos, conejos, cabras	Aves, conejos	Aves, cerdos, bovinos	Aves, cerdos, bovinos
Producción agrícola total (kg)	128.000	68.986	94.189	57.062	63.600	34.406	22.116	21.509	33.555	167.629	326.371	54.020	367.319	133.523
Productos agrícolas principales ^b	Musáceas, café, huerta, granos	Musáceas, café, huerta	Musáceas, café, huerta, granos	Banano, caña, café,	Plátano, café	Plátano, granos	Plátano, cacao	Musáceas, café, huerta	Plátano	Musáceas, café	Plátano, café, huerta	Musáceas, café	Musáceas, caña, café	Musáceas, café
Pastos, forrajes, abonos verdes producidos	36.800	44.137	40.238	28.620	44.100	9.901	16.002	15.893	24.464	126.621	292.504	20.500	343.000	94.648
Depósito de Forrajes (kg)	11.945	14.342	28.054	12.298	43.726	4.738	1.167	4.156	1.676	82.466	191.392	15.100	245.000	43.400
Banco de semillas (kg)	323	17	616	375	19	187	11	4	192	524	114	32	153	257
Producción pecuaria para consumo de la familia (kg)	573	321	437	874	28	637	1.213	1.458	3.606	3.295	1.555	481	407	421
Producción agrícola para consumo de la familia (kg)	7.346	2.964	2.883	4.966	1.363	2.934	1.139	2.029	1.153	3.615	4.346	6.228	6.631	360
Agricultura para consumo de las especies pecuarias (kg)	24.449	28.600	11.907	14.432	365	6.052	14.172	11.655	11.868	42.895	95.776	4.060	94.300	50.300
Productos agrícolas llevados al mercado (kg)	36.776	10.332	11.120	13.775	3.516	17.969	2.592	2.592	1.565	3.547	6.477	4.512	8.744	3.939

Continuación ...

Municipio / Finca	Sevilla					Tuluá			Andalucía	Guacarí	Buga		El Dovio	
	La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín	El Caney	El Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	El Mirador	La Piragua	Villa Camila	Brisas-Miraflores	El Placer-Corbones
Productos pecuarios llevados al mercado (kg)	1.786	1.521	2.009	3.579	96	1.477	2.458	3.511	8.151	6.207	2.463	301	1.248	2.337
Nitrógeno almacenado en biomasa (kg)	1.626	3.350	2.276	1.821	321	704	646	674	878	2.277	2.091	406	2.935	1.060
Fósforo almacenado en biomasa (kg)	1.591	1.600	656	484	41	369	577	347	939	1.445	660	158	474	510
Potasio almacenado en biomasa (kg)	1.030	1.034	587	633	65	156	256	254	515	868	831	239	680	294
Minerales (N, P, K) solubilizados (kg)	155	234	316	24	407	92	156	318	206	136	89	171	106	155
Biomasa Residual Pecuaria producida (kg)	21.609	25.917	10.548	7.661	438	17.449	10.346	5.119	22.372	28.306	62.207	3.506	66.126	33.400
Biomasa Residual Agrícola producida (kg)	145.359	41.734	31.278	79.428	23.427	28.254	5.825	11.853	10.465	75.571	44.348	45.137	75.637	65.294
Biomasa Residual de uso en biofábrica (kg)	13.055	6.500	6.386	7.600	219	2.400	750	1.984	10.000	17.673	2.160	3.480	22.800	4.361
Biopreparados elaborados en biofábrica (kg)	37.500	18.581	16.543	28.241	3.813	10.395	2.476	5.971	25.424	71.100	6.200	13.000	64.300	12.299
Especies Forestales principales	Guadua, guamo	Acacia, cacao	Cacao, acacia	Guamo	-	Guamo, guadua, nogal, cedro	Guamo, nogal, guadua	Guamo, guadua	Guamo, carbonero	Guamo, carbonero, guadua				
Forestales y Maderables (kg)	31.737	9.814	16.400	5.125	14.040	1.068	0	0	0	37.145	17.472	21.846	6.477	25.274

Notas:

- a. Aves: incluye pollos de engorde y gallinas ponedoras; b. Musáceas: incluye plátano y banano; c. A partir de la Base de datos de productos agropecuarios del Anexo C, se calcularon algunos datos presentes en esta Tabla.

Fuente: Elaboración propia

En estos sistemas agroecológicos que por definición son abiertos, los ciclos de nutrientes incluyen salidas de los mismos como consecuencia de la exportación de los productos de cosecha, la volatilización, lixiviación y erosión. Aunque las pérdidas son bajas en comparación con los minerales almacenados en biomasa, y no superan los 407 kg/año (Tabla 4-5), el logro de sistemas balanceados implica que el agricultor debe tratar de optimizar las salidas de nutrientes de su sistema, buscando que sean exclusivamente a través de los productos de cosecha. Los minerales salientes en productos comercializados, representan los flujos de emergencia por recursos no renovables dados por los minerales solubilizados: nitrógeno (N2), fósforo (N3) y potasio (N4). Mientras que la pérdida de suelo representa la emergencia por pérdida de suelo (N1).

Los sistemas producen altas cantidades de biomasa residual tanto pecuaria (BRP) dada por excretas, como agrícola (BRA) de restos de cultivos y productos como las hojas de leguminosas, tusa y capacho de maíz, raquis y vástago de musáceas, pulpa, cisco y tallos de café, y hojarasca de árboles forestales. Las fincas con bovinos en su sistema, tienen mayores producciones de BRP por encima de 62.000 kg/año. Las fincas más grandes producen mayor cantidad BRA, dada especialmente por las especies forestales, la cual, en todas las fincas también es mucho mayor que la BRP.

Parte de la biomasa residual total (BR), se aprovecha con productos como la leche, melaza, tierra, microorganismos eficientes y agua para la elaboración de biopreparados, cuantificados como los aportes renovables de emergencia por Materiales Renovables para Biofábrica (R13). Las fincas que mayor BR aprovechan en la biofábrica, son las Brisas-Miraflores (22.800 kg/año) y El Mirador (17.673 kg/año), las demás utilizan hasta 13.000 kg de su BR. Estas mismas fincas, son las que producen más biopreparados (compost, bocashi, caldo supermagro y humus de lombriz). El reciclaje de materiales, es base para el funcionamiento de los agroecosistemas, por tanto, las fincas agroecológicas tienen stocks permanentes de biomasa residual anual.

La BR que no se utiliza en la biofábrica, se considera un depósito, en el caso de la proveniente del área pecuaria sin uso en biopreparados, los agricultores la depositan en las áreas agrícolas sin tratamientos previos. La BR resultante de la hojarasca y restos de cultivos se deja en el área de generación, para el reciclaje de materias orgánicas y nutrientes de forma natural. Esta BR disponible en la Finca, permite establecer el flujo emergético por Biomasa Residual Agropecuaria disponible (R9).

Algunas excretas se utilizan para el abastecimiento energético. Es el caso del estiércol porcino, que después de su tratamiento anaerobio en los biodigestores, generan: i) biogás para la cocción de alimentos y/o el calentamiento de las crías de animales en el subsistema pecuario, y ii) bioles ricos en nutrientes y microorganismos, utilizado como riego para la fertilización de cultivos.

4.1.4 Materiales comprados y servicios externos adquiridos en las Fincas de estudio

Los consumos más elevados de electricidad, se presentan en la finca El Caney con 9.286 kWh/año y en Pura Vida con 3.889 kWh/año (Tabla 4-6), debido al uso constante de maquinaria y equipos como trilladoras, molinos, mezcladoras o electrobombas y cercas eléctricas. Las demás familias utilizan la electricidad solo para la iluminación y el funcionamiento de electrodomésticos al interior de las casas. Los anteriores datos corresponden a los flujos de energía por electricidad (S1).

El consumo de agua, llega en uno de los agroecosistemas hasta los 9.691 m³/año, representado principalmente por el riego del sistema agrícola y en menor proporción por la bebida de los animales, lavado de las áreas pecuarias, elaboración de los biopreparados, sacrificio pecuario y consumo de los hogares (Tabla 4-6). Estos datos representan los flujos de energía por electricidad (S2).

Entre los materiales comprados se encuentran los minerales, herramientas de acero, madera, maquinaria, equipo mecánico principalmente motobombas, concreto, ladrillos y zinc para la construcción de infraestructuras, Pura Vida tiene una alta adquisición de 8.845 kg/año, dado que posee variedad de equipos y maquinaria (Tabla 4-6).

Las fincas tienen un consumo similar de gasolina, como principal combustible para el funcionamiento de maquinaria y vehículos propios para el transporte de la familia y los productos a los diferentes mercados, los cuales, se ubican principalmente en las cabeceras municipales. El Jardín presenta un consumo de 0,0 galones, dado que los propietarios solo utilizan el transporte público (Tabla 4-6).

La mayoría de agricultores compran algunos plásticos en moderadas proporciones, como las bolsas para empacar productos al mercado, plástico en las mangueras, los bebederos, los comederos, y los tanques para el almacenamiento de agua para riego o para la elaboración en la Biofábrica, de abonos y caldos que se aplican en los cultivos como práctica alternativa al uso de sustancias de origen sintético.

No todas las fincas cuentan con las suficientes instalaciones para la incubación avícola, o los espacios y alimentos son reducidos para el mantenimiento de ganado en gestación, que adquieren externamente las crías a una edad adecuada para el levante en sus propias áreas pecuarias. Estas compras, las realizan con sus compañeros, vecinos o en el mercado cercano. Se aprecia en la Tabla 4-6, que los lechones son las crías que más se adquieren del exterior del sistema, que pueden llegar hasta los 20 lechones /año.

Solo dos fincas compran concentrados para el sistema pecuario al igual que las semillas o granos. En esta última adquisición, Pura Vida presenta el valor más elevado con 5.456 kg/año (Tabla 4-6), debido a que su área de tamaño pequeño, no tiene la capacidad para producir los granos requeridos por el alto número de especies pecuarias. Con las semillas compradas, el propietario prepara su propio concentrado balanceado.

Tabla 4-6: Servicios públicos y materiales adquiridos en las fincas agroecológicas de estudio

Nombre de la Finca	Electricidad	Agua	Semillas	Concentrados pecuarios	Otros Materiales ^a	Combustibles (gasolina)	Numero crías adquiridas/año				
	KWh/año	m ³ /año	kg/año	kg/año	kg/año	Galones/año	Pollos	Cerda	Lechones	Teneros	Alevinos
La Esperanza	1.750	716	0	0	2.923	360	208	1	0	0	0
La Fortuna	1.754	712	0	0	2.885	301	52	1	10	0	0
La Esmeralda	1.754	689	0	0	2.827	301	416	0	8	0	0
La Floresta	1.754	689	0	0	2.884	361	1.160	0	2	0	600
El Jardín	1.754	1.201	0	0	2.036	0	0	0	0	0	0
El Caney	9.286	9.691	0	0	2.736	60	300	0	0	0	
El Jordán	1.754	870	546	0	2.273	913	380	0	7	0	500
La Esmeralda	1.754	683	0	0	4.037	165	1.429	0	0	0	0
Pura Vida	3.889	2.723	5.456	0	8.845	520	2.600	0	12	0	0
El Mirador	1.828	1.321	0	0	3.080	480	228	0	20	0	1.715
La Piragua	1.754	746	0	453	2.928	61	40	0	0	8	0
Villa Camila	1.680	658	0	334	2.239	1,1	10	0	0	0	0
Brisas-Miraflores	1.945	748	0	0	3.400	282	52	0	3	7	0
El Placer – Corbones	1.717	725	0	0	2.666	282	52	1	0	0	0

Nota:

a. Incluye minerales, materiales de acero, madera, maquinaria, equipo mecánico principalmente motobombas, concreto, ladrillos y zinc

4.1.5 Uso y distribución del suelo y Diagrama de flujo de materiales, energía e información de las Fincas agroecológicas de estudio

Hasta aquí se han descrito detalladamente los rasgos característicos de las fincas, de manera que cada una se presenta con sus especificidades en cuanto a su entorno ambiental, la arquitectura y dinámica que cada productor y su familia ha construido en el tiempo y sus propias interconexiones con la economía y la cultura. La fase final de la caracterización de las fincas requiere la representación de todos los datos, descritos en las secciones anteriores, en un diagrama de flujo de materiales, de energía y de información, que evidencian los procesos, productos, servicios y capacidades que caracterizan cada agroecosistema.

El diagrama de flujo, es el paso inicial para la estimación de la emergencia en las fincas, y por tanto, en éste se representan los flujos que componen la Emergia: Recursos naturales renovables (R), Recursos naturales no renovables (N), Materiales de la economía urbana o insumos externos (M), Servicios de la economía urbana (S) y Acervo sociocultural (H). La cartografía social sobre el uso del suelo y los mapas procesados en Sistemas de Información Geográfica se presenta en el Anexo D.

- **Municipio de Sevilla**

Está ubicado al nororiente del Valle del Cauca a 1.612 m.s.n.m. con temperatura promedio es de 20°C. El territorio es montañoso con relieve en la vertiente occidental de la Cordillera Central de los Andes con una extensión total de 639 km² distribuidos en pisos térmicos medio 268 km², frío 314 km² y páramo 95 km². El municipio de Sevilla cuenta con una gran riqueza hídrica, constituida por cuatro 4 cuencas hidrográficas y sus afluentes, siendo una importante cruz hídrica para el departamento del Valle del Cauca (Alcaldía de Sevilla, n.d.).

Las principales actividades económicas de Sevilla son la agricultura (principal renglón económico), la ganadería, la minería y la explotación forestal industrial. En la primera, la producción de café, Sevilla dedica más de quince mil hectáreas al cultivo de café, por lo cual es llamada la "Capital Cafetera de Colombia". Otros cultivos importantes son el plátano, el banano, la yuca, la caña panelera, el maíz, el frijol, la papa y la cebada (Alcaldía de Sevilla, n.d.).

Las fincas cuentan con cinco áreas comunes como se observa en la Tabla 4-7, la huerta de La Esperanza es la más grande, característica que le confiere ser de las fincas que más produce hortalizas, verduras, tubérculos y plantas medicinales. En cuanto al área pecuaria, El Jardín tiene la de menor tamaño, explicado por la ausencia de fuerza

humana joven, dado que los esposos que gestionan el agroecosistema se encuentran en edad avanzada.

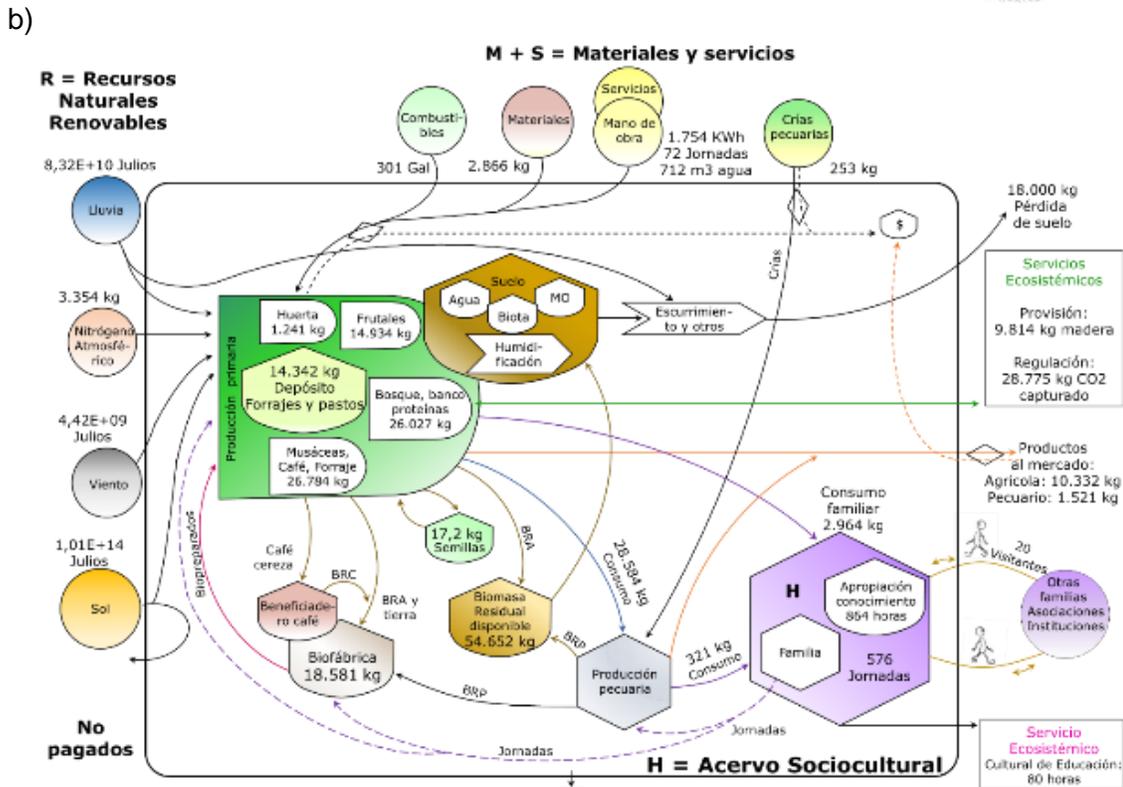
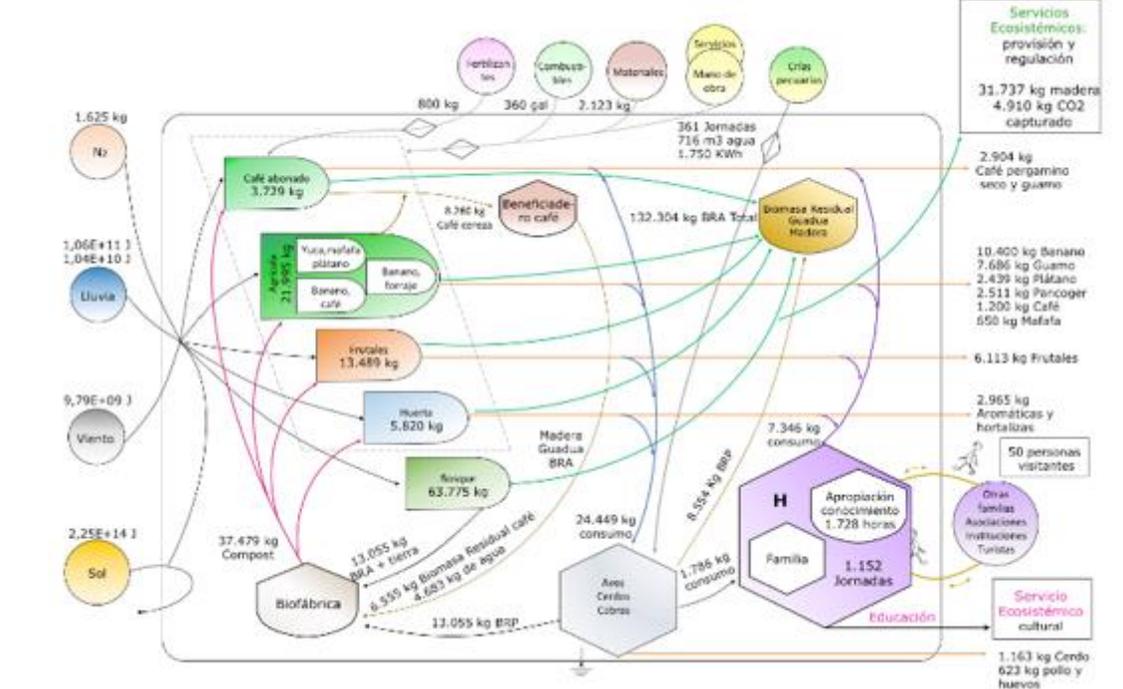
Tabla 4-7: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Sevilla

Finca	Principales áreas distribuidas en las Fincas (m ²)				
	Huerta	Frutales	Biofábrica	Área construida	Área pecuaria
La Esperanza	1.502	5.509	50	245	161
La Fortuna	500	2.670	30	313	160
La Esmeralda	572	5.122	20	178	123
La Floresta	417	11.965	70	282	191
El Jardín	553	2.160	28	101	7

Fuente: Elaboración propia

Los datos de campo para flujos emergéticos, en cuanto a materiales, energía e información de las 5 fincas de Sevilla, se representan gráficamente en los diagramas de flujo a continuación.

Figura 4-3: Diagrama Flujo de materiales, energía e información en las fincas: a) la Esperanza y b) La Fortuna (Sevilla)



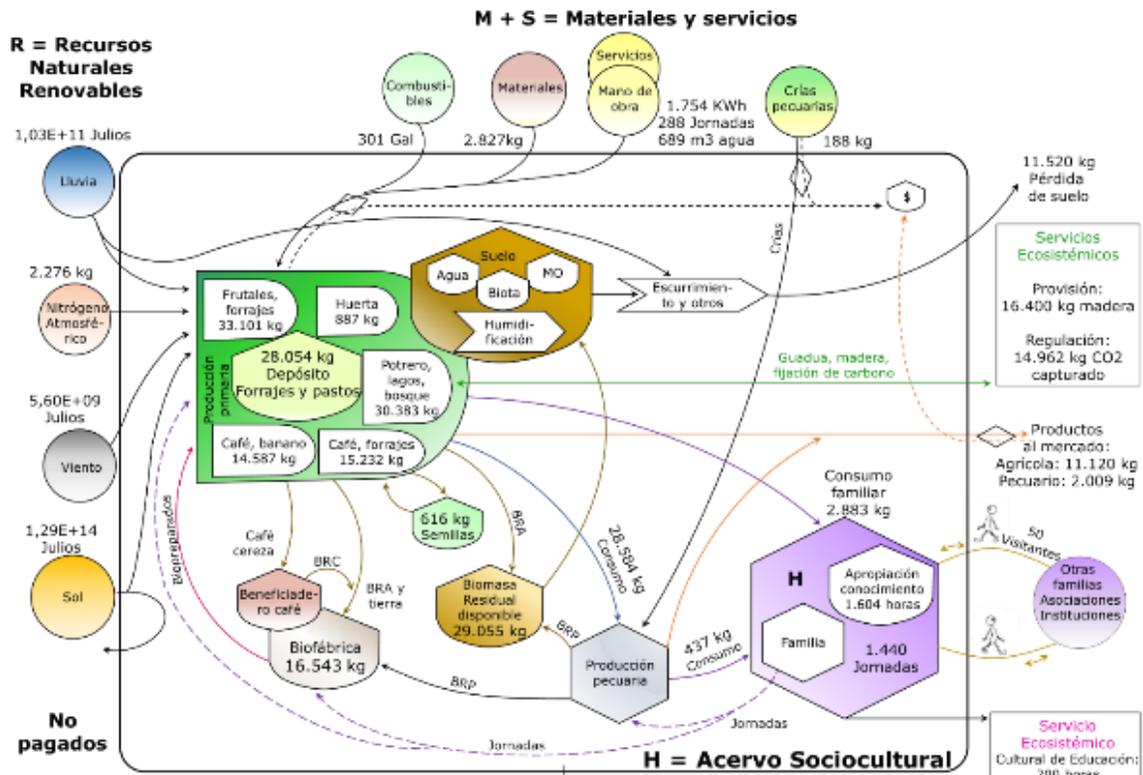
Biomasa Residual: Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP)

Fuente:

Elaboración

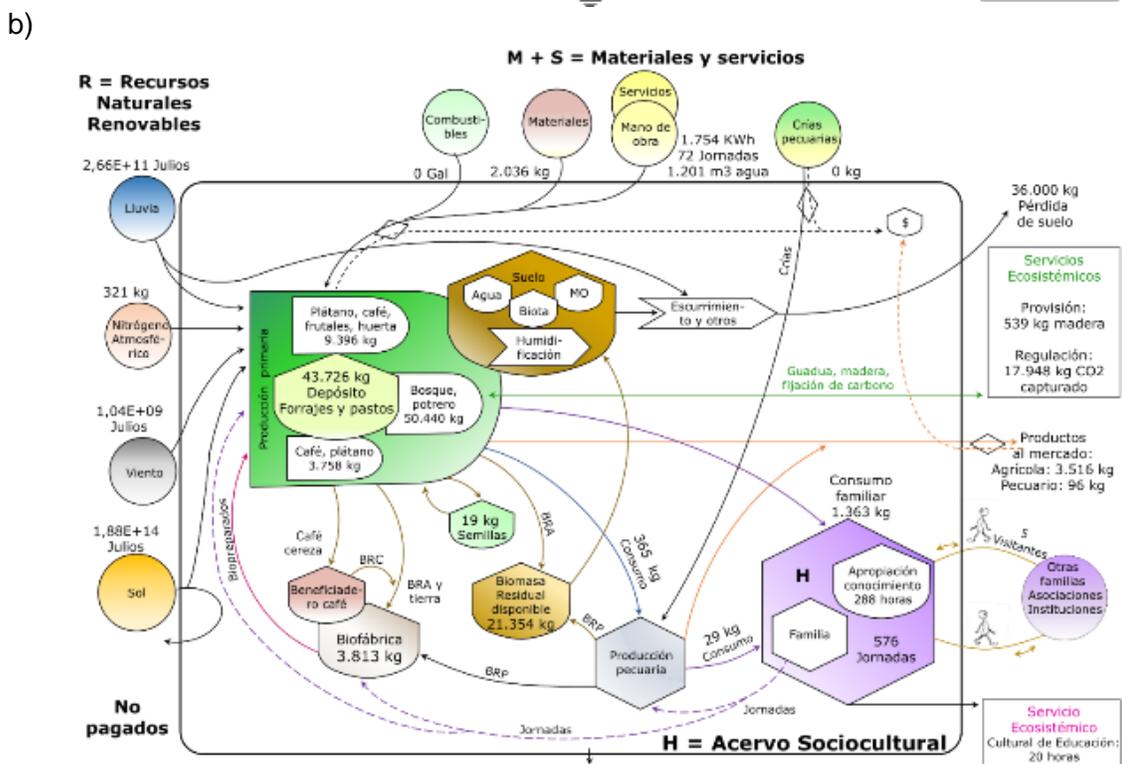
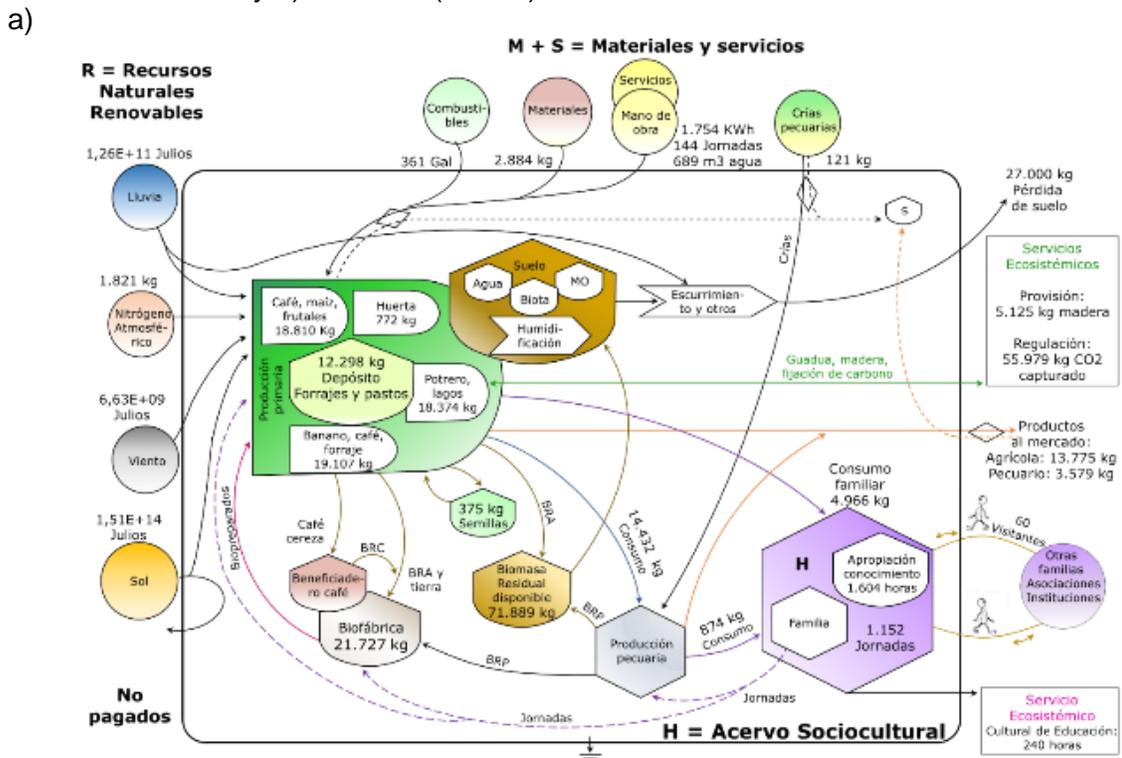
propia

Figura 4-4: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en la finca La Esmeralda (Sevilla)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP)
 Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) La Floresta y b) El Jardín (Sevilla)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP)

Fuente: Elaboración propia

• Municipio de Tuluá

Está ubicado en la zona centro del departamento, en un cruce de caminos: a una distancia de 350 kilómetros de Bogotá, la capital de la república; a 102 kilómetros de Santiago de Cali la capital del departamento del Valle del Cauca; a 228 kilómetros del Puerto de Buenaventura. Tiene una extensión total de 910,55 km² (11,11 km² área rural y 899,44 km² área rural) con diversidad de pisos térmicos y alturas que van entre los 960 m.s.n.m., en el área urbana, hasta los 4.400 metros sobre el nivel del mar, en donde se encuentran los páramos de Barragán y Santa Lucía. Así mismo varían sus temperaturas promedio desde los 10°C hasta los 28°C. Su influencia socioeconómica se extiende sobre un número representativo de municipios vecinos, siendo considerada como una ciudad Región, a la que acude una población flotante que asciende a los 500 mil habitantes (Cámara de Comercio de Tuluá, n.d.).

La Economía del municipio está representada principalmente por la agricultura, la ganadería, el comercio, la prestación de servicios, entre ellos de servicios en salud con un alto nivel. La actividad agrícola de Tuluá depende de los cultivos permanentes, sobresaliendo la caña de azúcar con el 85% del área sembrada. Tuluá cuenta con variedad de climas para el desarrollo de diversos cultivos así: en la parte montañosa o cordillerana se produce trigo, cebada, papa, cebolla y la fresa, al igual que se le reconoce como una reserva lechera de gran proyección por los números Hatos Ganaderos que se tienen allí. En el clima medio se produce café, maíz, frijol, hortalizas y variedad de frutas y en la parte plana-cálida, caña de azúcar, maíz, cacao, plátano, arroz, tabaco, algodón, soya, millo, ajonjolí y una amplia variedad de pastos. Tuluá ha sido considerada como una ciudad región con una zona de influencia bastante amplia y una población flotante significativa representando para sus mercados, la afluencia de por lo menos diez municipios, más sus corregimientos y veredas con su biodiversa riqueza agropecuaria (Cámara de Comercio de Tuluá, n.d.).

Las dos primeras fincas que se presentan en la Tabla 4-8, cuentan con áreas similares para la biofábrica, dado que cuentan con sistemas productivos similares.

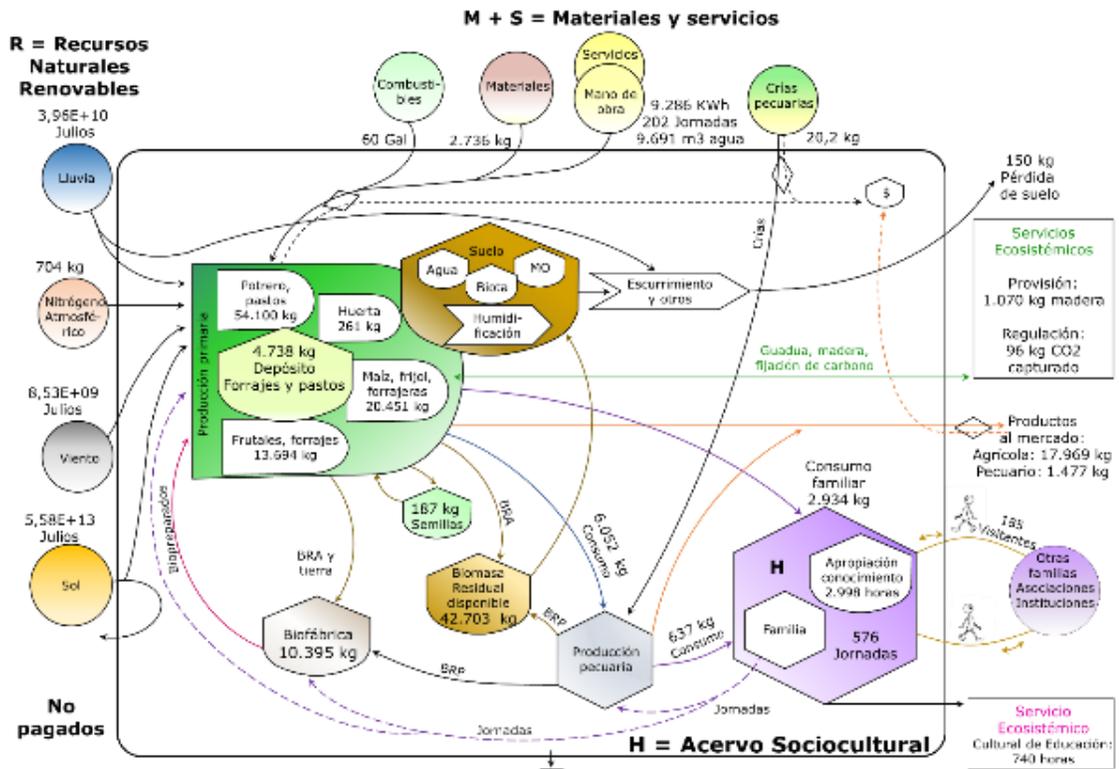
Tabla 4-8: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Tuluá

Finca	Principales áreas distribuidas en las Fincas (m ²)				
	Huerta	Frutales	Biofábrica	Área construida	Área pecuaria
El Caney	69	4.009	13	130	82,4
El Jordán	228	1.279	22	178	182
La Esmeralda	680	1.334	44	353	230

Fuente: Elaboración propia

Los datos de campo para flujos emergéticos, en cuanto a materiales, energía e información de las 3 fincas de Tuluá, se representan gráficamente en los diagramas de flujo a continuación.

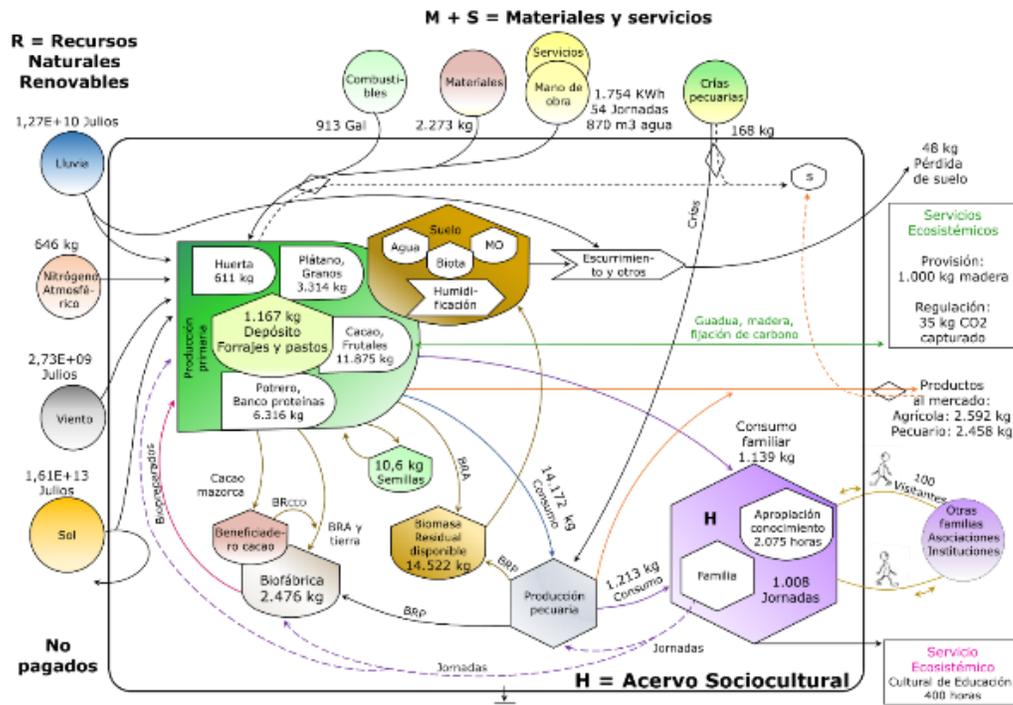
Figura 4-6: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las finca El Caney (Tuluá)



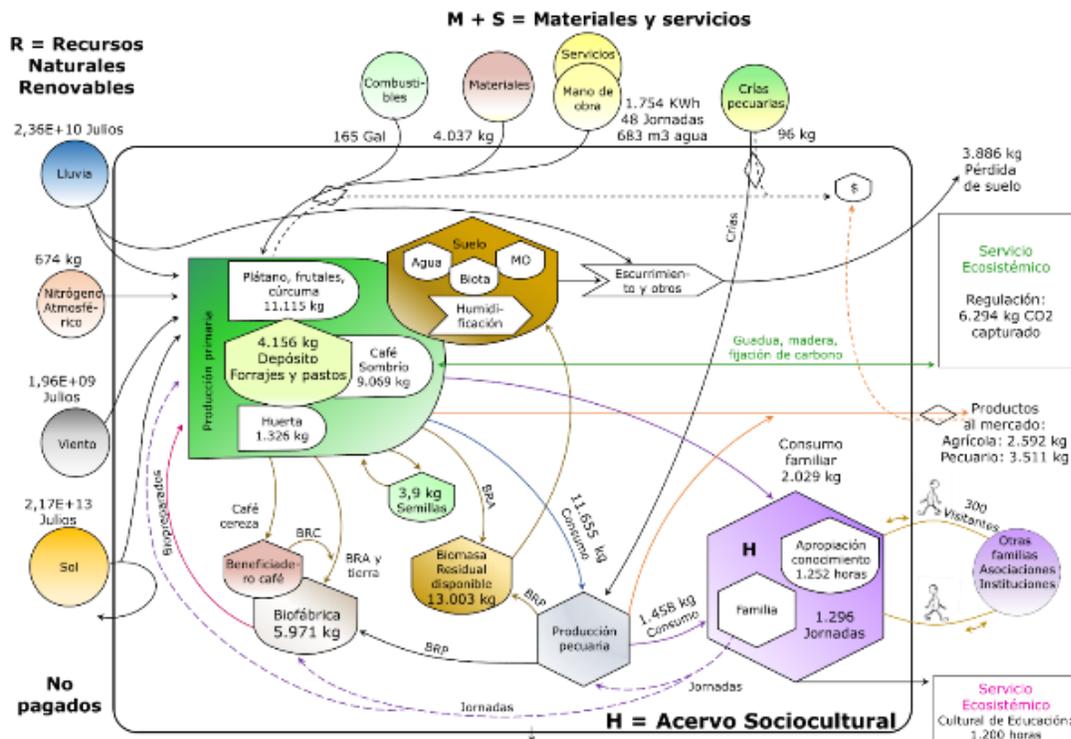
Biomasa Residual de: Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP), Cacao (BRcco),
 Fuente: Elaboración propia

Figura 4-7: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas: a) El Jordán y b) La Esmeralda (Tuluá)

a)



b)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP), Cacao (BRcco),
Fuente: Elaboración propia

- **Municipio de Andalucía y Guacarí**

En el municipio de Andalucía se distinguen dos regiones distintas, una plana que hace parte del Valle del Rio Cauca y otra de montaña en la cordillera central con alturas superiores a los 2.000 m.s.n.m. Está ubicado a una distancia de 112 km de Santiago de Cali y a 2 km de Tuluá. Tiene una extensión total de 316 km². La cabecera municipal de 168 km² se encuentra 995 m.s.n.m. y temperatura promedio de 23°C. El más importante renglón de su economía lo constituye la venta de gelatina de pata en el municipio. La ganadería y la agricultura ocupan un lugar importante con productos como caña de azúcar, maíz, plátano, cacao y tabaco (Alcaldía de Andalucía, n.d.).

En cuanto al municipio de Guacarí, la palabra Guacarí, según las lenguas aborígenes, se deriva, de las palabras del dialecto Caribe "Gua" y "Cari" que traducen 'Laguna de los Caribes'. Está situado en la parte central del departamento el Valle del Cauca al borde de la carretera Panamericana, a 45 km de Cali, la mayor parte del territorio es plano o ligeramente ondulado y hacia el oriente se encuentra la zona montañosa que corresponde a la cordillera Central. Tiene una Extensión total de 167 km²: la cabecera municipal con 2 km² y altitud de 900m.s.n.m., con temperatura promedio de 25°C; y 165 km² de área rural. La principal actividad económica de Guacarí, la constituye la agricultura con cultivos de caña de azúcar, frijol, maíz, yuca, café, plátano y otros como piña, uva, cítricos, aguacate, sorgo, algodón, soya, arroz y pastos. En la producción pecuaria se destaca la cría de ganado vacuno, la avicultura y la porcicultura. Cuenta en 52.5 ha, con explotaciones de oro de pilón. (Alcaldía de Guacarí, n.d.).

Se observa en la que el área pecuaria y la biofábrica tienen tamaños parecidos, aunque el área total de las fincas es muy diferente. Esto se debe, a que la finca Pura Vida, a pesar de su escasa área territorial, es especialista en la producción de proteína blanca de pollos de engorde.

Tabla 4-9: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Andalucía y Guacarí

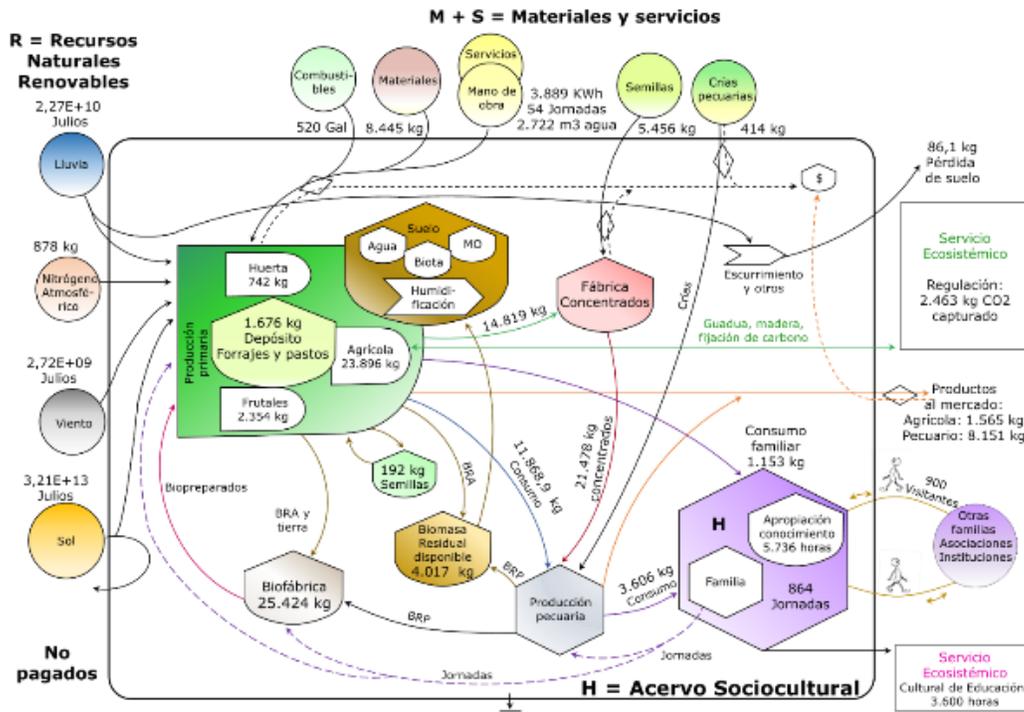
Finca	Principales áreas distribuidas en las Fincas (m ²)				
	Huerta	Frutales	Biofábrica	Área construida	Área pecuaria
Pura Vida (Andalucia)	138	482	57	505	494
El Mirador (Guacarí)	530	2.573	60	350	426

Fuente: Elaboración propia

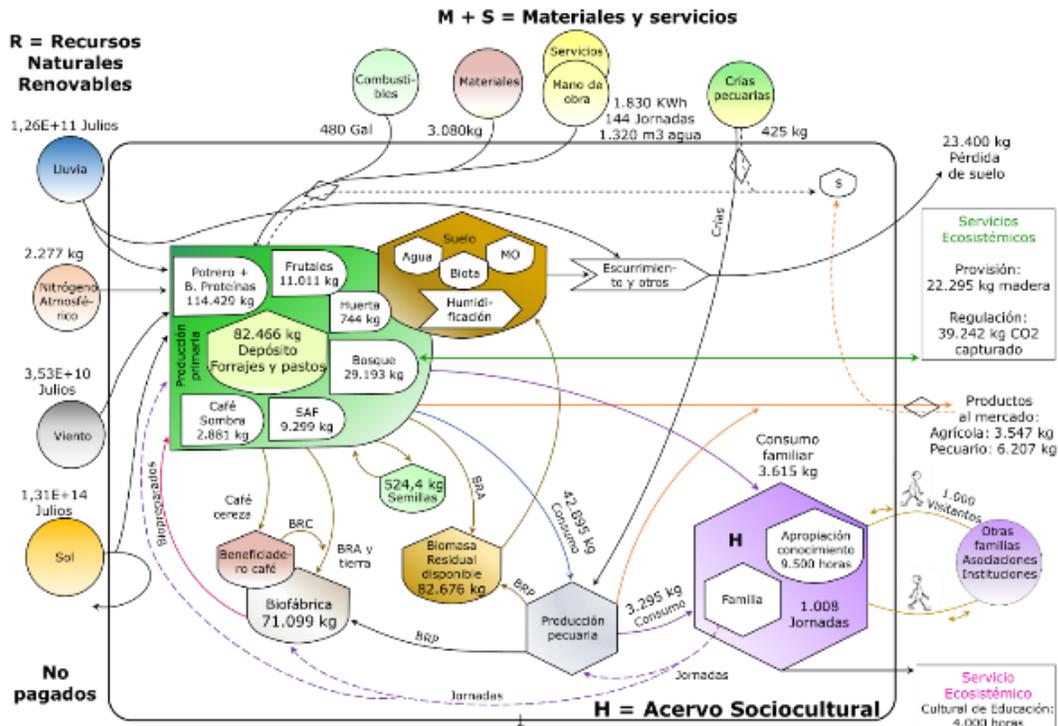
Los datos de campo para flujos emergéticos, en cuanto a materiales, energía e información de las fincas de Andalucía y Guacarí, se representan gráficamente en los diagramas de flujo a continuación.

Figura 4-8: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) Pura Vida (Andalucía) y b) El Mirador (Guacari)

a)



b)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP)
Fuente: Elaboración propia

- **Municipio de Buga**

Se encuentra situado en la Zona Centro del Departamento del Valle del Cauca, en la parte donde se hace más angosto el valle geográfico, La cabecera municipal está ubicada con posición de cruce de caminos y lugar de convergencia de las principales vías terrestres que cruzan el occidente del país. A 74 km de Santiago de Cali, 126 km del puerto de Buenaventura. El territorio cuenta con una extensión total de 832 km². El área urbano con 16,2 km² a 969 m.s.n.m. y temperatura promedio de 23°C (Alcaldía de Guadalajara de Buga, n.d.).

El área rural tiene 816 km² y el territorio del municipio tiene variación de alturas entre 969 y 4.210 m.s.n.m. y cuenta con dos zonas: la zona plana a la ribera del rio cauca y la zona montañosa en la cordillera central. La distribución de pisos térmicos es Cálido 153 km², Medio 169 km², Frío 243 km² y Páramo 271 km² (páramo de las Hermosas). Las principales actividades económicas son: la agricultura, la ganadería, el comercio y la industria, sobresalen los cultivos de, caña de azúcar, plátano, frijol, papa, yuca, café, cacao, sorgo, soya, maíz, hortalizas y frutales (Alcaldía de Guadalajara de Buga, n.d.).

Tabla 4-10: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de Buga

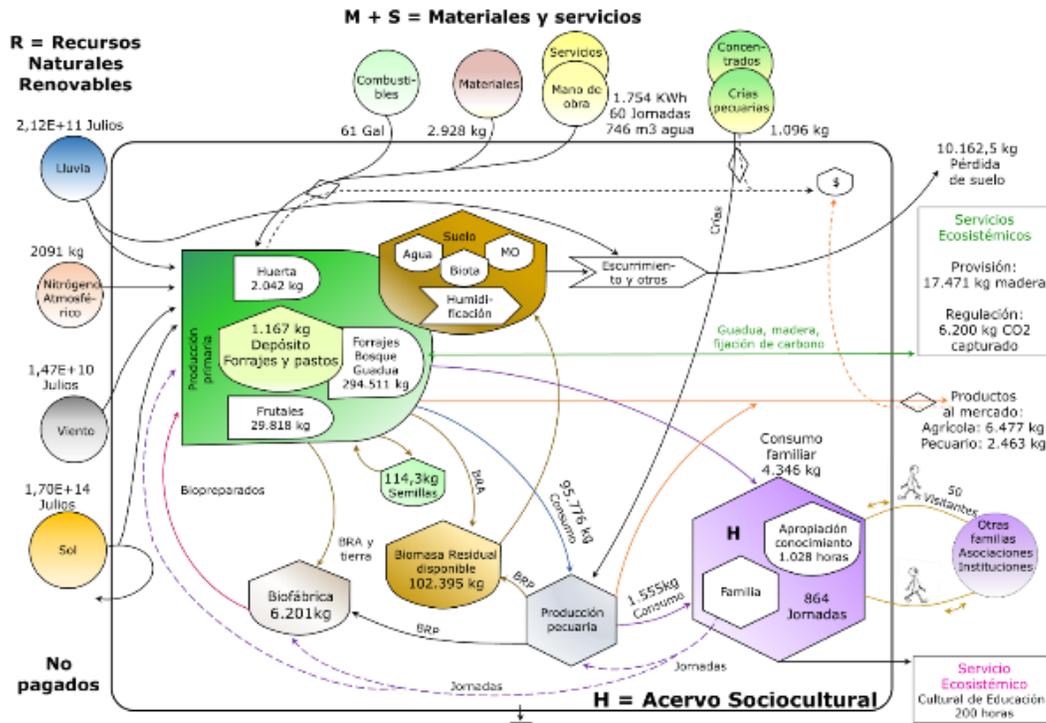
Finca	Principales áreas distribuidas en las Fincas (m ²)				
	Huerta	Frutales	Biofábrica	Área construida	Área pecuaria
La Piragua	541	8.567	30	155	206
Villa Camila	240	-	32	172	41

Fuente: Elaboración propia

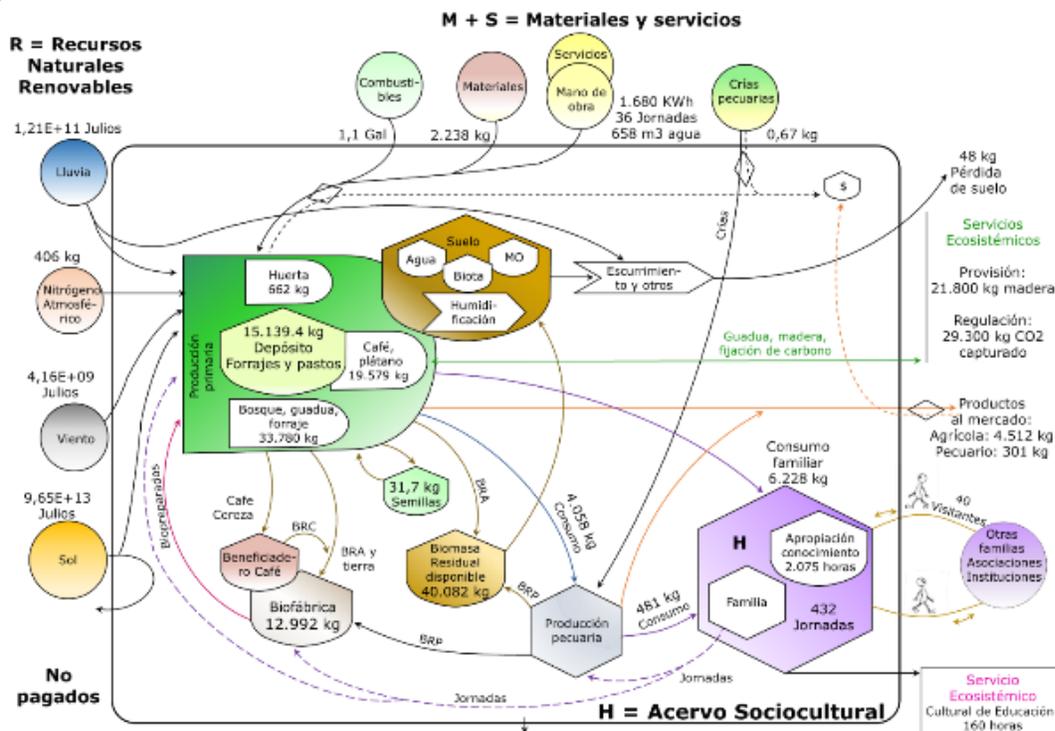
Los datos de campo para flujos emergéticos, en cuanto a materiales, energía e información de las 2 fincas de Buga, se representan gráficamente en los diagramas de flujo a continuación.

Figura 4-9: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) La Piragua y b) Villa Camila (Bugá)

a)



b)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP)

Fuente: Elaboración propia

- **Municipio El Dovio**

La mayor parte del territorio de El Dovio es montañoso, pero también cuenta con zonas planas, su relieve corresponde a la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, y presenta algunos accidentes orográficos entre ellos: Cerro de Paramillo, Cerro Cara de Perro, Alto de Paramillo, Cerro de Toldafría, Cuchilla de Monteazul, Cuchilla de Garrapatas, Cerro Cielito, Alto de la Rivera, Cuchilla de la Cruz y Cuchilla del Camello. El territorio tiene una extensión total de 383 km² La cabecera municipal se sitúa a 1434 m.s.n.m. con temperatura media de 20 °C. Se encuentra a una distancia de 167 km de Santiago de Cali. El Dovio cuenta con dos importantes ecosistemas estratégicos para la región del valle del Cauca como la serranía de los paraguas que también es un ecosistema estratégico a nivel mundial y la microcuenca el salto que es de vital importancia socioeconómica para los municipios de Roldanillo y El Dovio (Alcaldía de El Dovio, 2012).

Al Dovio lo riegan las aguas de los ríos Dovio, Peñones, Reyedó, Río Claro y el Río Garrapatas con todos sus afluentes. Renglones económicos principales son la agricultura y la ganadería. Los principales cultivos son (en orden descendente de área sembrada): café, caña panelera, plátano, cacao, banano, lulo, maracuyá, granadilla, mora, aguacate, arracacha, yuca, cebolla bulbo, tomate, pepino, pimentón, habichuela, frijol. (Alcaldía de El Dovio, 2012).

Tabla 4-11: Uso del suelo de las Fincas agroecológicas de El Dovio

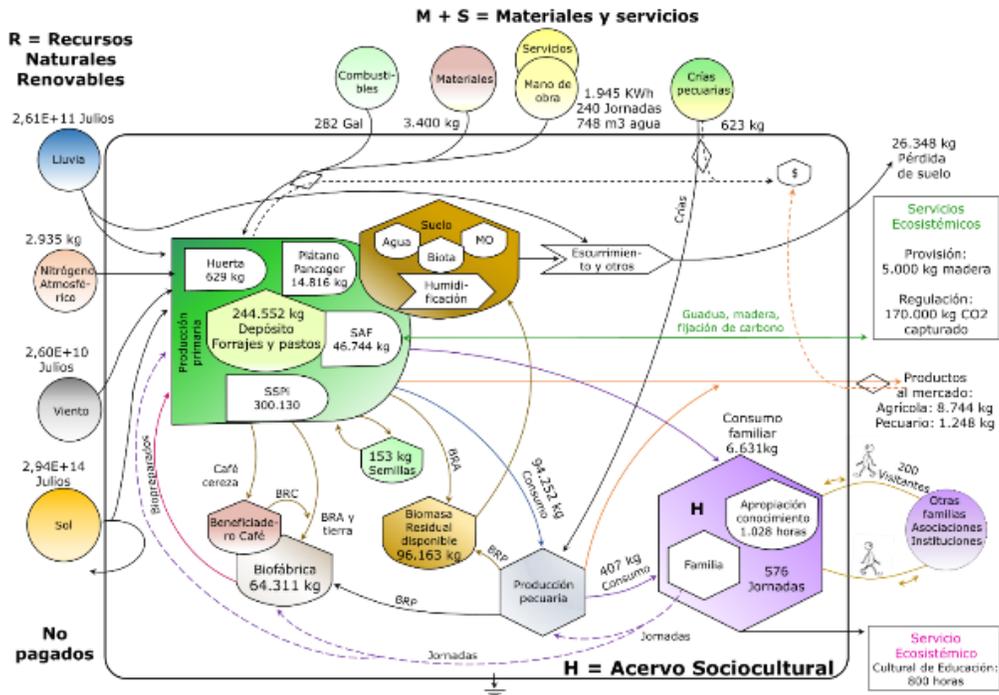
Finca	Principales áreas distribuidas en las Fincas (m ²)				
	Huerta	Frutales	Biofábrica	Área construida	Área pecuaria
Brisas-Miraflores	416	-	105	389	160
El Placer-Corbones	500	5.000	20	210	129

Fuente: Elaboración propia

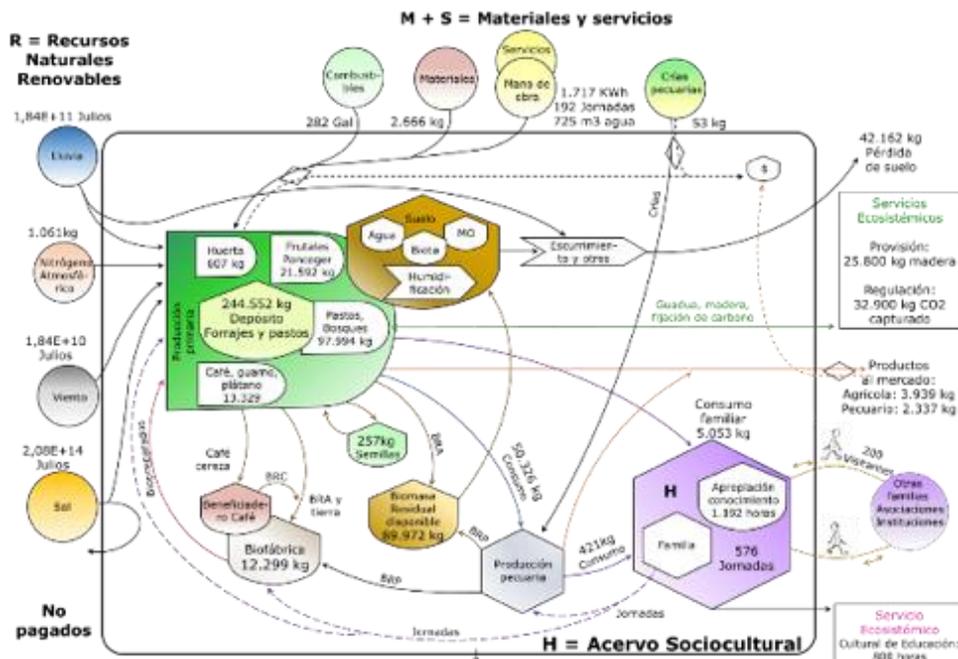
Los datos de campo para flujos emergéticos, en cuanto a materiales, energía e información de las 2 fincas de El Dovio, se representan gráficamente en los diagramas de flujo a continuación.

Figura 4-10: Diagrama de flujo de materiales, energía e información en las fincas a) Las Brisas-Miraflores y b) El Placer-Carbones (El Dovio)

a)



b)



Biomasa Residual de: Café (BRC), Agrícola (BRA), Pecuaria (BRP); SAF: Sistema Agroforestal, SSPi: Sistema Silvopastoril

Fuente:

Elaboración

propia

4.2 Síntesis emergética de Colombia

El sistema económico biofísico se compone de flujos de materia, energía e información con flujos de dinero a contracorriente. El sistema económico, en general, mira la economía como una circulación de dinero y bienes y servicios entre productores y consumidores ignorando son energías motrices y el ambiente. Desde un punto de vista biofísico, la energía y otros recursos impulsan la circulación de dinero y no es posible la circulación de dinero independientemente de los recursos. Por lo tanto, la economía monetaria está impulsada por fuentes renovables de flujo limitado y depósitos limitados de materia y combustibles fósiles. La economía neoclásica apoya la visión de que las complejidades de las economías de mercado del mundo no están sujetas a limitaciones termodinámicas y que la cantidad de dinero puede incrementarse indefinidamente mediante el uso de instrumentos económicos con poca o ninguna atención a las realidades biofísicas. Ha de considerarse que toda acción de gobierno con instrumentos económicos, están impulsadas por gastos energéticos. Esta energía se presenta en varias formas, la energía química no renovable de los combustibles y otros recursos minerales y las energías renovables de la geobiosfera (Brown & Ulgiati, 2010a). Tales análisis integrales para un territorio se realizan a través de la evaluación emergética de los países.

El análisis de emergencia de un territorio permite la relación del desarrollo económico con el cambio ambiental del mismo. Mide las contribuciones de la naturaleza a la economía de dicho territorio (Vivas & Brown, 2006). El análisis de los flujos de emergencia de un país representa la cantidad de energía utilizada en procesos naturales y que proporciona la base de recursos para la formación de la riqueza nacional y puede servir para calcular el saldo de emergencia y las tasas de intercambio de emergencia que el sistema nacional obtiene al importar y exportar productos y servicios (Coelho et al., 1998).

El análisis emergético de un país permitiría contribuir a la discusión de políticas públicas conducentes a la preservación de activos en "capital natural" y a la planificación de un eco-desarrollo en función de sus recursos humanos, de la infraestructura económica y de la capacidad de producción renovable de sus ecosistemas. (Coelho et al., 1998).

La evaluación emergética de Colombia se realiza para el año 2015 sobre el área total de la nación de 1,31 millones de Km², donde se incluye tanto área terrestre continental e insular y plataforma continental marítima. Territorio con 48.203.405 habitantes (DANE, 2017b). En la Tabla 4-12 columna tres, se agregan las contribuciones de energía con flujos propios de la nación debidas a:

- i. Factores ambientales externos, como insolación media de $5,41E+21$ J/año (UPME & IDEAM, 2005), precipitación pluvial media de 2.864 mm/año (IDEAM, 2015); vientos con velocidad media de 5m/s (UPME & IDEAM, 2006), entre otros.

- ii. Factores ambientales internos de la nación como: energía por caudal promedio de sus ríos de $63.700 \text{ m}^3/\text{s}$ (IDEAM, 2015), el potencial químico de ríos por sólidos disueltos de $7,09\text{E}+16 \text{ J/año}$, la energía geopotencial de dichos ríos de $1,69\text{E}+19 \text{ J/año}$ debida a la elevación media del relieve colombiano de 857 m, el flujo de calor del subsuelo de $1,61\text{E}+06 \text{ J/m}^2$, calculado con la metodología de (Sclater et al., 1980) para territorio colombiano.
- iii. Flujos de fuentes de energía renovables autóctonas o propias de la nación donde se contabiliza la energía de la producción agrícola, pecuaria, forestal y silvicultura de la nación y la generación de energía por hidroeléctricas $2,40\text{E}+17 \text{ J/año}$, energía generada en el parque eólico de Jeparachi en la Guajira ($2,46\text{E}+14 \text{ J/año}$) (UPME, 2016b), energía generada por biocombustibles en Colombia ($9,42\text{E}+15 \text{ J/año}$) (UPME, 2016b).
- iv. Flujos por fuentes de energía no renovables propios de la nación dados por la actividad minero energética ($2,79\text{E}+06 \text{ J/año}$ producidos por carbón, petróleo y Gas natural (UPME, 2016b); la extracción de minerales total de 17,8 millones de toneladas/año (UPME, 2016b) y la energía que conlleva pérdida de suelo de capa superficial y Materia orgánica por el uso del suelo colombiano en las áreas de cultivos transitorios, permanentes, bosques, área en Pastos, forrajes, malezas y rastrojo (186 millones de toneladas/año de pérdida de suelo con 5% de materia orgánica en promedio (DANE, 2016c). También se contabilizan dentro de este grupo de aportes de recursos no renovables de la nación la energía por el consumo de 1.030 millones de m de agua subterránea (IDEAM, 2015).
- v. Flujos de energía dados por las importaciones que se llevan a cabo en Colombia, registradas por (DIAN, 2015), donde están incluidos: $7,84\text{E}+06$ toneladas/año de productos agropecuarios, $9,12\text{E}+06$ toneladas/año combustibles; $3,77\text{E}+06$ toneladas/año de fertilizantes y agroquímicos de síntesis, entre otros.
- vi. Flujos de energía dados por las exportaciones que Colombia realiza, registradas por (DIAN, 2015), donde se incluyen: 2,08 millones de toneladas/año de productos agropecuarios, $1,2\text{E}+08$ toneladas/año de combustibles fósiles; 222 mil toneladas/año de fertilizantes y agroquímicos de síntesis; 167 mil toneladas/año de minerales preciosos y metales, entre otros.

4.2.1 Energía usada en Colombia e Índices energéticos

En primer lugar para la evaluación energética de Colombia, en la Tabla 4-12 se obtienen los flujos de energía, transformado a energía solar equivalente (sej) todos los flujos de energía arriba mencionados. En la columna sexta de la Tabla 4-12 se agregan los aportes energéticos medioambientales propios de la nación y los aportes

emergéticos debidos a las importaciones y exportaciones de Colombia. Las Transformidades de la columna cinco son los factores de conversión necesarios para transformar flujos de materia y energía a emergía. Estas Transformidades se referencian y explican en el Anexo E.

En segundo lugar para la evaluación emergética de Colombia, se dibuja el diagrama de sistemas de energía, Figura 4-11 llamado diagrama de informe resumen de flujos de EMERGIA para el sistema Colombia, el cual muestra una síntesis de la riqueza real de la nación. Este diagrama se elabora con los flujos de emergía organizados en la Tabla 4-13, de acuerdo a la nomenclatura internacional usada para la evaluación emergética de naciones (Odum, 1996; NEAD, 2012; Sweeney et al., 2007; Brown y Ulgiati, 2010b).

Finalmente la evaluación emergética de Colombia se expresa en índices emergéticos de la Tabla 4-13, los cuales permiten valorar la sostenibilidad de la nación y valorar el desempeño ambiental y socioeconómico comparativo con otras naciones. Adicionalmente, como grande herramienta, se obtienen las Transformidades propias de Colombia en cuanto a sus capacidades y funcionamiento económico, social. Las Transformidades propias de Colombia se calculan y enlistan en la sección 4.2.3, y utilizan en la valoración emergética de las fincas agroecológicas.

La evaluación emergética de Colombia permite apreciar la economía del país involucrando los ingresos de energía fundamentales, no comprados ni pagados, aportados por el sol, el viento, la lluvia, el calor del subsuelo, de olas, de mareas, de procesos geológicos, de pérdida de suelo, etc., dentro del territorio colombiano. De tal forma, se calcula y obtiene que para el año 2015 la emergía total utilizada por la economía del estado fue de $1,86 \text{ E}+24$ sej, donde el 54% de los flujos de emergía usada fueron aportados por los recursos naturales renovables. Comparando estos valores con anteriores evaluaciones energéticas de Colombia, registradas en (NEAD, 2012), $6,5\text{E}+23$ sej, con aporte renovable del 20,2% (para el año 2004); y $9,4\text{E}+23$ sej con aporte renovable 14,1% (para el 2008), indica en primer lugar que si hay correspondencia en los aumentos de emergía usada por el estado colombiano al paso de los años por el crecimiento de su actividad económica.

Respecto a la variación de porcentajes del aporte por recursos naturales renovables puede suponerse dos tesis complementarias: las características geofísicas y medioambientales de Colombia sugiere tomar como aporte Renovable las contribuciones ambientales por Potencial químico de lluvia y Geopotencial de ríos, de manera que la variabilidad de las precipitaciones pluviales en el territorio colombiano y por tanto de los caudales de los ríos del territorio entre los años 2004, 2008 y 2015 fueron evidentemente evaluadas en los valores de la emergía total usada para el país; también se presupone que la disponibilidad de información y acceso a ella para los cálculos ha ido mejorando con los años.

La Tabla 4-12 muestra que de todos los aportes de energía medioambientales renovables de Colombia, $1,97E+24$ sej, las contribuciones ambientales más importantes son por Potencial químico de lluvia y geopotencial de ríos con $1,01E24$ sej/año el cual representa el 51,35% de todos los aportes renovables del territorio colombiano. A este aporte se le asigna la letra R en la Tabla 4-13.

Tabla 4-12: Evaluación emergética de Colombia ^a

No	Ítem	Flujo	Unidad	Transformidad (sej/unidad)	Energía (E+20 sej)
Recursos Naturales Renovables					
1	Luz Solar	5,41E+21	J	1,00E+00	54,08
2	Lluvia, potencial químico	7,11E+18	J	3,05E+04	2.169,50
3	Lluvia, geopotencial	1,69E+19	J	4,7E+04	7.914,79
4	Viento, cinética	5,98E+18	J	2,45E+03	146,43
5	Olas	6,24E+17	J	5,10E+04	318,26
6	Marea	2,13E+16	J	7,37E+04	15,67
7	Ríos, potencial químico	7,09E+16	J	8,14E+04	57,69
8	Ríos, geopotencial	1,69E+19	J	4,70E+04	7.934,30
9	Ciclo de la tierra	1,84E+18	J	5,80E+04	1.065,94
Fuentes de Energía Renovables autóctonas					
10	Hidroelectricidad	2,40E+17	J	1,59E+05	380,92
11	Electricidad Eólica	2,46E+14	J	6,21E+04	0,15
12	Consumo de madera	7,82E+16	J	3,49E+04	27,30
13	Producción Agrícola	3,98E+17	J	2,00E+05	796,22
14	Producción Pecuaria	2,03E+16	J	2,00E+06	405,53
15	Pesca	4,07E+14	J	2,00E+06	8,14
16	Producción forestal y Silvicultura	8,44E+16	J	3,49E+04	29,45
17	Producción de Alcohol Combustible	9,42E+15	J	6,00E+04	5,65
Fuentes de Energía No Renovables autóctonas					
18	Gas Natural	1,04E+15	J	4,80E+04	0,50
19	Petróleo	8,16E+16	J	5,30E+04	43,23
20	Carbón	2,70E+18	J	3,40E+04	919,63
21	Minerales	1,78E+13	g	1,68E+09	298,22
22	Pérdidas del suelo	1,86E+14	g	1,68E+09	3.129,00
23	Perdida de suelo de capa superficial	6,83E+16	J	7,40E+04	50,54
24	Aguas subterráneas	5,10E+15	J	1,60E+05	8,16
Importaciones y fuentes externas					
25	Productos de la agricultura	9,17E+16	J	2,00E+05	183,48

26	Productos de la ganadería	1,15E+15	J	2,00E+06	22,97
27	Pesca	2,11E+12	J	2,00E+06	0,04
No	Ítem	Flujo	Unidad	Transformidad (sej/unidad)	Emergia (E+20 sej)
28	Silvicultura y extracción de madera	3,70E+13	J	2,00E+05	0,07
29	Papel / Cartón	8,27E+11	g	3,60E+09	29,77
30	Gas Natural	5,57E+11	J	4,80E+04	0,00
31	Derivados de derivados petróleo (gasolina)	4,40E+17	J	1,11E+05	488,90
32	Carbón	1,88E+14	J	3,40E+04	0,06
33	Minerales	4,71E+12	g	1,68E+09	79,07
34	Metales	3,36E+12	g	4,13E+09	138,76
35	Plásticos y Cauchos	4,47E+11	g	5,85E+09	26,14
36	Fertilizantes	3,75E+12	g	2,19E+10	820,52
37	Plaguicidas	2,33E+10	g	2,49E+10	5,81
38	Maquinaria y transporte	1,31E+12	g	6,70E+09	87,66
39	Productos terminados	1,05E+16	J	2,00E+06	210,31
40	Materiales de construcción	5,01E+12	g	2,08E+09	104,34
41	Productos agroindustriales	1,98E+16	J	8,50E+04	16,84
42	Servicios	5,41E+10	US\$	2,70E+12	1.459,56
Exportaciones					
43	Productos de la agricultura	2,18E+16	J	2,00E+05	43,68
44	Productos de la ganadería	1,30E+15	J	2,00E+06	25,94
45	Pesca	6,53E+12	J	2,00E+06	0,13
46	Papel / Cartón	2,18E+11	g	3,60E+09	7,85
47	Gas Natural	2,85E+16	J	4,80E+04	13,70
48	Petróleo	1,92E+18	J	5,30E+04	1.016,69
49	Derivados del Petróleo (gasolina)	1,99E+17	J	1,11E+05	220,81
50	Carbón, lignítico y turba	2,30E+18	J	3,40E+04	782,52
51	Minerales Preciosos	1,29E+11	g	1,68E+09	2,16
52	Metales	3,83E+10	g	1,66E+11	63,65
53	Plásticos y cauchos	5,11E+11	g	5,85E+09	29,89
54	Fertilizantes	1,81E+11	g	2,19E+10	39,63
55	Pesticidas y fungicidas	4,10E+10	g	2,19E+10	8,99
56	Maquinaria y transporte	3,39E+10	g	6,70E+09	2,27
57	Productos terminados	7,96E+16	J	2,00E+06	1.592,23
58	Servicios	5,94E+09	US\$	3,90E+12	231,77

Nota: a) Los cálculos en la obtención de los datos de la tabla y las referencias bibliográficas se encuentran en la memoria de cálculo en el Anexo E

Fuente: Elaboración propia, con base en NEAD, 2012

La producción Agrícola y producción pecuaria representan en conjunto el 72,7 % de las fuentes de energía renovables autóctonas, y la generación eléctrica por hidroeléctricas representa el 23,04%.

Dentro de los aportes energéticos por recursos No renovables dentro del sistema Colombia, los flujos por pérdidas de suelo es del 70,33% y por explotación de carbón del 20,67%, también se evidencia la actividad extractivista de minerales con un aporte de energía del 6,7%, siendo este porcentaje mayor a la extracción de petróleo y gas natural en el territorio.

Entre los flujos de energía por importaciones al país, los que más se destacan son los debidos a la importación de combustibles fósiles (gas, petróleo y sus derivados) que representan el 22,08%, la importación de fertilizantes y agroquímicos de síntesis que representan el 37,31% y servicios del estado para las importaciones que representan el 65,9% de las importaciones totales. Los altos porcentajes por importaciones de agroquímicos de síntesis reflejan la creciente dependencia de fuentes externas para el agro colombiano.

Entre los flujos energéticos por exportaciones colombianas se destacan los debidos a la exportación de productos terminados con 41,36%; la exportación de petróleo y sus derivados con 32,50%, y exportación de carbón con 20,32 %. Los servicios asociados a las exportaciones del estado representaron el 88% del total de las exportaciones de estado. (Se usa mas Energía en servicio de exportación) Cabe destacar los direccionamientos de política pública para el país reflejado en los flujos energéticos que representan las exportaciones agropecuarias con 1,81%, y las exportaciones de metales y minerales preciosos con 1,71%.

La Tabla 4-13, presenta el resumen de los flujos de energía agregados de los flujos individuales para obtener las partidas individuales que se utilizan tanto para hallar la energía de Colombia para año, como los índices energéticos para una visión general de Colombia. La tercera columna guía las partidas individuales de energía que fueron sumadas, según el número de fila asignado en la Tabla 4-12.

Tabla 4-13: Informe de los flujos de energía agregados. Energía de Colombia 2015. Índices energéticos para una visión general de Colombia

Expresión	Nombre del Ítem	Organización de flujos en base a Tabla 4-12	Energía Solar	Unidad
R ^a	Fuentes renovables (lluvia, marea, ciclo de tierra)	Suma de flujos de las líneas 2 y 8	1,01E+24	sej
N0	Fuentes rurales dispersas	Suma de flujos de las líneas 15, 16, 22, 23 y 24	32,3 E+22	sej
N1	Uso concentrado	Suma de flujos de las líneas 10, 11, 18, 19, 20 y 21	16,4 E+22	sej
N2	Exportados sin uso	Suma de flujos de las líneas 47 a 52	21,0 E+22	sej
N	Recursos no renovables del País	Suma de flujos de N0 + N1 + N2	69,7 E+22	sej
F(i)	Minerales y combustibles importados	Suma de flujos de las Líneas 30, 31, 32 y 34	6,3 E+22	sej
G(i)	Bienes importados	Suma de flujos de las líneas 25 a 29, 33 y 35 a 41	15,9 E+22	sej
I(\$)	Dinero por servicios importados	Flujo de la línea 42 columna 3	5,41E+10	US\$
P2I	Servicios en importación de bienes y combustibles	Flujo de la línea 42 columna 5	14,6 E+22	sej
E(\$)	Dinero por servicios exportados	Flujo de la línea 58 columna 3	5,94E+09	US\$
P1E	Bienes y servicios exportados	Flujo de la línea 58 columna 5	2,32 E+22	sej
PIB	Producto Interno Bruto		8,01E+14	COP\$
Energía e Índices energéticos				

	Nombre del Índice	Expresión	Cantidad	Unidad
1	Flujos de energía importados	$F(i) + G(i) + P2I$	3,67 E+23	sej
2	Entrada total de energía incorporada	$N + R + F(i) + G(i) + P2I$	2,07 E+24	sej
3	Energía total usada, U	$U = R + N0 + N1 + F(i) + G(i) + P2I$	1,86 E +24	sej

Expre sión	Nombre del Ítem	Organización de flujos en base a Tabla 4-12	Emergia Solar	Unidad
4	Fracción renovable utilizada	R / U	0,54	
5	Fracción de servicio importado	$P2I / U$	0,08	
6	Uso de emergia por unidad de área	$U / \text{Área}$	1,42 E+12	sej/m ²
7	Uso de emergia por persona	$U / \text{Población}$	3,87 E+16	sej/ persona
8	Relación emergia usada por dinero	$P1 = U / \text{PIB COP\$}$	2,33 E+09	sej/COP\$
9	EYR	$EYR = U / \text{IMP}$	5,07	sej emergia usada/ sej emergia importada
10	ELR	$ELR = (\text{IMP} + N0 + N1) / R$	0,85	sej emergia no renovable/ sej emergia Renovable
11	ESI	$ESI = 1 / (EYR - 1)$	0,25	

Nota:

a) Aplicando el procedimiento de la Figura 3-3, para un país costero

Fuente: Elaboración propia, con base en NEAD, 2012

Al comparar la fracción renovable de Colombia de 0,54 (Tabla 4-12) con la fracción renovable de países industrializados como Alemania con 0,002, EE.UU con 0,024 y China con 0,020 (NEAD, 2012), se observan considerables diferencias en cuanto la disponibilidad de recursos naturales como riqueza de país. Además Colombia presenta el índice ESI con valor de 0,25 (Tabla 4-12), mientras que los otros países el ESI es menor a 0,09 (NEAD, 2012), lo cual indica elevado uso de energía no renovable, altas importaciones de energía y materiales comprados, y grande estrés ambiental en Alemania, EE.UU y China. En referencia a las economías de país, un ESI bajo indica economías altamente desarrolladas orientadas a los "consumidores", y un alto ESI es indicativo de economías que han sido denominadas "subdesarrolladas" (M T Brown & Ulgiati, 1997)

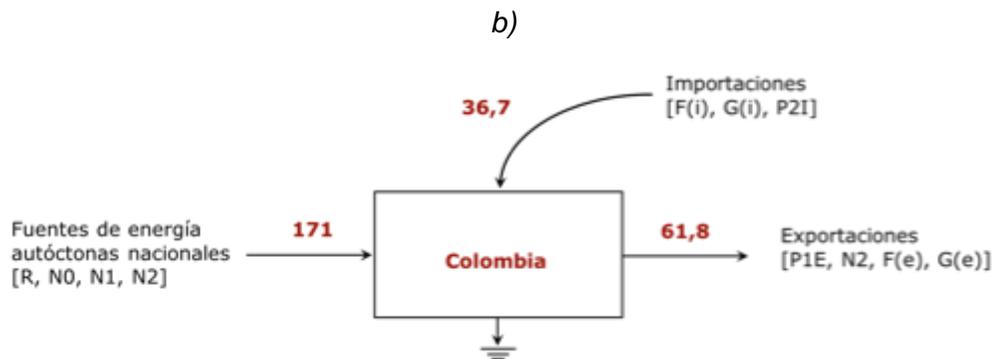
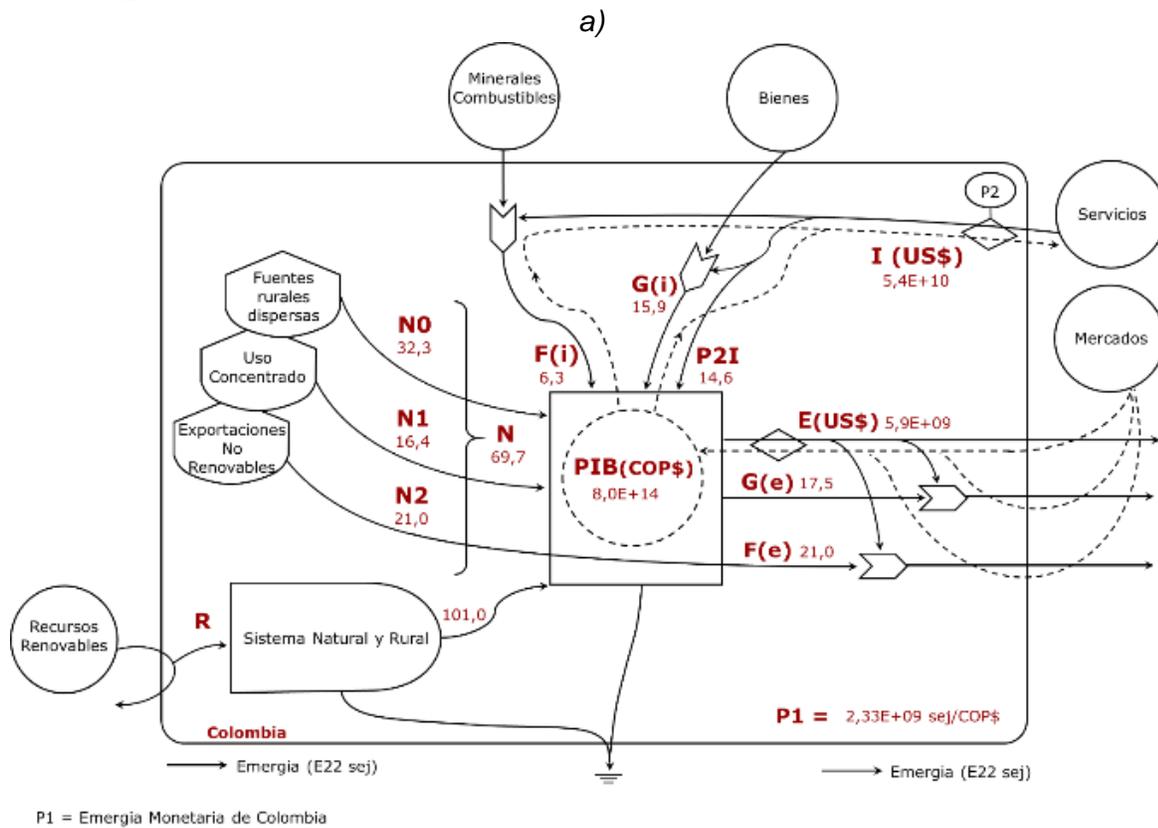
En este sentido, Brown Ulgiati 1997, también plantean que las economías de país que tienen las tasas de sostenibilidad ESI más bajas (Alemania, EE.UU y China), tienen más que perder a largo plazo, dado que la disponibilidad de energía y materiales no renovables, disminuye en el futuro. En esencia, el ESI es inversamente proporcional al 'estado de desarrollo económico', lo que indica que a corto plazo la población colombiana

no necesariamente estará "mejor" que los alemanes, estadounidenses o chinos, pero a largo plazo, su economía es posiblemente más sostenible. Lastimosamente, las implicaciones para las decisiones políticas se basan en la disposición del sistema económico para tomar decisiones en el corto plazo, más que a largo plazo. Tal vez estos índices de emergia, ayudarán al proceso de decisión y a proporcionar objetivos de sustentabilidad cuantificables.

La segunda parte de la Tabla 4-13 presenta los de índices de Emergia para Colombia, que representan diversos aspectos de la condición del Territorio y que facilitan la comparación con otras naciones. Sin embargo, lo más importante de los resultados hallados en la Evaluación de emergia para Colombia es que su valor U igual a $1,86E+24$ sej/año, sus índices emergéticos y las Transformidades halladas para las diferentes áreas de actividad socioeconómica del país, son valores "de identidad nacional", totalmente contextualizados en espacio y tiempo. Estos valores representan un aporte valiosísimo de este estudio pues permite una visión generalizada de Colombia 2015 y una puerta abierta para estudios en emergia en el territorio colombiano usando bases de datos actualizadas (en algunos casos no publicadas) y verificables.

Como producto de un análisis emergético, las nuevas Transformidades para los productos pueden utilizarse en otros análisis; de manera que la colección de Transformidades conocidas crece, y los análisis de emergia posteriores se vuelven más precisos. (Abel, 2010. p.1.). Así que para el caso colombiano, los resultados obtenidos en este estudio, contribuyen a disipar buena parte de la prevención trazada por (Sweeney et al., 2007), cuando, en los comparativos de evaluación emergética para 134 países, advierten que no se han estandarizado los procesos de recopilación de datos brutos necesarios de la evaluación y la aplicación de conversiones de energía constantes y valores de emergia unitaria (UEVs, o Transformidades) para traducir flujos físicos a unidades de emergia. Además, las incoherencias entre las fuentes de datos a nivel nacional pueden confundir el análisis comparativo entre las naciones.

Figura 4-11: Diagrama resumido de los flujos de Energía (E+22 sej) de Colombia año 2015.



a) Diagrama agregado; b) diagrama de tres brazos agregado con tres flujos: recursos autóctonos nacionales, importaciones y exportaciones

Fuente: Elaboración propia, con base en NEAD 2012

4.2.2 Acervo sociocultural de Colombia

Además de la información genética heredada, tanto los seres humanos como otros organismos sociales tienen la capacidad de desarrollar y utilizar la información aprendida individualmente y en la organización social con los grupos con quien interactúa, definiendo la información aprendida en la sociedad como su cultura (Doherty et al., 1993, p.84).

Odum (1996a, p.235) define la cultura como la información compartida de una sociedad humana en la que opera, y propone la evaluación de la emergencia calculando sobre la base de los insumos y el tiempo necesario para el desarrollo cultural, considerando que la información humana evoluciona y se almacena en dos formas: información cultural compartida y flujo de memoria de información. Para cada una de estas formas de información, se investigaron 2 categorías de emergencia solar: i) la emergencia necesaria para mantener la información y ii) la emergencia requerida para generar la información. En primer lugar, se enfatiza que la emergencia solar que soporta los flujos anuales de información y los depósitos a largo plazo en estado estacionario es la base anual de recursos renovables (R) del territorio a evaluar.

Por tanto los datos de la Tabla 4-14 sobre los datos del metabolismo humano diario, las expectativas de vida, la edad reproductiva, el tiempo de retorno de las generaciones y las horas de la población dedicadas a actividades culturales y sociales se derivaron de los anuarios colombianos (referenciados en la última columna de la tabla).

La organización de la anterior información en la tabla y los resultados en términos de energía y de emergencia para las realidades colombianas en el año 2015, permiten: en primer lugar, recrear la perspectiva (en Julios y Sejulios) sobre utilización de recursos para la creación y mantenimiento de información en el pueblo Colombiano; y en segundo lugar deducen valores unitarios de emergencia (UEVs) ó Transformidades colombianas del Acervo sociocultural colombiano de soporte para la evaluación y análisis de emergencia en las fincas del presente estudio.

Las Transformidades aquí obtenidas (enlistadas en la Columna 5, se utilizaron en la evaluación del componente H (Acervo Sociocultural), en los subflujos H1, H2 y H3 de los territorios agroecológicos del Valle del Cauca evaluados en el presente estudio.

Tabla 4-14: Evaluación emergética del Acervo Sociocultural de Colombia

Nota	Ítem	Flujo de Energía anual (sej/año)	Flujo de Energía (J/año)	Transformidad Solar (sej/J)
1	Recursos renovables de Colombia	1,01E+24 ^a	-	-
2	Metabolismo Humano	1,01E+24	1,84E+17	5,49E+06
3	Flujo por interacción social y aprendizaje	1,01E+24	1,84E+16	5,49E+07
4	Flujo de memoria de información anual por Población	1,01E+24	5,36E+11	1,89E+12
Almacenamiento en estado estable para Colombia				
Nota	Ítem	(sej)	(J)	(sej/J)
5	Energía almacenada en Población en una generación	5,99E+25	1,51E+16	3,96E+09
6	Información de la cultura en 10 generaciones	5,99E+26	1,51E+15	3,96E+11
7	Almacenamiento Memoria de información Población (con tiempo renovación 100.000 años)	1,70E+27	3,18E+13	5,36E+13

Notas:
a) Dato en Tabla 4-13

Memoria de cálculo de la Tabla 4-14:**2 Metabolismo Humano**

Población de Colombia =	4,82E+07	hab	(DANE, 2017b)
Energía Metabolismo Basal Humano =	2.500	kcal/hab.día	
Factor de conversión =	4.186	J/kcal	
Energía =	$(4,82E+07 \text{ hab}) * (2500 \text{ kcal/hab.día}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (365 \text{ días/año})$		
Energía =	1,84E+17	J / año	

3 Flujo de Información

Energía Flujo de Metabolismo Humano =	1,84E+17	J/año
Porcentaje del metabolismo humano para la interacción social y el aprendizaje de información =	10	%
Energía =	$(1,84E+17 \text{ J/año}) * 0,1$	
Energía =	1,84E+16	J / año

4 Flujo de memoria de información anual

DNA Humano =	2,1	mg DNA/g Materia Seca humano
Materia seca en Ser Humano =	20	% del peso vivo (Howard T Odum, 1996)
Peso promedio humano =	75	Kg
Factor de conversión =	0,001	g DNA/mg DNA
Población =	4,82E+07	Hab (DANE, 2017b)
Energía disolución =	5	kcal/g
Factor de conversión =	4.186	J/kcal
Energía Memoria de la información =	<i>(2,1 mg DNA/g MS humano) * 0,2 * 75 kg * (0,001 g DNA/mg DNA) * (4,82E+07 hab) * (5 kcal/g) * (4.186 J/kcal)</i>	
Energía Memoria de la información =	3,18E+13	J DNA humano/año
Expectativa promedio de vida Colombia =	75,3	años (DANE, 2007)
Edad reproductiva =	16	años
Tiempo renovación por año =	75,3 años – 16 años	
Tiempo renovación por año =	59,3	años
Tiempo renovación por año =	1 años / (59,3 años)	
Tiempo renovación por año =	0,02	años/año
Energía =	<i>(3,18E+13 J DNA humano/año) * (0,02 años/año)</i>	
Energía =	5,36E+11	J / año

5 Energía almacenada en Población

Población =	4,82E+07	habitantes /año (DANE, 2017b)
Materia seca en Ser Humano =	20 %	del peso vivo
Peso promedio humano =	75	kg
Factor de conversión =	1000	g Materia seca Humano/ kg Materia seca Humano
Energía disolución =	5	kcal/g
Factor de conversión =	4186	J / kcal
Energía =	<i>(4,82E+07 hab/año) * 0,2 * 75 kg * (1.000g MS humano/ kg MS humano) * (5 kcal/g)</i>	
Energía =	1,51E+16	J
Energía almacenada de la población =	<i>Energía Recursos Renovables * Tiempo de Renovación de población</i>	
Energía almacenada de la población =	<i>(1,97E+24 sej/año) * (59,3 años)</i>	

Energía almacenada de la población = 5,99E+25 sej

6 Información de la cultura

Energía almacenada en Población = 1,51E+16 J

% de Energía almacenada en Población = 10 %

Energía para interacción social y aprendizaje para la cultura = $(1,51E+16 \text{ J}) * 0,10$

Energía para interacción social y aprendizaje para la cultura = 1,51E+15 J

Energía almacenada de la Información de la cultura = *Energía Recursos Renovables * 10 generaciones * Tiempo de reposición de población*

Energía almacenada de la Información de la cultura = $(1,97E+24 \text{ sej/año}) * 10 \text{ generaciones} * 59,3 \text{ años}$

Energía almacenada de la Información de la cultura = 5,99E+26 sej

7 Almacenamiento de memoria de información (Portador de Información)

ADN en Ser Humano = 2,1 mg ADN / g Materia Seca en humano

Materia seca en Ser Humano = 20 % del peso vivo

Peso promedio humano = 75 kg

Población = 4,82E+07 habitantes

Energía disolución = 5 kcal/g

Energía almacenada por memoria de Información en población = $(2,1 \text{ mg ADN/g MS}) * 0,2 * (75 \text{ kg}) * (4,82E+07 \text{ hab}) * (1.000 \text{ g MS/ kg MS}) * (5 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (0,001 \text{ g/mg})$

Energía almacenada por memoria de Información en población = 3,18E+13 J

Tiempo estimado diferencias genéticas de los stock precursores = 100.000 años

Numero Generaciones por 100 años = $(100 \text{ años}) / (59,3 \text{ años/generación})$

Numero Generaciones por 100 años = 1,7 Generaciones en 100 años

Energía almacenada por memoria de Información en población = $(1,01E+24 \text{ sej/año}) * (1,7 \text{ Generaciones./100 años}) * (100.000 \text{ años})$

Energía almacenada por memoria de Información en población = 1,70E+27 sej para 1.700 generaciones

4.2.3 Transformidades emergéticas para el territorio colombiano (T)

La Tabla 4-15, representa los aspectos de las condiciones autóctonas del territorio colombiano en Unidades de Valor de Emergia UEVs o Transformidades, en sus actividades agropecuarias, de silvicultura y biodiversidad, servicios públicos y saneamiento, políticas laborales y educativas del país, características poblacionales y recursos energéticos. Estos valores de UEVs, son instrumento esencial para determinar la Evaluación emergética de las Fincas Agroecológicas en el presente estudio. De esta forma el desempeño y funcionamiento de las fincas de estudio es evaluado dentro del marco del sistema económico y cultural en el territorio colombiano.

Tabla 4-15: Transformidades (T) o Valores de Emergia por Unidad UEVs para el territorio colombiano

No.	Ítem	Valor de Transformidad	Unidad
T1	Energía Monetaria de Colombia	2,33E+09	sej/COP\$
T2	Relación Energía población	3,87E+16	sej/persona
T3	Transformidad de biodiversidad	1,53E+22	sej/especie
T4	Transformidad por Energía Eléctrica	7,78E+06	sej/J
T5	Transformidad por energía de población Colombiana	1,23E+08	sej/J
T6	Transformidad por jornada laboral	3,25E+14	sej/jornada
T7	Transformidad agua azul	2,37E+11	sej/m ³
T8	Transformidad productos Agrícolas	4,53E+13	sej/kg
T9	Transformidad productos Pecuarios	3,77E+14	sej/kg
T10	Transformidad productos Agropecuarios	4,04E+13	sej/kg
T11	Transformidad biomasa residual Agrícola	5,62E+15	sej/kg
T12	Transformidad biomasa residual Pecuaria	1,77E+13	sej/kg
T13	Transformidad biomasa residual Agropecuaria	1,76E+13	sej/kg
T14	Transformidad para nivel de profundización técnica SENA	1,21E+17	sej/h
T15	Transformidad nivel de formación Tecnólogo SENA	1,45E+16	sej/h
T16	Transformidad nivel de formación Tecnólogo Universitaria	8,45E+15	sej/h
T17	Transformidad nivel de formación Universitaria Pregrado	1,46E+15	sej/h
T18	Transformidad nivel de formación Universitaria Especialización	2,51E+16	sej/h
T19	Transformidad nivel de formación Universitaria Maestría	5,71E+16	sej/h
T20	Transformidad capacidades Colombianas para formación de todos los titulados en diferentes Niveles Educativos	1,06E+15	sej/h
T21	Transformidad Carbón Colombiano	2,18E+13	sej/kg
T22	Transformidad Semillas en Colombia	2,97E+14	sej/kg

T23	Transformidad agropecuaria incluyendo especies nativas	3,99E+13	sej/kg
T24	Transformidad carne de pollo en Colombia	2,16E+08	sej/J
T25	Transformidad carne de cerdo en Colombia	2,44E+08	sej/J
T26	Transformidad carne de pescado en Colombia	1,91E+09	sej/J
T27	Transformidad carne de bovino en Colombia	3,29E+08	sej/J
T28	Metabolismo Humano*	5,49E+06	sej/J
T29	Flujo por interacción social y aprendizaje ^a	5,49E+07	sej/J
T30	Flujo de memoria de información*	1,89E+12	sej/J

a: Valor obtenido en memoria de cálculo de la Tabla 4-14.

Para el cálculo de las siguientes Transformidades, se utiliza la Emergia Total Usada de Colombia $U = 1,86E+24$ sej (Tabla 4-13).

Fuente: Elaboración propia

T1 Transformidad Emergia Monetaria Colombiana

$$\begin{aligned} \text{PIB} &= 2,20E+18 \quad \text{US\$} \quad (\text{DANE, 2016. p. 1}) \\ \text{T1} &= (1,86E+24 \text{ sej}) / (2,20E+18 \text{ US\$}) \\ \text{Transformidad colombiana (T1)} &= 2,33E+09 \quad \text{sej/US\$} \end{aligned}$$

T2 Relación Emergia población

$$\begin{aligned} \text{Población Total Colombia} &= 4,82E+07 \quad \text{hab} \quad (\text{DANE, 2017b}) \\ \text{Transformidad colombiana (T2)} &= (1,86E+24 \text{ sej}) / (4,82E+07 \text{ hab}) \\ \text{Transformidad colombiana (T2)} &= 3,87E+16 \quad \text{sej/hab} \end{aligned}$$

T3 Transformidad de biodiversidad

$$\begin{aligned} \text{Emergia Recursos Renovables R de Colombia} &= 1,01E+24 \quad \text{sej/año} \quad \text{Tabla 4-13} \\ \text{Biodiversidad} &= 6,42E+04 \quad \text{especies} \quad (\text{SIB, 2016}) \\ \text{Tiempo de reposición} &= 500 \quad \text{años} \quad (\text{Howard T Odum, 1996}) \\ \text{Transformidad colombiana (T3)} &= (1,01E+24 \text{ sej/año}) * (500 \text{ años}) / (6,42E+04 \text{ especies}) \\ \text{Transformidad colombiana (T3)} &= 7,86E+21 \quad \text{sej/especie} \end{aligned}$$

T4 Transformidad por Energía Eléctrica

$$\text{Generación E. Eléctrica} = 6,65E+04 \quad \text{GWh} \quad (\text{UPME, 2016. p 18})$$

T5 Transformidad por energía de población

Energía humana almacenada en población Colombiana =	1,51E+16	J	Tabla 4-14
Transformidad colombiana (T5) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (1,51E+16 \text{ J})$		
Transformidad colombiana (T5) =	1,23E+08	sej/J	

T6 Transformidad por jornada laboral

Población Económicamente Activa =	2,37E+07	Personas	(DANE, 2015)
Jornadas laborales en Colombia =	242	jornadas/persona	1 día de trabajo = 1 jornada de trabajo
Transformidad colombiana (T6) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / [(242 \text{ jornadas/persona}) * (2,37E+07 \text{ personas})]$		
Transformidad colombiana (T6) =	3,25E+14	sej/jornada	

T7 Transformidad agua azul

Oferta hídrica superficial =	2,01E+12	m ³	(IDEAM, 2015. p. 65)
Oferta hídrica subterránea =	5,85E+12	m ³	(IDEAM, 2015. p. 125)
Total oferta hídrica =	$(2,01E+12 \text{ m}^3) + (5,85E+12 \text{ m}^3)$		
Total oferta hídrica =	7,86E+12	m ³	
Transformidad colombiana (T7) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (7,86E+12 \text{ m}^3)$		
Transformidad colombiana (T7) =	2,37E+11	sej/m ³	

T8 Transformidad productos Agrícolas

Productos agrícolas, forestal y silvicultura =	4,12E+10	Kg	(BIRF-AIF et al., 2015); (SAC, 2016)
Transformidad colombiana (T8) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (4,12E+10 \text{ kg})$		
Transformidad colombiana (T8) =	4,53E+13	sej/kg	

T9 Transformidad productos Pecuarios

Producción pecuaria =	4,84E+06	T	(SAC, 2016)
Cantidad productos pescados =	9,72E+04	T	(FEDEACUA, 2014)

Productos Pecuarios =	$(4,84E+06 t + 9,72E+04 t) * (1000 kg/t)$	
Productos Pecuarios =	4,94E+09	Kg
Transformidad colombiana (T9) =	$(1,86E+24 sej) / (4,94E+09 kg)$	
Transformidad colombiana (T9) =	3,77+14	sej/kg

T10 Transformidad productos Agropecuarios

Productos Agrícolas, forestal y silvicultura =	4,12E+10	Kg	(BIRF-AIF et al., 2015); (SAC, 2016)
Productos Pecuarios =	4,94E+09	Kg	SAC, 2016); (FEDEACUA, 2014)
Productos Agropecuarios =	$(4,12E+10 kg) + (4,94E+09 kg)$		
Productos Agropecuarios =	4,61E+10	Kg	
Transformidad colombiana (T10) =	$(1,86E+24 sej) / 4,61E+10 kg)$		
Transformidad colombiana (T10) =	4,04E+13	sej/kg	

T11 Transformidad biomasa residual Agrícola

Biomasa residual Agrícola =	3,32E+08	Kg	(UPME et al., 2013)
Transformidad colombiana (T11) =	$(1,86E+24 sej) / (3,32E+08 kg)$		
Transformidad colombiana (T11) =	5,62E+15	sej/kg	

T12 Transformidad biomasa residual Pecuaria

Biomasa residual Pecuaria =	1,05E+11	Kg	(UPME et al., 2013)
Transformidad colombiana (T12) =	$(1,86E+24 sej) / (1,05E+11 kg)$		
Transformidad colombiana (T12) =	1,77E+13	sej/kg	

T13 Transformidad biomasa residual Agropecuaria

Biomasa residual Agropecuaria =	1,06E+11	kg	(UPME et al., 2013)
Transformidad colombiana (T13) =	$(1,86E+24 sej) / (1,06E+11 kg)$		
Transformidad colombiana (T13) =	1,76E+13	sej/kg	

T14 Transformidad para nivel de profundización técnica SENA

Títulos profundización técnica y tecnólogo otorgados por SENA =	63.794	personas	(Ministerio de Educación, 2016)
% de personas formadas en el SENA en profundización técnica =	55	%	(SENA, 2016. p. 36)
Títulos otorgados a nivel de profundización técnica SENA =	35.087	personas	
Tiempo de trabajo en la formación =	440	h/persona	(SENA, 2012)
Transformidad colombiana (T14) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (35087 \text{ personas} * 440 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T14) =	1,2E+17	sej/h	

T15 Transformidad nivel de formación Tecnólogo SENA

Títulos profundización técnica y tecnólogo otorgados por SENA =	63.794	Personas	(Ministerio de Educación, 2016)
Porcentaje de personas formadas en el SENA en tecnólogo	34	%	(SENA, 2016. p. 36)
Títulos otorgados a nivel de tecnologías SENA =	21.690	Personas	
Tiempo de trabajo en la formación =	5.920	h/persona	(SENA, 2012)
Transformidad colombiana (T15) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (21.690 \text{ personas} * 5.920 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T15) =	1,5E+16	sej/h	

T16 Transformidad nivel de formación Tecnólogo Universitaria

Títulos otorgados en Tecnólogo Universitario =	50.252	Personas	(Ministerio de Educación, 2016)
Tiempo de trabajo en la formación =	4.390	h/persona	(SENA, 2012)
Transformidad colombiana (T16) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (50.252 \text{ personas} * 4.390 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T16) =	8,45E+15	sej/h	

T17 Transformidad nivel de formación Universitaria Pregrado

Títulos otorgados de educación Universitaria Pregrado =	158.607	personas	(Ministerio de Educación, 2016)
Tiempo de trabajo en la formación =	8.073	h/persona	
Transformidad colombiana (T17) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (158.607 \text{ personas} * 8.073 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T17) =	1,5E+15	sej/h	

T18 Transformidad nivel de formación Universitaria Especialización

Títulos otorgados de educación Universitaria Especialización =	59.449	personas	(Ministerio de Educación, 2016)
Tiempo de trabajo en la formación =	1.248	h/persona	
Transformidad colombiana (T18) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (59.449 \text{ personas} * 1.248 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T18) =	2,5E+16	sej/h	

T19 Transformidad nivel de formación Universitaria Maestría

Títulos otorgados de educación Universitaria Maestría =	11.342	personas	(Ministerio de Educación, 2016)
Tiempo de trabajo en la formación =	2.877	h/persona	Ley 1188 de 2008
Transformidad colombiana (T19) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (11.342 \text{ personas} * 2.877 \text{ h/persona})$		
Transformidad colombiana (T19) =	5,7E+16	sej/h	

T20 Transformidad capacidades Colombianas para formación de todos los titulados en diferentes Niveles Educativos

Total tiempo usado en Colombia para la formación de todos los titulados en diferentes Niveles Educación (horas)	1,75E+09	h	Ley 1188 de 2008,; Decreto 1295 2010,; Universidad del Valle (2001)
Transformidad colombiana (T20) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (1,75E+09 \text{ h})$		
Transformidad colombiana (T20) =	1,06E+15	sej/h	

T21 Transformidad Carbón Colombiano

Producción de carbón =	8,55E+07	T	(UPME, 2016b)
Producción de carbón =	8,55E+10	Kg	
Transformidad colombiana (T21) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (8,55E+10 \text{ kg})$		
Transformidad colombiana (T21) =	2,18E+13	sej/kg	

T22 Transformidad Semillas en Colombia

Producción en Colombia:			(DANE, 2016c)
Frijol =	5,04E+07	Kg	
Maíz =	6,31E+08	Kg	
Otros cereales =	1,62E+08	Kg	
Yuca =	3,93E+08	Kg	
Caña panelera =	1,00E+09	Kg	
Caña azucarera =	1,76E+07	Kg	
Tomate =	3,45E+08	Kg	
Cebolla =	5,24E+08	Kg	
Zanahoria =	1,65E+08	Kg	
Otras hortalizas =	3,58E+08	Kg	
Haba =	2,95E+06	Kg	
Papa=	2,58E+09	Kg	
Arveja =	1,05E+07	Kg	
Arracacha =	2,23E+07	Kg	
Tabaco =	1,41E+07	Kg	
Total producción =	6,28E+09	Kg	
Transformidad colombiana (T22) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / 6,28E+09 \text{ kg}$		
Transformidad colombiana (T22) =	2,97E+14	sej/kg	

T23 Transformidad agropecuaria incluyendo especies nativas

Productos Agrícolas =	4,12E+10	Kg	(SAC, 2016); BIRF-AIF, DNP, MADR, & PROFOR, 2015)
Productos Pecuarios (avícola, bovino, porcino) =	4,84E+09	Kg	(SAC, 2016)
Productos acuícolas =	9,72E+07	Kg	(FEDEACUA, 2014)
Otros productos pecuarios =	6,28E+08	Kg	http://sac.org.co/es/
TOTAL Productos Agropecuarios =	4,67E+10	Kg	
Transformidad colombiana (T23) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (4,67E+10 \text{ kg})$		
Transformidad colombiana (T23) =	3,99E+13	sej/kg	

T24 Transformidad carne de pollo en Colombia

Producción avícola =	1,42E+09	Kg	(Ávila, 2016)
Energía contenida =	6,07E+06	J/kg	
Energía de carne en canal avícola =	$(1,42E+09 \text{ kg}) * (6,07E+06 \text{ J/kg})$		
Energía de carne en canal producción avícola =	8,65E+15	J	
Transformidad colombiana (T24) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (8,65E+15 \text{ J})$		
Transformidad colombiana (T24) =	2,16E+08	sej/J	

T25 Transformidad carne de cerdo en Colombia

Beneficio de producción porcina =	3,11E+08	kg	(Asoporcicultores - FNP, 2016)
Energía contenida =	2,46E+07	J/kg	
Energía de carne en beneficio de producción porcina =	$(3,11E+08 \text{ kg}) * (2,46E+07 \text{ J/kg})$		
Energía de carne en beneficio =	7,65E+15	J	
Transformidad colombiana (T25) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (7,65E+15 \text{ J})$		
Transformidad colombiana (T25) =	2,44E+08	sej/J	

T26 Transformidad carne de pescado en Colombia

Producción piscícola =	1,03E+08	Kg	http://www.fedeacua.org
Energía contenida =	9,46E+06	J/kg	
Energía de producción piscícola =	$(1,03E+08 \text{ kg}) * (9,46E+06 \text{ J/kg})$		
Energía de producción piscícola =	9,75E+14	J	
Transformidad colombiana (T26) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (9,75E+14 \text{ J})$		
Transformidad colombiana (T26) =	1,91E+09	sej/J	

T27 Transformidad carne de bovino en Colombia

Carne ganado bovino en canal =	7,65E+08	Kg	(DANE, 2016d)
Energía contenida =	7,41E+06	J/kg	
Energía de carne ganado bovino =	$(7,65E+08 \text{ kg}) * (7,41E+06 \text{ J/kg})$		
Energía de carne ganado bovino =	5,67E+15	J	
Transformidad colombiana (T27) =	$(1,86E+24 \text{ sej}) / (5,67E+15 \text{ J})$		
Transformidad colombiana (T27) =	3,29E+08	sej/J	

4.3 Valoración del Acervo sociocultural en términos de emergencia para las fincas agroecológicas en estudio

El flujo continuo de emergencia por Acervo sociocultural (H), las contribuciones de 5 flujos, donde los cuatro primeros, son dados por la familia o población permanente, que vive y administra la finca. La permanencia dentro de la granja, permite que los miembros de la familia tengan conocimiento, experiencia, observancia permanente y cuidado con el ambiente circundante durante el diseño y la administración del agrosistema. Esta actividad contribuye a la emergencia del Acervo como flujo H1.

Los flujos H2 y H3, están dados por el uso de la energía para el intercambio de información y el aprendizaje y la transmisión del pensamiento agroecológico de generación en generación. Se refleja en la actividad que la familia desarrolla al interactuar con: vecinos, organizaciones especializadas en agroecología, sector público, asociaciones agroecológicas, consumidores de sus productos (los que compran en los mercados agroecológicos) y otras instituciones enseñanza superior. En este último caso existen diferentes formas de relaciones, tales como: pasantías de estudiantes dentro de las fincas, atención de visitas académicas y formulación de proyectos conjuntos entre universidades y asociaciones agroecológicas para la obtención de fondos con destinos para el mantenimiento de especies nativas, semillas autóctonas, mejora de las condiciones para la población que rodea a los agroecosistemas y la promoción del pensamiento agroecológico.

Otro subflujo de emergencia (H4) se da para la apropiación del conocimiento. La familia y los trabajadores permanentes para la estancia dentro de las granjas y su observación y adaptación permanentes del sistema agroecológico tienen apropiación del conocimiento con respecto a la comprensión de los flujos de materiales, energía e información. Este último subflujo permite cuantificar en términos de emergencia los diferentes niveles de capacitación técnica o tecnológica que tiene la granja. Enmarcado en el reglamento colombiano para la educación formal.

Para la valoración del Acervo Sociocultural por apropiación de conocimiento, se creó y uso en este estudio el programa ACERVAGE. De manera que en la secuencia de evaluación de H, primero se evalúan los flujos H4, H5 y el Capital de información DH como patrimonio de la finca. Luego en la evaluación de Emergencia de fincas el programa EVERMAGE evalúa los flujos H1 a H3. Esta es la razón por la cual esta sección se presenta dicho orden.

El programa ACERVAGE procesa los datos físicos de acervo sociocultural a unidades emergéticas y entrega resultados de flujos y depósitos de emergencia de cada finca. Posteriormente se manejó este conjunto de variables, tanto de campo como emergéticas, con el método de Análisis de Componentes Principales - ACP en el programa SAS versión 9.4, con el propósito de encontrar las relaciones entre todas las variables que explican las 14 fincas. De manera que durante el análisis de la valoración del Acervo Sociocultural en esta sección, se aluden las correlaciones presentadas por el ACP.

4.3.1 Apropiación de conocimiento en las Fincas Agroecológicas en estudio: H4, H5

...”El trabajo adicional proporcionado por las actividades humanas para refinar un recurso en bruto se suma a su calidad haciéndolo más adecuado para el usuario final. Por lo tanto, está claro que lo que hace que un recurso sea valioso es la inversión en trabajo ambiental y humano...” (Franzese et al., 2009). Este concepto se enmarca perfectamente en la demostración del valor y riqueza real del ejercicio de la agroecología como un estilo de vida.

Generalmente, en la cuantificación y valoración del ejercicio de una actividad agronómica, se toma en cuenta las horas de labor humana desarrollada, tanto por las personas contratadas como por propietarias, como un servicio remunerado. Igual ocurre en estudios de emergencia, solo se contabiliza la labor humana como servicio prestado y la mano de obra renovable de los propietarios de las fincas, junto con el valioso aporte de la naturaleza circundante al sistema productivo.

Sin embargo hay capacidades, saberes y conocimiento muy propios de la cultura de una región y de la determinación individual de los productores agroecológicos en la forma de realizar sus actividades, que es necesario resaltar en términos de emergencia. Apropiando el precepto “*Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor.....*” (Colosenses 3:23, Reina Valera 1960), y reconociendo que en medio de la actividad agroecológica de la zona de estudio se prioriza el “actuar bien”, veo la necesidad inherente de valorizar las habilidades, la experticia y experiencia laboral de las personas, dentro de los agroecosistemas, como un componente fundamental en la evaluación emergética de este estudio..

El trabajo de (Franzese et al., 2009), menciona que hay falencia en los estudios por la baja cuantificación del costo real del trabajo humano, diciendo: “*El problema es que el contenido de información de una entrada, diseño o herramienta específica es muy difícil, si no imposible, de cuantificar como tal. En cambio, la cantidad de recursos que respaldan la generación de información, es decir, cuánto se necesita para apoyar el trabajo educado, generar innovación, crear nuevas tecnologías, construir infraestructuras, probar y difundir nuevas soluciones y diseños, se puede cuantificar en términos de emergencia*”. Aunque en el trabajo de Franzese et al. (2009), no se desarrolló la anterior visión, es alentador para reafirmar la propuesta del presente estudio, donde se incluye la Apropiación de conocimiento en las Fincas Agroecológicas de la zona de estudio, dentro de la evaluación emergética como Emergencia de Acervo sociocultural, que a continuación se desarrolla.

El despliegue de actividades de la población Permanente y no permanente en las fincas, en su diaria labor, conlleva ingenio en la construcción de infraestructura, en el desarrollo de mecanismos y herramientas manuales con los recursos de su entorno, en la generación de información por la observación continua del agrosistemas con el registro oral (en la transmisión de conocimiento a otras personas) y escrito de acciones y reacciones. El conjunto de personas, desde su nivel de escolaridad actual, aporta a las fincas un número de productos para divulgación de la cultura

agroecológica, el cual se cuantifica, como apropiación de conocimiento, en unidades de emergencia, representando un valor de emergencia alto y variado en cuanto a capital potencial para elevar el nivel educativo de las personas. De este grande valor de emergencia por apropiación de conocimiento, se contabiliza una parte de emergencia para sumar en el total de emergencia de la finca y el resto se considera riqueza de conocimiento acumulada como Depósito de apropiación de conocimiento (DH) de la finca.

El flujo y depósito de emergencia por Acervo Sociocultural dada por la apropiación de conocimiento de las personas que habitan, administran y se relacionan estrechamente en las fincas evaluadas, se presenta en la Tabla 4-16 y Tabla 4-17 respectivamente. Estos valores son producto del procesamiento de datos, en el programa de cálculo ACERVAGE (Anexo A), referidos a cuáles y cuántas actividades realiza anualmente cada miembro de la población de la finca (permanente integrada principalmente por la familia, y no permanente por trabajadores contratados) para la divulgación de la cultura agroecológica ya sea en preparación y exposición de presentaciones Orales, Entrenamientos a otras personas, Diseños propios de maquinaria y/o herramientas para funcionamiento del sistema, elaboración de Cartillas y/o Manuales.

Como se detalla en la Tabla 4-16, cada persona, según su estancia y experticia en la finca realiza diferentes productos de divulgación y cada producto representa la utilización de un tiempo específico, en horas (columna once de la Tabla). Igualmente el programa ACERVAGE traduce estos tiempos en los flujos de emergencia, teniendo en cuenta, el nivel educativo potencial alcanzado por cada miembro de la población de la finca. De tal forma, cada miembro de la familia y personal no permanente en la finca tiene una dedicación emergéutica anual por apropiación de conocimiento ordenada así: en la Tabla 4-16, se contabiliza el flujo de emergencia debido a Entrenamientos a otras personas (E), el cual obra como flujo continuo para la obtención de la emergencia total de la finca; y en la Tabla 4-17 se registran los flujos de emergencia, de cada miembro de la familia y personal no permanente en la finca, debidos al desarrollo de las demás actividades de difusión y fomento de la agroecología, totalizado como Depósito de apropiación de conocimiento (DH).

En la Tabla 4-16, muestra que los entrenamientos, en general se encuentran alrededor de 2 a 4 por persona, y en todas las fincas se observa que cada integrante los realiza independientemente de su nivel educativo, el cual, es nivel básico en la mayoría de la población permanente, seguido del nivel medio y, en 5 fincas (El Caney, El Jordán, Pura Vida, El Mirador y El Placer Corbones), se presenta población que ha obtenido educación superior tecnológica y profesional pregrado. El nivel educativo en el caso de la población no permanente, ha llegado hasta el Básico para todas las fincas, a excepción de Pura Vida, donde se encuentra el nivel Medio en el hijo de los propietarios, quien habita la finca los fines de semana, dada su condición de estudiante universitario en la ciudad.

Tabla 4-16: Acervo Sociocultural: Flujo emergético H4 y H5 por Apropiación de conocimiento de población Permanente y No permanente en las Fincas de estudio

Finca	Población	Miembro	Nivel de Educación	No. productos realizados por mecanismo/año ^a						Apropiación conocimiento		Flujo de Emergia individual		Flujo de Emergia total	
				PO	E	D	C	M	L	horas /año	Capital Potencial hacia: ^b	horas /año	sej/año (E+17)	horas /año	sej/año (E+17)
La Esperanza (Sevilla)	Permanente (H4)	Esposa	Básica	0	3	2	0	0	0	360	NTS	72		288	37,38
		Esposo	Básica	0	3	2	0	0	0	360	NTS	72	31,30		
		Trabajador	Básica	0	3	2	0	0	0	360	NTS	72			
		Hija	Media	0	3	0	0	1	0	360	NTU	72	6,08		
	No permanente (H5)	2 Trabajadores	Básica	0	4	2	0	0	0	672	NTS	96	13,9	97	14,01
Visitantes	Diferentes									1	0,11				
La Fortuna (Sevilla)	Permanente (H4)	Propietario	Básica	0	6,5	1	0	0	0	240	NTS	156	22,60	207	30,00
		Trabajador	Básica	0	2,1	1	0	0	0	168	NTS	51	7,40		
	No permanente (H5)	2 Trabajadores	Básica	0	1	1	0	0	0	624	NTS	48	6,96	49	7,00
		Visitantes	Diferentes									1	0,042		
La Esmeralda (Sevilla)	Permanente (H4)	Esposa	Básica	0	2	3	0	0	0	480	NTS	48	6,96	168	21,46
		Esposo	Media	1	2	2	0	1	0	644	NTU	48	4,06		
		Hija	Básica	0	1	1	0	0	0	168	NTS	24	3,48		
		Hija	Básica	0	2	1	0	0	0	644	NTS	48	6,96		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	2	1	0	0	0	336	NTS	48	6,96	49	7,07
Visitantes	Diferentes									1	0,106				

Finca	Población.	Miembro	Nivel de Educación	No. productos realizados por mecanismo/año ^a						Apropiación conocimiento		Flujo de Emergia individual		Flujo de Emergia total	
				PO	E	D	C	M	L	horas /año	Capital Potencial hacia: ^b	horas /año	sej/año (E+17)	horas /año	sej/año (E+17)
La Floresta (Sevilla)	Permanente (H4)	Esposa	Media	1	3	2	0	1	0	668	NTU	72	6,08	240	30,42
		Esposo	Básica	0	4	3	0	0	0	528	NTS	96	13,90		
		Niño mayor y Pariente mujer	Básica	0	2	1	0	0	0	192	NTS	48	6,96		
		Pariente mujer	Básica	0	1	1	0	0	0	168	NTS	24	3,48		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	2	1	0	0	0	336	NTS	48	6,96	49	7,09
Visitantes	Diferentes									1	0,13				
El Jardín (Sevilla)	Permanente (H4)	Esposa	Básica	0	0,1	1	0	0	0	146,4	NTS	4,2	0,609	6,21	0,90
		Esposo	Básica	0	0,1	1	0	0	0	145,2	NTS	2,01	0,291		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	0,1	0	0	0	0	1,2	NTS	1,2	0,174	2,20	0,185
		Visitantes	Diferentes									1	0,011		
El Caney (Tuluá)	Permanente (H4)	Esposa	Pregrado	1	2	0	0	1	0	356	NE	0	0	144	5,46
		Esposo	Tecnólogo	2	4	2	2	3	0	2.152	NTU	96	1,40		
		Hijo	Media	0	2	1	0	0	0	192	NTU	48	4,06		
		Tío	Básica	0	2	1	0	0,2	0	250	NTS	0	0		
	No permanente (H5)	4 Trabajadores	Básico	0	2	0,7	0	0	0	240	NTS	48	6,96	49	7,35
Visitantes	Diferentes									1	0,392				
El Jordán (Tuluá)	Permanente (H4)	Madre y niña mayor	Básica	0	2,3	2	0	0	0	343,2	NTS	55,2	8,00	142,6	24,62
		Esposa	Media	1	1,3	0	0	1	0	339,2	NTU	32,2	2,72		
		Esposo	Pregrado	2	2,3	3	0	1	0	1.247,2	NE	55,2	13,90		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	0,7	1	0	0	0	304,8	NTS	16,8	2,44	17,8	2,652
Visitante	Diferentes									1	0,212				
Finca	Población.	Miembro	Nivel de	No. productos realizados por						Apropiación conocimiento		Flujo de Emergia		Flujo de Emergia	

Finca	Población.	Miembro	Educación	mecanismo/año ^a						individual			total		
				PO	E	D	C	M	L	horas /año	Capital Potencial hacia: ^b	horas /año	sej/año (E+17)	horas /año	sej/año (E+17)
La Esmeralda (Tuluá)	Permanente (H4)	Propietaria	Media	3	2,5	0	0	1	0	408	NTU	60,0	5,07	126,0	10,80
		Hijo	Media	1	0,7	0	0	1	0	324	NTU	15,6	1,32		
		Hija	Media	1	2	1	0	0	0	212	NTU	48,0	4,06		
		Yerno y niña mayor	Básica	0	0,1	1	0	0	0	146	NTS	2,4	0,348		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	0,7	1	0	0	0	304,8	NTU	16,8	2,44	17,8	3,08
		Visitante	Diferentes								1	0,636			
Pura Vida (Andalucía)	Permanente (H4)	Esposa	Media	1	4	2	2	3	0	2.132	NP	96	1,40	192	9,06
		Esposo	Pregrado	4	2	3	2	1	0	48	NP	48	0,70		
		Señora de la cocina	Básica	4	2	3	2	1	1	2.528	NE	0	0,00		
	No permanente (H5)	Hijo estudiante	Media	1	3	0	0	1	0	380	NTS	72	6,08	97	11,47
		1 Trabajador	Básica	0	1	0	1	0,5	0	456	NTU	24	3,48		
		Visitante	Diferentes								1	1,91			
El Mirador (Guacarí)	Permanente (H4)	Esposa	Pregrado	2	5	5	2	3	0	3.040	NP	120	1,75	312	32,90
		Esposo	Pregrado	2	5	5	2	3	0	3.040	NE	120	30,1		
		Hija	Pregrado	1	1	2	0	2	0	1.220	NP	72	1,05		
		Trabajador	Pregrado	2	2	3	1,4	2	0	1.936	NP				
	No permanente (H5)	Trabajador y Nieto	Básica	0	1,7	1	0	0	0	336	NTS	96	13,9	97	16,00
	1 Trabajador	Básica	0	2	1	0	0	0	336	NTS					
		Visitantes	Diferentes								1	2,12			
Finca	Población.	Miembro	Nivel de Educación	No. productos realizados por mecanismo/año^a					Apropiación conocimiento	Flujo de Emergia individual		Flujo de Emergia total			

				PO	E	D	C	M	L	horas /año	Capital Potencial hacia: ^b	horas /año	sej/año (E+17)	horas /año	sej/año (E+17)
La Piragua (Buga)	Permanente (H4)	Esposa	Básica	1	5	1	0	1	0	572	NTS	120	17,40	252	36,52
		Esposo	Básica	0	4	1	0	0	0	240	NTS	96	13,90		
		Trabajador	Básica	0	1,5	1	0	0	0	180	NTS	36	5,22		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	2	1	0	0	0	336	NTS	48	6,96	49	7,07
		Visitante	Diferentes									1	0,11		
Villa Camila (Buga)	Permanente (H4)	Hermana 1	Básica	0	3	1	0	1	0	504	NTS	72	10,40	144	16,48
		Hermana 2	Media	1	3	2	0	0	0	380	NTU	72	6,08		
	No permanente (H5)	1 Trabajador	Básica	0	0,4	1	0	0	0	298	NTS	9,6	1,39	10,6	1,48
		Visitante	Diferentes									1	0,085		
Las Brisas Miraflores (El Dovio)	Permanente (H4)	Propietario	Básica	0	3	1	0	0	0	216	NTS	72	10,40	108	15,62
		Cuñada	Básica	1	1,5	1	0	0	0	200	NTS	36	5,22		
	No permanente (H5)	3 Trabajadores	Básica	0	2,5	1	0	0	0	870	NTS	150	21,80	151	22,22
		Visitante	Diferentes									1	0,42		
El Placer Corbones (El Dovio)	Permanente (H4)	Esposa	Media	0	1	1	0	0	0	168	NTU	24	2,03	108	18,03
		Esposo	Pregrado	2	2	1	0	0	0	364	NE	36	9,04		
		Madre	Básica	0	2	1	0	0	0	192	NTS	48	6,96		
	No permanente (H5)	2 Trabajadores	Básica	0	1,3	1	0	0	0	636	NTS	60	8,70	61	9,12
		Visitante	Diferentes									1	0,42		

Notas:

a) PO: Presentación Oral, E: Entrenamiento, D: Diseño, C: Cartilla, M: Manual, L: Libro

b) Nivel educativo potencial máximo alcanzado por cada miembro de la población de la finca: NTS Nivel Tecnólogo SENA; NTU Nivel Tecnólogo Universitario, NP: Nivel Pregrado, Nivel Especialización

Fuente: Elaboración propia

El segundo mecanismo utilizados por los miembros de la fincas, en apropiación de conocimiento, para la divulgación y fomento escrito y oral de la agroecología, son las Presentaciones Orales (PO), realizadas únicamente por las personas permanentes en la finca, a excepción de Pura Vida, donde el hijo como persona No permanente, también las realiza. El nivel educativo de las personas que realizan las presentaciones, en general es medio y pregrado, y solo en 2 fincas La Piragua y las Brisas Miraflores, es básico. En su mayoría las PO son realizadas por los propietarios, especialmente por los esposos seguidos de las esposas (Tabla 4-16) donde se observa el importante papel que la mujer ha adquirido como representante de su agroecosistema en este tipo de mecanismo.

También se observa, el importante papel que los hijos desempeñan en la divulgación y fomento de la agroecología, puesto que se observa su amplia participación en los diferentes mecanismos, inclusive por las presentaciones orales en instituciones y algunas organizaciones. Esta característica de las fincas, es una forma de asegurar el relevo generacional.

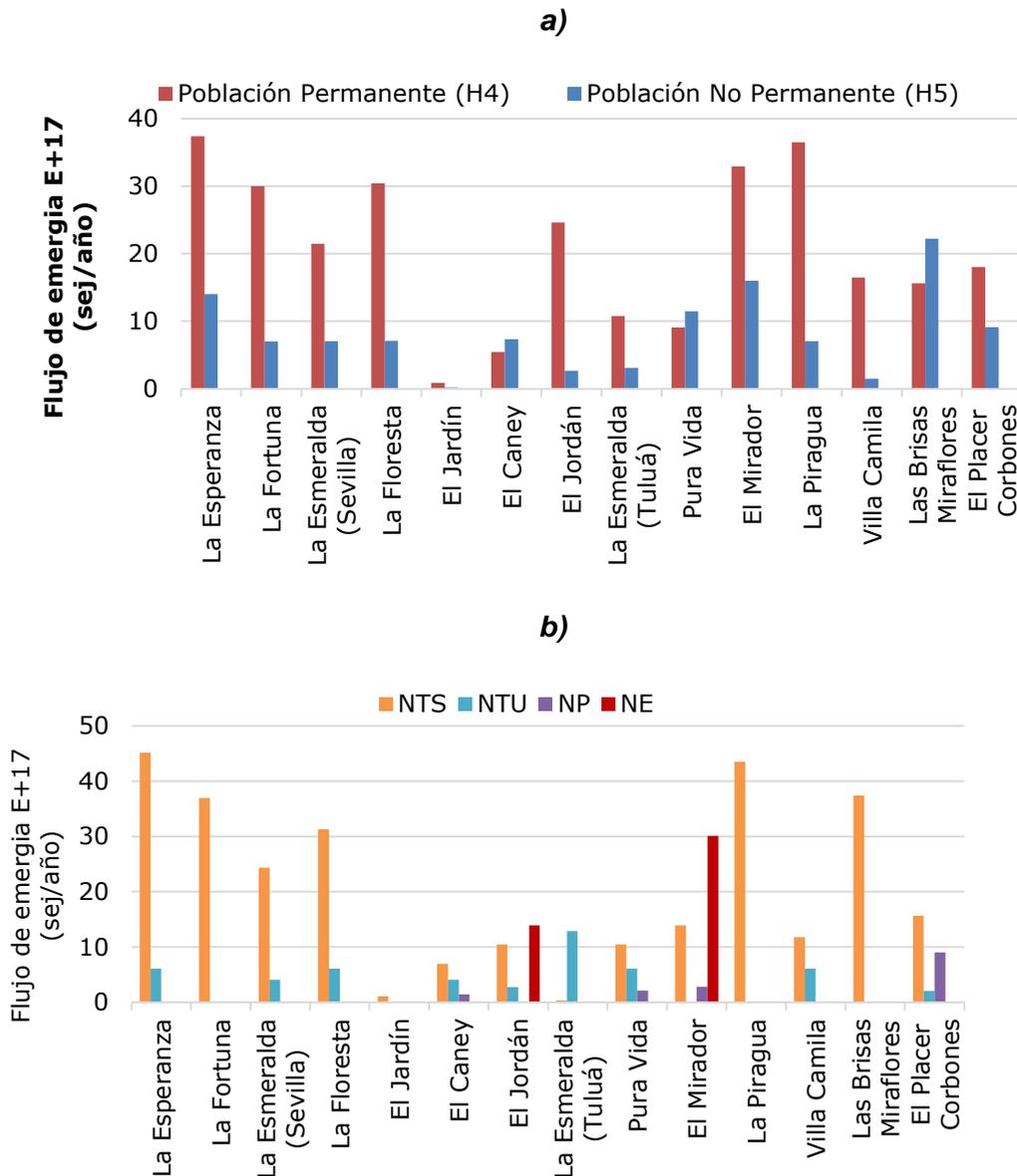
Los datos de flujo de emergencia anual por apropiación de conocimiento de la población total de la finca y de cada miembro de la población presentados en las columnas 16 y 14, respectivamente, de la Tabla 4-16, se grafican en la Figura 4-12 (como H4 y H5) permitiendo visualizar que en 11 fincas la emergencia por apropiación de miembros del grupo familiar, H4, es mayor a la emergencia por personal externo, H5, (con valores de H4 variados entre 0,9 E+17 y 37,4 E+17 sej/año). Sin embargo el caso Pura Vida, como se explicó arriba, el hijo fue incluido como personal externo temporalmente, mientras termina estudios universitarios. Las fincas donde H5 es mayor que H4 tienen la característica de procesos agropecuarios con altos requerimientos de personal externo, condición que es bien vista en este estudio pues es una forma de divulgar y promover el pensamiento agroecológico en la región. Los valores de H5 varían entre 0,19 y 2,2 E+17 sej/año, este último valor corresponde a la finca Brisas Miraflores en donde hay mayor número de horas contratadas.

El análisis revela que para los aportes emergéticos H4 hay correlaciones fuertes con los productos de la finca granos y pancoger y con el número de horas flujo de nivel educativo básico, indicando que dentro de la familia hay tal apropiación de conocimiento respecto a seguridad alimentaria, aún sin tener niveles educativos destacados. Las correlaciones para H5, también evidencian las realidades de las fincas, pues muestra que la emergencia por H5 está relacionada con número de hombres y con horas de flujo en de educación básica de personal externo, indicando que en casi la totalidad de las contrataciones de jornadas externos son varones sin bachiller.

La columna 4 de la Tabla 4-16 presenta los Nivel de escolaridad actual de las personas en las fincas (Básica: sin título bachiller, Media: con título bachiller, P: Profesional con pregrado) y en la columna 12 muestra el avance que cada miembro de la población podría tener, por sus actividades de apropiación de conocimiento. Por ello se enuncia como "Capital Potencial hacia". Tales niveles los procesa el programa ACERVAGE, como: Nivel Tecnólogo SENA (NTS); Nivel Tecnólogo Universitario (NTU); Nivel Pregrado (NP); Nivel Especialización (NE).

Así que, los flujos de emergencia por apropiación de conocimiento en H4 y H5, sumados, se presentan en la Figura 4-12, como Capital emergético desgregado en niveles educativos potenciales máximos alcanzados por cada miembro de la población de las fincas. Todas las fincas han alcanzado el NTS en niveles de emergencia variados entre 1,1 E+17 y 51,4 E+17 sej/año, pues siempre hay personas con nivel de escolaridad actual básica. Las fincas con mayor número de personas en educación básica presentan valores de emergencia mayores para NTS.

Figura 4-12: Flujo emergético por Apropiación de conocimiento de la población Permanente y No permanente, H4 y H5 en las Fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de emergencia por Apropiación de conocimiento H4 y H5. **b)** Flujos de emergencia para H4 y H5 desgregados según nivel educativo potencial alcanzado por cada miembro de la población de la finca: NTS: Nivel Tecnólogo SENA, NTU: Nivel Tecnólogo Universitario, NP: Nivel Pregrado, NE: Nivel Especialización

En 9 fincas se alcanzaría el nivel NTU, con el más alto valor en La Esmeralda Tuluá (12,9 E+17 sej/año). En 2 fincas (Jordán y Mirador) se suman aportes de nivel de

especialización, como flujos continuos anuales. Pero además de estas 2 fincas, Caney, Pura Vida y Corbones también tienen valores emergéticos en NE, solo que fueron contabilizados como depósito DH (Así se registra en la Tabla 4-16 y Figura 4-12)

La Apropiación de conocimiento de la población Permanente y no permanente en las fincas, basada tanto en su nivel de escolaridad actual, como en el número de productos elaborados para divulgación de la cultura agroecológica, es alta en emergencia y variada en cuanto a capital potencial para elevar el nivel educativo de las personas. Por tanto del total de emergencia por apropiación se divide en: parte de emergencia contabilizada para flujo continuo que suma para obtener la emergencia total (Y) de la finca, (los resultados arriba presentados y analizados corresponden a esta primera parte), y parte de emergencia almacenada como capital de información de cada finca totalizado como Depósito de apropiación de conocimiento (DH). La columna 2 de la Tabla 4-17, relaciona el número total de horas/año por apropiación de conocimiento de todas las personas de la finca, la columna 12 indica el número total de horas dedicadas para DH por familia y para el personal no permanente, y las columnas 5 y 8 indican las horas separadas de DH4 y DH5, respectivamente.

A través del programa ACERVAGE se obtienen los datos del tiempo de dedicación (horas/año) y valor emergético respectivo por apropiación de conocimiento como flujo continuo al sistema (H4 y H5), y también arroja el tiempo de dedicación y respectiva emergencia que se contabilizará como Capital de información o riqueza de conocimiento acumulada en el Depósito de apropiación de conocimiento (DH) de la finca. En términos de emergencia se evidencia la riqueza acumulada real de las fincas de estudio pues son territorios que cuentan con un capital natural y un capital sociocultural que favorece la conservación y rehabilitación de los recursos naturales a nivel local, regional (e influye al global) y la revalorización del saber local en los procesos de producción y apropiación de conocimiento. Como afirma Costanza et al. (1997), esta riqueza contribuyen al bienestar humano, tanto directa como indirectamente, y por lo tanto representan parte del valor económico total del planeta. El depósito de apropiación de conocimiento DH de las fincas, en términos de emergencia indica la energía anual, en julios de energía solar equivalente, necesarios para preservar el almacenamiento de conocimiento al interior de las fincas

En la Tabla 4-17 y Figura 4-13, se compara el Depósito de apropiación de conocimiento de las fincas. En todas las fincas hay un depósito en el nivel NTS, pues todos los trabajadores contratados y al menos un miembro de la familia tienen educación básica. La finca La Esperanza tiene el DH más alto en este nivel con 1.440 horas anuales y un valor en emergencia de $20,9E+18$ sej/año. 4 fincas tienen únicamente el nivel NTS como depósito, y están correlacionadas con bajo número de personas en la finca y solamente adultos. 10 fincas tienen depósitos con mínimo 2 niveles de capital potencial de apropiación (Figura 4-13 en segmentos de la escala de azules). 5 fincas tienen depósitos en el nivel de especialización NE y corresponden a fincas cuyos dueños y/o sus relevos generacionales tienen título de pregrado en la educación formal colombiana.

Tabla 4-17: Acervo Sociocultural: Depósitos energéticos DH por Apropiación de conocimiento de población Permanente y No permanente en las Fincas de estudio

Finca	Apropiación conocimiento		Depósito de Emergia en Personal permanente (H4)			Depósito de Emergia en Personal No permanente (H5)			Depósito Total en finca	
	horas total/año	Capital Potencial a: a	Miembros Familia	horas/año	sej/año (E+18)	Miembros	horas/año	sej/año (E+18)	horas/año	sej/año (E+18)
La Esperanza (Sevilla)	1752	NTS	Esposa, esposo y trabajador	864	12,50	2 trabajadores	576	8,35	1.440	20,90
	360	NTU	Hija	288	2,43		0	0	288	2,43
	Total DH:									23,30
La Fortuna (Sevilla)	408	NTS	Propietario y trabajador permanente	288	4,18	2 trabajadores externos	576	8,35	864	12,53
	Total DH:									12,53
La Esmeralda (Sevilla)	1628	NTS	Esposa y 2 hijas	720	10,44	Trabajador	288	4,18	1.008	14,62
	644	NTU	Esposo	596	5,04				596	5,04
	Total DH:									19,66
La Floresta (Sevilla)	720	NTS	Esposo, niño y parientes mujeres	1008	10,40	Trabajador	288	4,18	1.008	14,58
	668	NTU	Esposa	596	5,04				596	5,04
	Total DH									19,70
El Jardín (Sevilla)	293	NTS	Esposa y esposo	286	4,15				286	4,15
	Total DH:									4,15
El Caney (Tuluá)	490	NTS	Tío	249,6	3,62	4 trabajadores	192	2,78	442	6,40
	192	NTU	Hijo	144	1,22				144	1,22
	2152	NP	Esposo	2056	3,00				2.056	3,00
	356	NE	Esposa	356	8,94				356	8,94
Total DH:									19,56	
Finca	Apropiación conocimiento		Depósito de Emergia en Personal permanente (H4)			Depósito de Emergia en Personal No permanente (H5)			Depósito Total en finca	
	horas total/año	Capital Potencial a: a	Miembros Familia	horas/año	sej/año (E+18)	Miembros	horas/año	sej/año (E+18)	horas/año	sej/año (E+18)
San Juan	648	NTS	Madre y niña mayor	288	4,18	Trabajador	288	4,18	576	8,36

	339	NTU	Esposa	307	2,59			307	2,59	
	1247	NE	Esposo	1.192	29,90			1.192	29,90	
	Total DH								40,85	
La Esmeralda (Tuluá)	146	NTS	Yerno y niña mayor	144	2,09	Trabajador	288	4,18	432	6,27
	1248	NTU	Propietaria, hija, hijo	820	6,93			820	6,93	
	Total DH:								13,20	
Pura Vida (Andalucía)	936	NTS	Señora de la cocina	432	6,26	Trabajador	432	6,26	864	12,52
	380	NTU				Hijo estudiante	308	2,60	308	2,60
	2180	NP	Esposa	2036	2,97			2.036	2,97	
	2528	NE	Esposo	2528	63,50			2.528	63,50	
	Total DH:								81,59	
El Mirador (Guacarí)	672	NTS				2 trabajadores	576	8,35	576	8,35
	6196	NP	Esposa, trabajadores permanentes, hija	6.004	8,77			6.004	8,77	
	3040	NE	Esposo	2920	73,30			2.920	73,30	
	Total DH:								90,42	
Finca	Apropiación conocimiento		Depósito de Emergia en Personal permanente (H4)			Depósito de Emergia en Personal No permanente (H5)			Depósito Total en finca	
	horas total/año	Capital Potencial a: a	Miembros Familia	horas/año	sej/año (E+18)	Miembros	horas/año	sej/año (E+18)	horas/año	sej/año (E+18)
La Piragua (Buga)	1328	NTS	Esposa, trabajador permanente, esposo	740	10,70	Trabajador	288	4,18	1.028	14,88
	Total DH:								14,88	
Villa Camila (Buga)	802	NTS	Hermana 1	432	6,26	Trabajador	288	4,18	720	10,44
	380	NTU	Hermana 2	308	2,60			308	2,60	
	Total DH								13,04	
Brisas Miraflores (El)	1286	NTS	Propietario Cuñada	308	4,47	2,5 Trabajadores	720	10,40	1.028	14,87
	Total DH:								14,87	

El Placer Corbones (El Dövio)	828	NTS	Madre	144	2,09	2 Trabajadores	576	8,35	720	10,44
	168	NTU	Esposa	144	1,22				144	1,22
	364	NE	Esposo	328	8,23				328	8,23
	Total DH:									19,89

Nota:

a) NTS: Nivel Tecnólogo SENA, NTU: Nivel Tecnólogo Universitario, NP: Nivel Pregrado, Nivel Especialización

Fuente: Elaboración propia

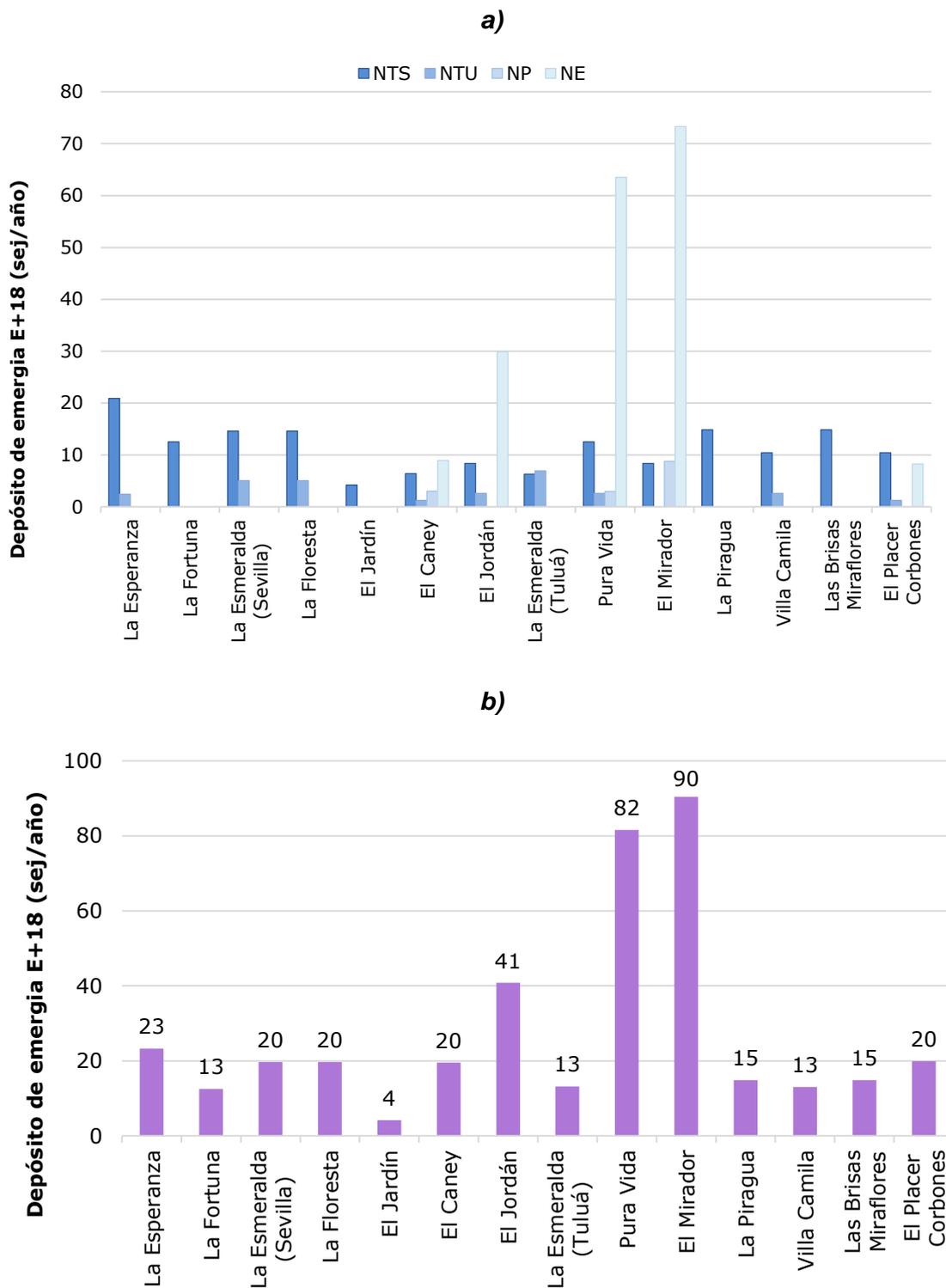
Las anteriores fincas, son de gran impacto en la región circundante pues han implementado “escuelas de capacitación no formal no regulada”, tanto para vecinos como para el gran número de grupos visitantes que llegan a las fincas. Los depósitos totales DH más altos están en las fincas Mirador, Pura Vida y Jordán, quienes también tienen los depósitos más altos en nivel NE, con valores de 73,3 E+18, 63,5 E+18 y 29,9 E+18 sej/año, respectivamente.

Si para las mismas fincas se Compara el cociente entre el total de emergencia por depósito de apropiación de conocimiento respecto al total de emergencia por acervo sociocultural (es decir la relación (DH/H como unidades emergéticas de depósito / unidad de acervo socio cultural de flujo continuo) se obtiene: El Mirador 16,2, Pura Vida 34,53, y Jordán 13,0. La relación más alta es en la finca Pura Vida, donde el propietario ya publicó un libro de *experiencias en agroecología*.

Así, se confirma la tesis propuesta por Odum (1996a, p.2113) y después comentada y refinada por Abel (2010, p.2113) donde se evidencian que las Transformidades de la información humana por nivel de educación y conocimiento tienen jerarquía piramidal, y la convención es que Transformidades de productos de mayor tiempo rotación, con influencia en mayor territorio y menor número de productos son altas (por ejemplo la transformidad de un libro o de la actividad de un escritor). Mientras que Transformidades bajas se obtienen para productos que son muchos en número, rápidos en rotación, y cada uno tiene un territorio más pequeño. (Ejemplo Transformidad para un grupo de personas en un nivel de educación de preescolar)

Según la mirada anterior, se explica que El Mirador tiene un DH alto, dado por la alta transformidad del nivel educativo alto de todos sus propietarios; y El Jordán logra alto DH por el por la alta transformidad del nivel educativo alto de 2 miembros de la familia y el alto número de herramientas diseñadas por el propietario

Figura 4-13: Depósitos energéticos DH por Apropiación de conocimiento de población Permanente (DH4) y No permanente (DH5) en las Fincas de estudio.



a) Depósitos energéticos por Apropiación de conocimiento, detallando los niveles de capacitación potenciales a alcanzar por la población en las Fincas de estudio. **b)** Depósitos energéticos por Apropiación de conocimiento total (DH) de toda población en las Fincas de estudio.

4.3.2 Herencia cultural común en las Fincas Agroecológicas en estudio: H1, H2, H3

Este aporte de energía se desarrolla por primera vez, en el presente estudio, para los sistemas agroecológicos colombianos, con el propósito de valorizar numéricamente la energía indispensable que aporta la familia para que los agroecosistemas funcionen.

Los aportes emergéticos, en flujo continuo, por Acervo sociocultural (H) son determinantes para el funcionamiento de las Fincas Agroecológicas, pues contabiliza:

- i) Cierta “tipo” de mano de obra familiar interna dada por la estancia permanente e integración de la familia con el agroecosistema.
- ii) Las labores de interacción de la familia con actores al exterior de la Finca.
- iii) Contabiliza labores intangibles de apropiación de conocimiento y generación de información, al interior de las Fincas, logrados con la transferencia de saberes, conocimiento y cultura agroecológica y con acciones de ingenio en la operatividad de agroecosistemas equilibrados.

El equilibrio al interior de las fincas en su funcionamiento y control tiene un categórico fundamento: el “tipo” de mano de obra familiar dentro del sistema que incluye a todos los miembros del grupo familiar (mujeres, niños y personas de la tercera edad) quienes por su estancia continua en las fincas logran tal integración familia-agroecosistema, con lecturas holísticas permanentes de las manifestaciones del agrosistema, y que les permite tomar acciones pertinentes en pro de la eficiencia y sostenibilidad de los mismos. Esta postura de la familia, se transcribe en este estudio en las cuantías de energía calculadas por: el metabolismo humano en población permanente en las fincas -las familias- (H1) y la trasmisión o porte de memoria de información que cumplen las familias de las fincas (H3).

Adicionalmente la cohesión familia-agroecosistema genera apropiación de conocimiento al interior de la Fincas (H4 y H5) y conlleva a la interacción de la familia con actores al exterior de la Finca (H2) con diversos objetivos entre los cuales están: promover cultura agroecológica (entre vecinos, vinculados a Asociaciones locales y nacionales, y en la atención a comunidades académicas que visitan las fincas), intercambio de semillas, acercamiento productor consumidor creando lazos de confianza, capacitación e intercambio de experiencias, entre otros.

En la sección anterior, se explicó y analizó al detalle los resultados de Apropiación de Conocimiento por H4 y por H5 en cada una de las fincas de estudio. Así que en esta sección solo se presentan las comparaciones de estos dos subaportes respecto al H total, y respecto a los demás H_i. Adicionalmente se presentan las correlaciones dadas por el análisis de componentes principales para ellos dos y los demás subaportes H_i.

En la Tabla 4-18 y Figura 4-14a, se comparan los aportes de emergencia por acervo sociocultural desde H1 hasta H5. Destacándose que los flujos de emergencia por apropiación de conocimiento H4 y H5 son los valores más altos en todas las fincas. En H4 hay valores altos para 5 fincas entre 300 E+16 sej/año y 375 E+15 sej/año, valores intermedios en 5 fincas (entre 157 y 246 E+16 sej/año) y valores bajos en 4 fincas (menores a 108 E+16 sej/año), muy relacionados con el número de personas que atienden la finca, y con las actividades que desarrollan para la promoción oral y escrita de la agroecología.

Tabla 4-18: Flujos de emergencia por Acervo sociocultural (H) para las fincas de estudio^a

Finca/ Flujo de emergencia	Emergencia por finca (sej/año) E+16					
	H1	H2	H3	H4	H5	H total
La Esperanza	11	19	8	374	140	551
La Fortuna	4	3	4	300	70	381
La Esmeralda (Sevilla)	10	29	9	215	71	333
La Floresta	15	45	9	304	71	444
El Jardín	4	2	4	9	2	21
El Caney	6	14	6	55	74	154
El Jordán	13	23	7	246	27	314
La Esmeralda (Tuluá)	13	32	9	108	31	192
Pura Vida	6	18	6	91	115	236
El Mirador	13	46	9	329	160	558
La Piragua	8	15	8	365	71	467
Villa Camila	4	5	4	165	15	193
Las Brisas Miraflores	4	5	4	157	222	391
El Placer Corbones	8	10	6	180	91	296

Notas:

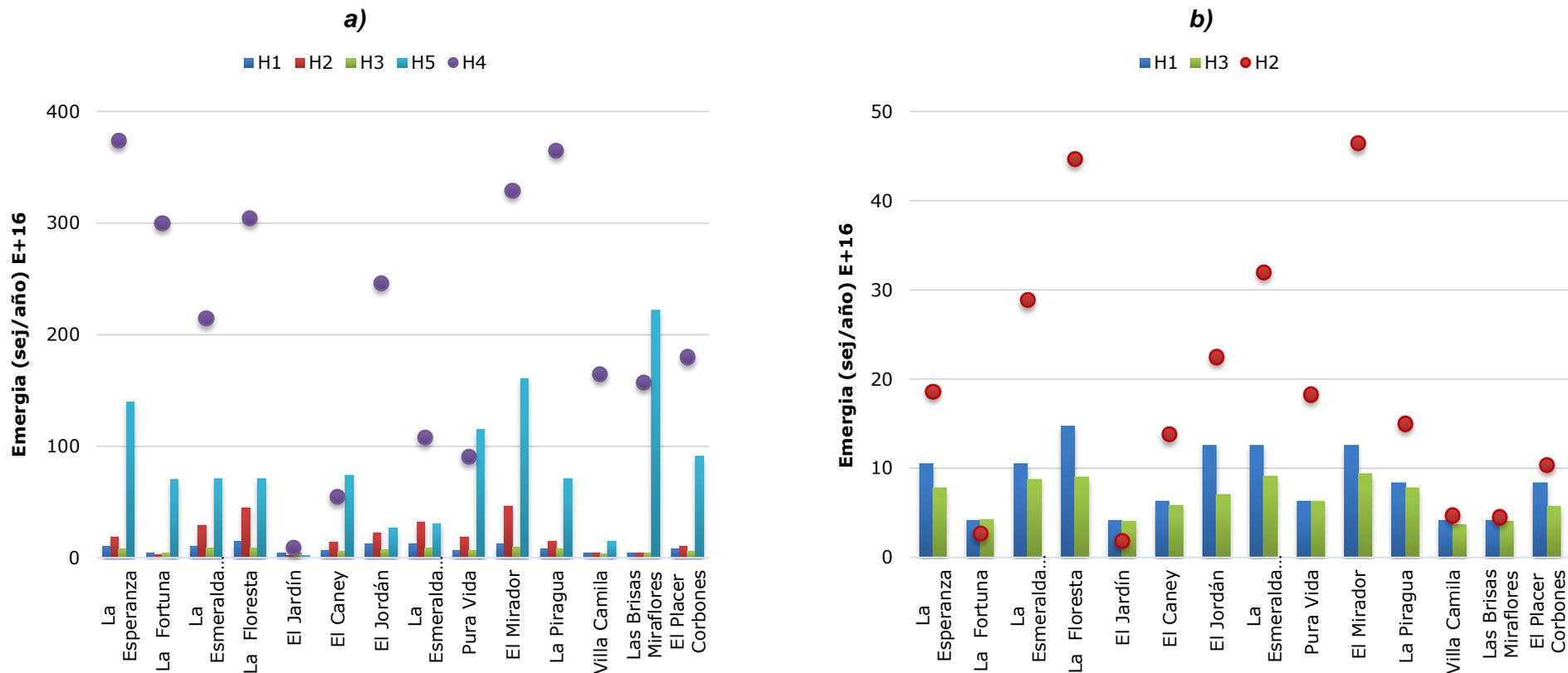
a) H1: Metabolismo humano de población permanente; H2: Interacción social y aprendizaje de población permanente; H3: Flujo de memoria de información anual por Población permanente en finca; H4: Apropiación de conocimiento de población permanente; H5: Apropiación de conocimiento de población no permanente.

Fuente: Elaboración propia

H4 se correlaciona con las variables: Pancoger granos, nitrógeno y fósforo almacenados en biomasa, número de curíes y conejos en la finca y BRA disponible, emergencia R9. Correlaciones que se explican porque hay labores exclusivas de la familia en las fincas como: i) la atención del suministro de alimentación humana y pecuaria especialmente en especies de patio y escogidas por la familia ya sea por tradición cultural o porque en su experiencia conocen de sus ventajas para el reciclaje de BRP; ii) el diseño del agrónomo y pecuario de la fincas corresponde a las capacidades de la familia, así se escogen las especies para sembrar (en lo agrícola) y atender (en lo pecuario) según posición geográfica y según requerimientos y para el mercado. Esta

dinámica define naturalmente las cantidades de Minerales almacenados en biomasa y las biomásas residuales agropecuarias disponibles al interior de las fincas.

Figura 4-14: Flujos de Energía por Acervo Sociocultural (H) para las fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de energía dados por los subaportes Hi de Acervo Sociocultural en las fincas de estudio; **b)** Acercamiento de los flujos de energía con menores valores; H1: Metabolismo humano de población permanente; H2: Interacción social y aprendizaje de población permanente; H3: Flujo de memoria de información anual por población permanente en finca; H4: Apropiación de conocimiento de población permanente; H5: Apropiación de conocimiento de población no permanente.

Fuente: Elaboración propia

Otra correlación de H4, es con el tiempo contabilizado en el flujo de emergencia total en educación básica. Se explica porque en 13 de las 14 fincas hay al menos una persona con un grado de escolaridad de Educación básica. Igualmente correlaciones de H4 con H total y Emergencia total Y, se explican por las proporciones de H4 respecto a esas dos variables. En casi todas las fincas, excepto El Caney, H4 es mayor del 40% del H total de la misma finca. En 10 fincas H4 es mayor del 22% del total de Y.

El aporte de emergencia por Acervo sociocultural de personas no residentes en las fincas H5, tiene gran variabilidad entre 2,0 E+16 sej/año y 222 E+16 sej/año. En 3 fincas donde se requiere alta contratación de personal externo, H5 es mayor que H4. En las demás H5 es menor. Con alguna excepción el personal contratado son hombres, por ello H5 está correlacionado con número de hombres en educación básica.

Las proporciones respecto al H total en la misma finca son para H5 porcentajes menores al 30%, excepto El Caney, Pura Vida y Brisas Mirador. De manera que en cada finca los aportes por apropiación de conocimiento (H4+H5) representa entre 72 y 93 % de H total. Esta premisa se cumple en 13 fincas del estudio. Para la finca El Jardín es del 51,7%.

Observando en Tabla 4-18 los datos de emergencia H_i para cada finca, se resalta que los aportes de emergencia desde H1 hasta H4 son aportes realizados por las familias mismas en sus fincas y representan más del 70%, del acervo propio de cada finca (H), excepto en las fincas El Caney, Pura Vida, Brisas Miraflores, las cuales tienen valores de H5 mayores a sus H4. Esto indica que desarrollan procesos agroecológicos con necesidad de altas contrataciones de personas externas y/o el número de las personas de la familia son bajos.

La Figura 4-14b, es un acercamiento de la figura en conjunto y permite observar que los valores de emergencia por interacción de la familia con el exterior de la finca, H2, son los más altos con respecto a H1 y H3, excepto en las fincas La Fortuna y Jardín. La correlación muestra valores más altos de H2 (entre 29 E+16 y 44 E+16 sej/año), con fincas donde hay familias con mayor número de personas (entre 6 y 7) para atender más reuniones en asociaciones y mayor número de visitantes. También la correlación de H2 es significativa con Banco de semillas y esto responde a que el intercambio de semillas se da en reuniones de asociaciones y afluencia al mercado. Los valores de H2 bajos (menores de 4,5 E+16 sej/año) para 4 fincas se relaciona con la presencia de tan solo 1 o 2 miembros de la familia.

Los aportes de emergencia por la integración familia-agrosistema dados por H1 y H3, aunque porcentualmente son bajos respecto del total H en cada finca, son **pilares** de la vocación agroecológica en las fincas en estudio. Estos dos aportes de emergencia resultan valiosos para evidenciar la memoria de información de la cultura agroecológica, estrechamente asociada con todas las actividades que desarrollan las familias en la Agricultura Campesina Familiar y Comunitaria. A nivel internacional se reconoce que no se ha valorado el papel que cumplen las familias al interior de las fincas en cuanto al trájín propio del campo y en cuanto a la transmisión de memoria de información cultural.

Reflexiones y propuestas de algunos autores que inspiran este estudio para valorar (en unidades de emergja) las actividades anteriores en las fincas agroecológicas, son: Franzese et al. (2009), afirma que el trabajo y los servicios humanos llevan el conocimiento y la información (recursos sin costo), que son linfa vital para un proceso de producción; Abel (2000) asemeja la retroalimentación positiva que viven los ecosistemas para su eficiencia energética, con la retroalimentación que se realiza en los sistemas socioculturales, desde el depósito de cultura para capturar la afluencia de energía y materiales que necesitan estos sistemas para el mantenerse, (esta retroalimentación la realizan las personas como portadoras de memoria de información);

Odum (1996a) afirma que la información es el factor más importante de muchos sistemas, incluyendo la biodiversidad genética y las contribuciones que realizan los seres humanos como expertos, o conocedores, o personas bien informados o personas en varios grados de conocimiento. También dice que la información es útil a un sistema si puede hacer que el sistema funcione. Clasifica la información cultural de las sociedades humanas como información útil.

Abel (2013), expone que la información genética de la vida permite que la estructura autoorganizada persista en el tiempo y se extienda en el espacio, para compensar las numerosas fluctuaciones naturales en las fuentes de energía. Una vez creada, la información genética es de gran valor para la vida y para cualquier sistema del que forme parte. La información no existe en la abstracción, sino que siempre se "transporta" por algún material o forma energética.

Odum (1996a), Odum (2007, p.88-89), Abel (2013) y Doherty et al. (1993), desarrollaron el cálculo de emergja para el flujo de los distintos tipos de información (copia, extracción, duplicación y el fomento de la información útil) que componen el ciclo de información, enfatizando en el mecanismo que la naturaleza ha encontrado para evitar pérdidas de información, en cada etapa del ciclo, mediante la trasmisión de la misma en el tiempo, a través de una población de portadores que llevan esa información.

Este último concepto sustenta adecuadamente los cálculos realizados en este estudio para la trasmisión o porte de memoria de información que realizan las familias de las fincas agroecológicas, en el flujo emergético H3 (llamado en las tablas de emergja como: Flujo de memoria de información anual por Población permanente en finca)

Según la Tabla 4-18 y Figura 4-14b Los valores de emergja H1 varían entre $4,0E+16$ y $15E+16$ sej/año, donde valores altos indican mayor número de personas que componen las familias y tiempo de permanencia en la finca de 365 días/año. Estos valores de H1 son la medida del "que hacer gratuito" de los miembros de la familia dentro de las fincas y que no tiene reconocimiento explícito en las cuentas del sistema productivo.

Los valores de emergja H3 son normalmente menores que emergja H1 en la misma finca, pues la emergja H3 se calcula en función del número de hombres, mujeres y niños de la población permanente. Se observa valores de H3 entre $4,0E+16$ y $9 E+16$

sej/año. Las fincas que tienen menor valor de H1 (en $4,0E+16$ sej/año) también tiene el mismo valor para H3. Corresponde a fincas donde solo hay adultos en la finca, ya sea porque los hijos emigraron de las fincas transitoriamente o definitivamente. Para 8 fincas H1 es mayor que H3 y para 6 fincas H1 es igual a H3. Para estas fincas hay amenaza en el ciclo de flujo de información, pues hay pocos portadores de flujo de memoria de información para asegurar la cultura agroecológica en el tiempo en dichas fincas.

H1 y H3 aportan porcentajes bajos respecto de H total de cada finca. La suma de sus porcentajes, respecto a su propio H total, gira entre el 2,2% y el 7,9%, en 12 fincas. Para el Jardín se tienen valores altos pues en la finca hay baja emergencia por Apropiación de conocimiento, conllevando a porcentaje alto de estos dos subflujos.

El análisis de componentes principales confirma alta correlación de H1 y H3 con número de niños y número de mujeres, como ya se explicó antes.

4.4 Evaluación emergética y valoración de Sostenibilidad de las Fincas agroecológicas

Para la evaluación emergética de las 14 fincas del estudio en conjunto, se organizan y analizan los datos entregados por el programa EVERMAGE, en tablas sucesivas guardando el orden secuencial de evaluación así: Flujos y depósitos emergéticos por apropiación de conocimiento (descritos en la sección 4.4); flujos emergéticos parciales y subtotales que componen la emergencia total de cada finca; comparativos de emergencias totales; eficiencia emergética de fincas representada por índices emergéticos de sostenibilidad; capital natural y capital de información de las fincas; productos obtenidos en las fincas y sus Transformidades propias; y Potencial de elevación de nivel de formación en las fincas agroecológicas.

Si bien el programa EVERMAGE procesa los datos físicos a unidades emergéticas y entrega resultados de flujos de emergencia, emergencia total y valores emergéticos para determinar sostenibilidad y riqueza de cada finca. También se manejó el conjunto de variables de campo, tanto en unidades físicas como en unidades emergéticas, y los resultados de emergencia e índices emergéticos, utilizando el método de Análisis de Componentes Principales - ACP en el programa SAS versión 9.4, con el propósito de encontrar las relaciones entre todas las variables que explican las 14 fincas. El programa SAS entregó un nuevo conjunto de variables denominadas componentes principales y las ordenó, de acuerdo con la información que llevan incorporadas, en una matriz de correlaciones que permitió tanto la explicación de resultados, como la agrupación de las fincas según la tipificación numérica que realizó el programa. De manera que durante el análisis de evaluación emergética realizada en esta sección, se alude las correlaciones presentadas por el ACP.

4.4.1 Emergia de las fincas de estudio incorporando Acervo sociocultural

En esta sección se agrupan todos los subflujos que componen la emergia usada en cada una de las 14 fincas. (Valores de cada fila para los ítems R_i , N_i , H_i , S_i , y M_i). Revisando la información en conjunto se puede comparar, más bien explicar la diferencia de los valores, los cuales son el resultado de la propia dinámica de la finca en medio de su entorno ambiental, y socioeconómico. El detalle de la Evaluación emergética (Emergia total, capital natural y de información) para cada finca se presenta en los Anexos K, L, M, y el detalle de la evaluación de los subsistemas de cada finca se presenta en el Anexo N

Recursos Renovables (R)

El análisis de aportes de R_i en cada finca se puede realizar de dos formas: a) Utilizando la distribución de porcentajes con respecto al R total de cada finca, y b) revisando los valores Comparativamente entre fincas.

a) Distribución de porcentajes con respecto al R total

La Tabla 4-19, para todas fincas los aportes de emergia debida a sus propios factores medioambientales externos como sol, lluvia (en R_3) y viento es mínimo, representando porcentajes de sus propios R totales menor del 0,1%. Fincas con áreas menores de 1 ha tienen aportes de emergia por R_1 bajos (Figura 4-15), y porcentajes respecto a R cercanos a cero, sin embargo fincas como La Floresta, El Mirador y las fincas de El Dovio, tienen áreas grandes pero baja radiación solar, por ello los aportes por R_1 también son bajos. R_3 en las fincas está marcado por el tamaño de las fincas y la precipitación, con porcentajes de R de 0.01% y 0.09%. Este último en la finca El Jardín marcado tanto por áreas mayores de 2,5 hectáreas y la precipitación de 1.700 mm/año. La velocidad de los vientos en las fincas de estudio varía entre 2 a 3,5 m/s, y por ello el % R_4 , respecto a su R total, es cercano a cero, en todas las fincas.

Para el potencial químico de lluvia, R_2 , todas las fincas registran porcentajes respecto a sus propios Recursos renovables totales entre 0,03 % y 1,08 %. Este subaporte reúne varios identificadores medioambientales de cada finca: su área, su altura sobre nivel del mar, su nivel de precipitación y coeficiente de escorrentía. De esta manera y adaptando el concepto de (M.T. Brown & Ulgiati, 2010), puede decirse que cada finca, por estar inmersa en la geobiosfera, es apoyada y al mismo tiempo restringida por recursos que a menudo no tienen mercados y no pueden valorarse utilizando la voluntad de pagar, pero que son determinantes en flujos emergéticos de Recursos Naturales Renovables, aunque se vean con aportes porcentuales bajos en cada finca.

Altos porcentajes de R, en cada finca, son dados especialmente por Biomasa residual agropecuaria disponible R_9 , Agricultura de subsistencia pecuaria R_{12} y Materiales Renovables para Biofábrica R_{13} según sea la actividad agropecuaria de la finca, conservando interrelación entre las tres. Por ejemplo fincas con potreros para pastoreo bovino tienen alto % R_{12} , pero baja % en R_9 , pues la biomasa residual de bovinos es dispersa en los potreros y no se contabiliza en su totalidad para R_9 , ni en la

fabricación de biopreparados. Mientras que fincas con alta producción de café, cerdos o aves tienen las BR disponibles concentradas con posibilidad de ser recirculada al sistema en forma de biopreparados.

Tabla 4-19: Flujos de Energía por Recursos Naturales Renovables (R) para las fincas de estudio ^a

R No.	Flujos de energía	Energía por finca (sej/año)														
		La Esperanza (44.800 m ²)	La Fortuna (20.000 m ²)	La Esmeralda (Sevilla) (25.600 m ²)	La Floresta (30.000 m ²)	El Jardín (26.000 m ²)	El Caney (10.000 m ²)	El Jordán (3.200 m ²)	La Esmeralda (Tuluá) (4.318 m ²)	Pura Vida (5.740 m ²)	El Mirador (26.000 m ²)	La Piragua (33.875 m ²)	Villa Camila (19.200 m ²)	Las Brisas Miraflores (58.551 m ²)	El Placer Corbones (41.449 m ²)	Multiplicado por
R1	Sol	22,5	10,1	12,9	15,1	18,8	5,6	1,6	2,2	3,2	13,1	17,0	9,7	29,4	20,8	E+13
R2	Potencial químico Lluvia	328,0	244,3	313,5	367,4	757,1	122,0	39,2	72,1	70,3	376,3	641,0	363,0	782,0	554,0	E+13
R3	Geopotencial de lluvia	30,2	12,1	6,3	22,2	63,3	0,3	0,1	1,0	0,1	14,8	14,8	10,5	23,7	14,1	E+13
R4	Cinética del Viento	2,4	1,1	1,4	1,6	0,3	2,1	0,7	0,5	0,7	8,7	3,6	1,0	6,4	4,5	E+13
R5	Banco de semillas	95,9	5,1	183,0	111,4	5,6	55,5	3,2	1,1	57,2	155,7	34,0	9,4	45,4	76,4	E+15
R6	N ₂ atmosférico almacenado en biomasa	7,5	15,5	10,5	8,4	1,5	3,3	3,0	3,1	4,1	10,5	9,6	1,9	13,5	4,9	E+15
R7	P almacenado en biomasa	28,6	28,9	11,8	8,7	0,7	6,6	10,4	6,2	16,9	26,0	11,9	2,8	8,5	9,2	E+15
R8	K almacenado en biomasa	1,8	1,8	1,0	1,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,9	1,5	1,4	0,4	1,2	0,5	E+15
R9	BRA disponible	248,0	96,2	51,1	126,5	37,6	75,2	25,6	22,9	7,1	145,5	180,0	70,5	169,0	158,0	E+16
R10	Abono verde	19,0	54,9	12,5	85,6	0,0	80,5	5,3	3,7	91,2	57,1	242,0	58,4	192,0	43,5	E+15
R11	Productos de subsistencia familia	320,0	132,7	134,1	235,9	56,2	144,0	95,0	141,0	192,2	279,2	238,0	271,0	284,0	221,0	E+15
R12	Agricultura de subsistencia Pecuaria	111,0	129,5	53,9	65,4	1,7	27,4	64,2	52,8	53,8	194,3	434,0	18,4	427,0	228,0	E+16
R13	Materiales Biofábrica ^b	48,4	18,4	23,7	28,2	4,7	6,4	3,4	7,4	105,3	41,0	18,9	16,3	92,8	19,7	E+16
R14	Mano de obra familiar	37,4	18,7	46,8	37,4	18,7	18,7	32,8	42,1	28,1	32,8	28,1	14,0	18,7	18,7	E+16
R15	Especies nativas	13,1	23,9	9,2	9,9	0,0	10,8	10,3	2,6	12,2	17,8	10,0	10,7	4,2	4,2	E+15
R	Total R	493,0	289,3	212,15	304,04	69,91	158	139,0	141,0	231,7	468,8	716,0	155,0	763,0	461,0	E+16

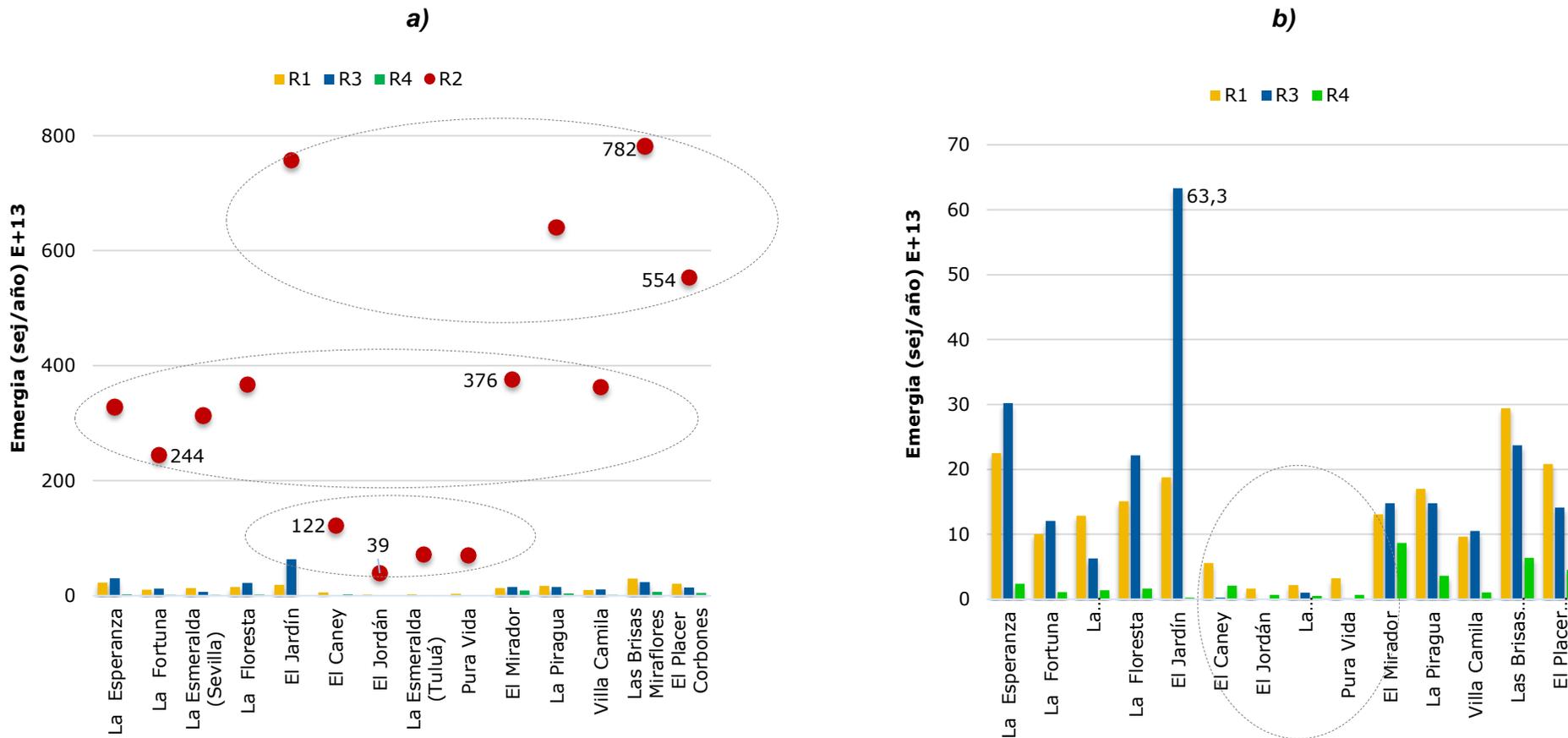
Notas:

a) Los datos detallados para el cálculo de cada Ri se detallan en los anexos K, L, M

b) Para el cálculo de la energía, se tomaron los datos de Muñoz, 2018

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-15: Flujos de Energía por Recursos Naturales Renovables (R) dados por las condiciones geofísicas y climatológicas para las fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de energía dados por las condiciones geofísicas y climatológicas; **b)** Acercamiento de los flujos de energía con menores valores; R1: Sol; R2: Potencial químico de Lluvia; R3: Geopotencial de lluvia; R4: Cinética del Viento
 Fuente: Elaboración propia

b) Valores de R_i Comparativamente entre fincas

Recursos Renovables dados por las Condiciones geofísicas y climatológicas:

Los primeros datos de la Tabla 4-19 representados en la Figura 4-15 sección a) se aprecia que sobresale el flujo por R2 con los aportes de emergencia más elevados, respecto a R1, R3 y R4, los cuales van desde 39,2 E+13 sej/año hasta 782,0 E+13 sej/año. Similitud en área, altura sobre nivel del mar, precipitación, coeficiente de escorrentía y temperatura entre fincas (Tabla 4-2) permite señalar tres grupos de fincas:

- i) Menores valores de R2 en las fincas Pura Vida y las 3 fincas de Tuluá.
- ii) Valores intermedios de R2 para un grupo de 6 fincas con de emergencia, que varían entre los 244,3 E+13 sej/año (La Fortuna) y los 376,3 E+13 sej/año (El Mirador). Los predios de este grupo son similares en cuanto al tamaño de sus áreas, el cual es medio entre 2,0 ha y 2,6 ha, a excepción de La Esperanza con un área grande de 4,48 ha.
- iii) mayores valores para R2, se encuentran en 4 fincas, con valores superiores a 554 E+13 sej/año (El Placer Corbones) e inferiores a 782 E+13 sej/año (Las Brisas Miraflores). Las fincas de este grupo, son las de mayor área, excepto el Jardín.

Los flujos parciales de emergencia por R1, R3 y R4 se muestran en un acercamiento en la Figura 4-15.b, donde se aprecia de manera general, que estos flujos en las fincas de la zona plana con áreas territoriales pequeñas, Pura Vida y los 3 agroecosistemas de Tuluá, tienen un comportamiento semejante, con los valores más bajos, los cuales, se pueden relacionar con la similitud de sus características geofísicas y climatológicas enseñadas en la Tabla 4-2. En las demás fincas, los comportamientos varían en cada flujo, para el caso de R1, los valores son cercanos a los 15E+13 sej/año y en 3 de las fincas los valores superan 20 E+13 sej/año. Para R3, los valores giran alrededor de los 10 E+13 sej/año y 20 E+13 sej/año, destacándose El Jardín, con el valor más alto y alejado de las demás fincas con 63,3 E+13 sej/año. Finalmente, R4 es el flujo con menores aportes, que no superan los 9,0 E+13 sej/año.

Recursos Renovables dados por los Minerales almacenados en biomasa

La fijación de minerales en las fincas está muy relacionada con las especies sembradas por los agricultores en sus predios según sus propios diseños. La producción/año de cada producto presente en la finca (ya sea agrícola, pecuario) y la composición nutricional dada en el Anexo C, determinan el nitrógeno, fósforo y potasio almacenado en biomasa en la finca anualmente presentados en la Figura 4-16

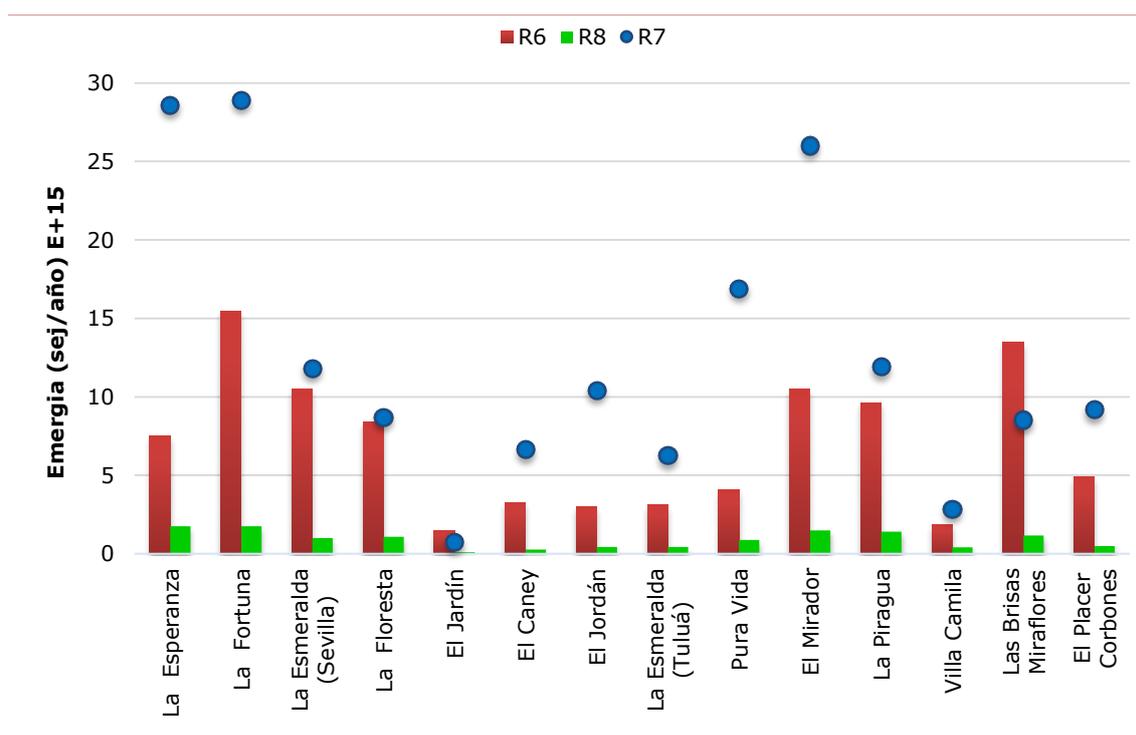
En la Figura 4-16 los valores de emergencia más altos es por fósforo almacenado en biomasa, R7, con valores entre 16 E+15 y 29 E+15 sej/año, para las fincas La Esperanza, La Fortuna, El Mirador y Pura Vida. Fincas que se caracterizan por altas producciones de banano, granos, cerdos y curíes. Los valores bajos para R7, menores

de 6,6 E+15 sej/año, indican que las fincas, como Villa Camila, La Esmeralda Tuluá y el Caney, tienen bajas producciones de los productos anteriores o uno solo de ellos.

La fijación de Nitrógeno R6, en las fincas está muy relacionada con la presencia de Forrajes, abonos verdes y pasturas, para este último caso el área de la finca es factor limitante. Todas las fincas tienen forrajes variados y por ello los Valores de emergencia para R6 son variados. Seis fincas tienen valores menores de 4,0 E+15. Entre este último valor y 10 E+15 son valores de emergencia para otras 6 fincas. Valores altos de R6, en La Fortuna y Brisas Miraflores tienen alta relación con áreas grandes de potreros y especie de pasto.

La fijación de Potasio R8, tiene los menores valores de emergencia (menor a 1,9 E+15 sej/año) comparativamente con fósforo y Nitrógeno. Las fincas con apreciable producción de plátano y banano tienen los valores mayores de R8.

Figura 4-16: Flujos de Emergia por Recursos Naturales Renovables dados por minerales almacenados en biomasa para las Fincas de estudio



Recursos Naturales Renovables dados por: R6: Nitrógeno atmosférico; R7: Fosforo almacenado en biomasa; R8: Potasio almacenado en biomasa

Fuente: Elaboración propia

Flujo por Recursos Renovables dados por Producción agropecuaria y mano de obra

En la Figura 4-17a, se observa que la Agricultura de subsistencia para la actividad pecuaria R12, alcanza los valores más elevados en 2 fincas (La Piragua y Las Brisas

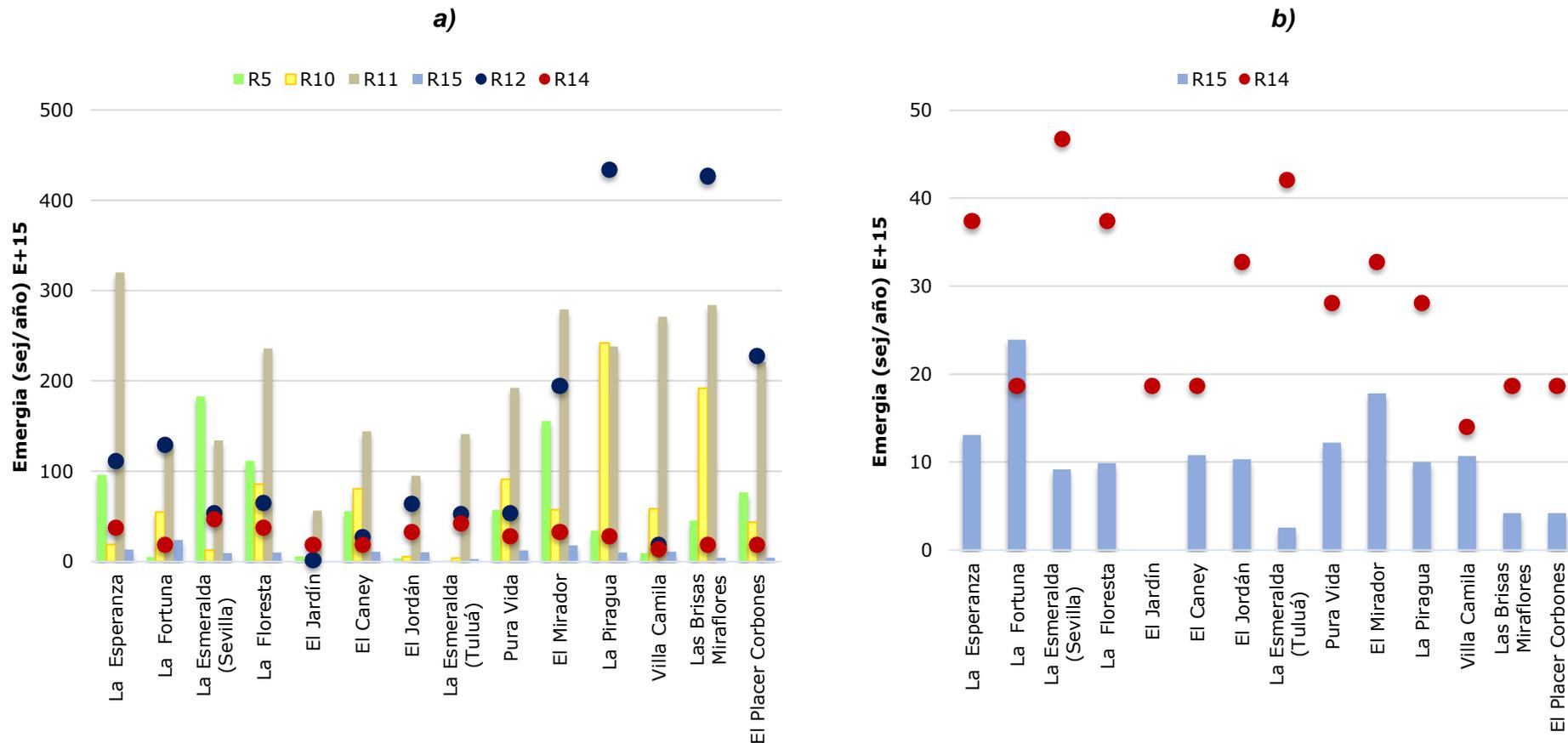
Miraflores), donde se supera los 400 E+15 sej/año, pero en general, la mayoría de las fincas (8), presentan valores similares e inferiores a los 70 E+15 sej/año. Estos resultados, están relacionados con el tamaño de los predios, dado que, las fincas con mayor área poseen cabezas de ganado bovino, que requieren alto consumo de alimentos (especialmente forrajes y pastos), seguido de animales como los cerdos y las cabras. Mientras que las fincas más pequeñas, encuentran restringido el espacio para la producción de alimento y el mantenimiento extensivo de algunas de estas especies. Se observa, que todas las fincas cuentan con los productos agrícolas necesarios para aprovisionar su actividad pecuaria, como una característica agroecológica que permite reciclaje de biomasa, eficiencia en producción integral, soberanía y seguridad alimentaria en cada agroecosistema.

En cuanto a los flujos por Productos para la subsistencia de la familia, R11, se aprecia en la Figura 4-17.a, un aporte significativo, que inclusive supera los valores de R12 en 10 de las fincas. Estos aportes, son similares entre ellos, no llegan a niveles bajos y se mantienen cercanos o superiores a los 100 E+15 sej/año. Lo anterior, se explica dada la semejanza en el número de familiares (entre 2 y 7 personas), a la disponibilidad, acceso y estabilidad, continua en el tiempo, de alimentos sanos para el autoabastecimiento, en donde se destacan los granos y los productos de huerta. El flujo por R11 en todas las fincas, evidencia la importancia de la agroecología para la soberanía y seguridad alimentaria de las comunidades rurales.

Para el caso de la producción de Abono verde, R10 (Figura 4-17a) predominan fincas con características geofísicas y climatológicas opuestas, debido que, las 2 propiedades con aportes sobresalientes de emergencia, son las de mayor área ubicadas en la zona de ladera montañosa (La Piragua y Las Brisas Miraflores), seguidas, por 2 de las fincas de menor área localizadas en la zona plana (Pura Vida y El Caney). Este resultado, deriva en que las fincas más pequeñas logran el máximo aprovechamiento de su terreno, en la siembra y conservación de especies de abonos verdes en asociación, para el mantenimiento de la humedad, la fijación de minerales, el mejoramiento del suelo y el abastecimiento de la actividad pecuaria, entre otras.

En cuanto a la emergencia por banco de semillas, R5, se encuentran flujos prominentes superiores a los 100 E+15 sej/año (La Esmeralda, El Mirador, La Floresta), en los predios con mayores producciones de algunas especies como la yuca, caña, granos y algunos productos de huerta, destinados a la conservación.

Figura 4-17: Flujos de Energía por Recursos Naturales Renovables (R) dados por la producción agropecuaria y mano de obra para las fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de energía dados por la producción agropecuaria y mano de obra; b) Acercamiento de los flujos de energía con menores valores; R5: Banco de semillas; R10: Abono verde; R11: Productos de subsistencia familia; R12: Agricultura de subsistencia pecuaria; R14: Mano de obra interna y familiar; R15: Especies nativas pecuarias

Fuente: Elaboración propia

En este estudio, la cuantificación del flujo parcial de energía renovable por mano de obra interna familiar se establece como un requisito de base misional de la agroecología. De hecho, el aporte de trabajo de las familias residentes al interior de las fincas fue uno de los criterios en la selección de fincas a incluir en el estudio. Aunque en el álgebra de (Howard T Odum, 1996), para hallar la Emergia, solo se contabilizan los flujos que cruzan los límites de los sistemas, coincido con Agostinho y Ortega (2012); Stewart et al., (2005), quienes consideran que pequeños sistemas agrícolas administrados por familias no funcionan sin la labor interna de la familia. Este aporte de mano de obra es muy característico de cada finca, dándose el caso de familias muy pequeñas o grandes administrando las fincas.

Los flujos parciales de energía más pequeños dados por R14 y R15, se muestran en un acercamiento en la Figura 4-17.b. Para el caso de los flujos por Especies nativas pecuarias, R15, estos son más constantes y cercanos a los 10 E+13 sej/año, valor relacionado con la similitud en la tenencia de mínimo 5 aves nativas, conejos y curies

Para R14, por Mano de obra interna, se aprecia dispersión en valores, explicado por las particularidades de la composición familiar. En el caso de las fincas con flujos bajos e inferiores a 20 E+15 sej/año, tienen en común, que hay menos de 4 integrantes y ausencia de niños; mientras que en fincas con R14 alta se encuentran hasta 7 miembros, conformados por niños, hombres y se destaca la presencia de al menos 2 mujeres..

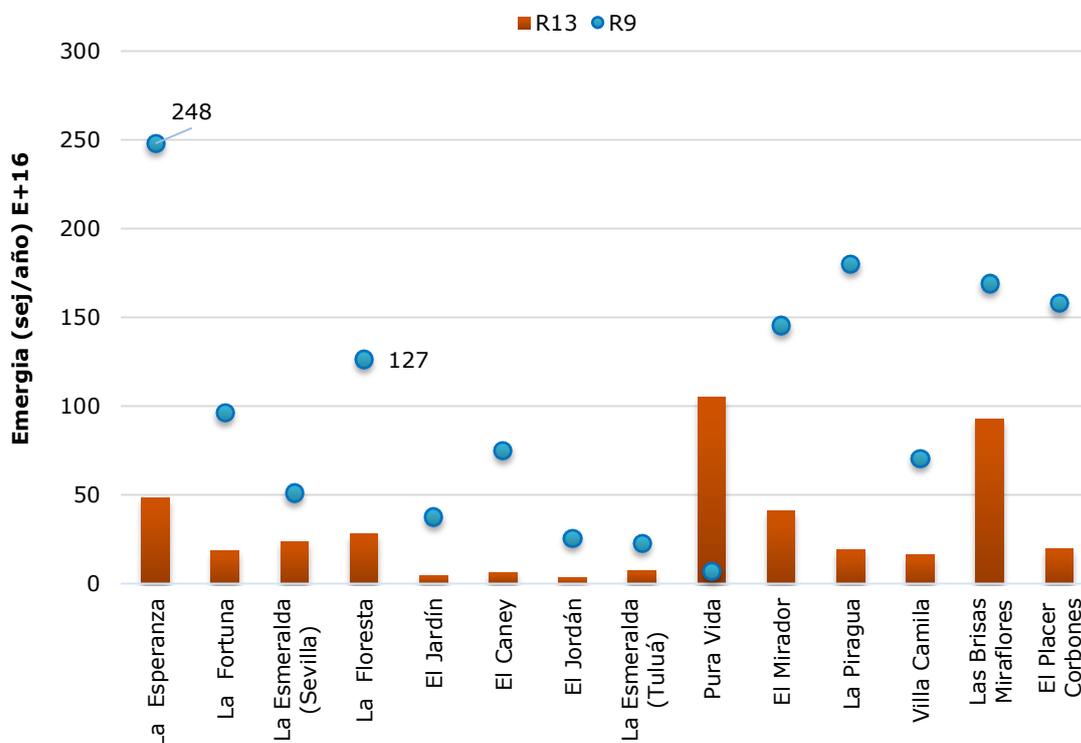
Flujo por Recursos Renovables dados por biomasas y materiales para biofábrica

Se observa en la Figura 4-18 y Tabla 4-27, que los flujos más altos dados por Biomasa residual agropecuaria disponible, R9, se encuentran por encima de los 127 E+16 sej/año en las 6 fincas con mayor espacio territorial, a excepción de El Jardín. Estos agroecosistemas, tienen en común algunas de las siguientes conformaciones: i) un subsistema agrícola con producciones especialmente de café, banano, frutales y/o granos; ii) una zona de árboles forestales, destacándose la guadua y/o guamos; y iii) un área de bosques altamente productores de hojarasca. Se encuentra en los anteriores agroecosistemas, que la biomasa residual de actividad agrícola es determinante para R9, mientras que en las fincas con área menor a 1,0 ha y los aportes más bajos inferiores a 15 E+16 sej/año (El Jordán, La Esmeralda, Pura Vida), es marcado por la biomasa residual del subsistema pecuario, principalmente por aves y cerdos.

En cuanto a los Materiales renovables de uso en la biofábrica, R13, se observa el mayor flujo, en Pura Vida (Figura 4-18), sin embargo, este resultado se debe a la inclusión de otros materiales usados en la elaboración de concentrados, puesto que, es la única finca con tal característica; así, su aporte real por materiales para biofábrica es del 36,1% del total de la energía, que equivale a 38,11 E+16 sej/año. Por consiguiente, las fincas con flujos sobresalientes en orden decreciente, son Las Brisas Miraflores, La Esperanza, El Mirador y Pura Vida, las cuales, cuentan con las instalaciones más grandes y especializadas en la obtención de biopreparados, logrando un máximo aprovechamiento de materiales y biomasas residuales,

especialmente pecuarias. Las demás fincas, cuentan con flujos similares entre ellas, con biofábricas de menor tamaño que satisfacen sus requerimientos y con posibilidades de ampliación.

Figura 4-18: Flujos de Energía por Recursos Naturales Renovables (R) dados por biomasa y materiales para biofábrica para las fincas de estudio



Recursos Naturales Renovables dados por: R9: Biomasa Residual disponible; R13: Materiales Renovables para Biofábrica

Fuente: Elaboración propia

Recursos Naturales No Renovables (N)

Del total de la energía de cada finca, los aportes continuos de energía No renovables (N) por pérdida de suelo y minerales que salen del agrosistema en los productos que van al mercado es baja. Demostrando que el manejo integral de las finca, en cuanto a ordenación de cultivos y prácticas agrícolas, cuidan los suelos aún si las fincas se encuentran en terrenos de alta pendiente. Sin embargo, al comparar los flujos N_i , entre fincas como se muestra en la Tabla 4-20 y Figura 4-19.a, los mayores flujos de energía están dados por pérdida de suelo, N_1 . Los valores altos, entre 30 E+15 y 60 E+15 sej/año corresponde a fincas de áreas mayores y pendientes altas (como El Jardín con 60% pendiente) y fincas a mayor altura de 1.500 msnm.

Los valores bajos para N_1 (menores de 10 E+15 sej/año) corresponde a fincas pequeñas en áreas, de poca pendiente y ubicadas por debajo de los 1.000 msnm.

Tabla 4-20: Flujos de Emergia por Recursos Naturales No Renovables (N) para las fincas de estudio ^{a, b}

Finca/ Flujo de emergia	Emergia por finca (sej/año)				
	N1	N2	N3	N4	N total
	E+16	E+15	E+15	E+15	E+16
La Esperanza	3,37	2,39	0,54	0,52	3,72
La Fortuna	3,01	0,44	0,11	0,09	3,07
La Esmeralda (Sevilla)	1,93	0,68	0,17	0,13	2,02
La Floresta	4,52	0,94	0,25	0,17	4,65
El Jardín	6,02	0,07	0,04	0,01	6,03
El Caney	0,03	1,17	0,77	0,19	0,24
El Jordán	0,01	0,35	0,08	0,02	0,05
La Esmeralda (Tuluá)	0,65	0,56	0,15	0,05	0,73
Pura Vida	0,01	1,06	1,20	0,04	0,24
El Mirador	3,91	0,71	0,21	0,07	4,01
La Piragua	1,70	0,46	0,14	0,05	1,76
Villa Camila	0,96	0,22	0,07	0,06	1,00
Las Brisas Miraflores	4,41	0,50	0,14	0,09	4,48
El Placer Corbones	3,12	0,32	0,09	0,06	3,17

Notas:

a) N1: Pérdida de suelo; N2: Nitrógeno (N₂)solubilizado; N3: Fosforo (P) solubilizado; N4: Potasio (K) solubilizado

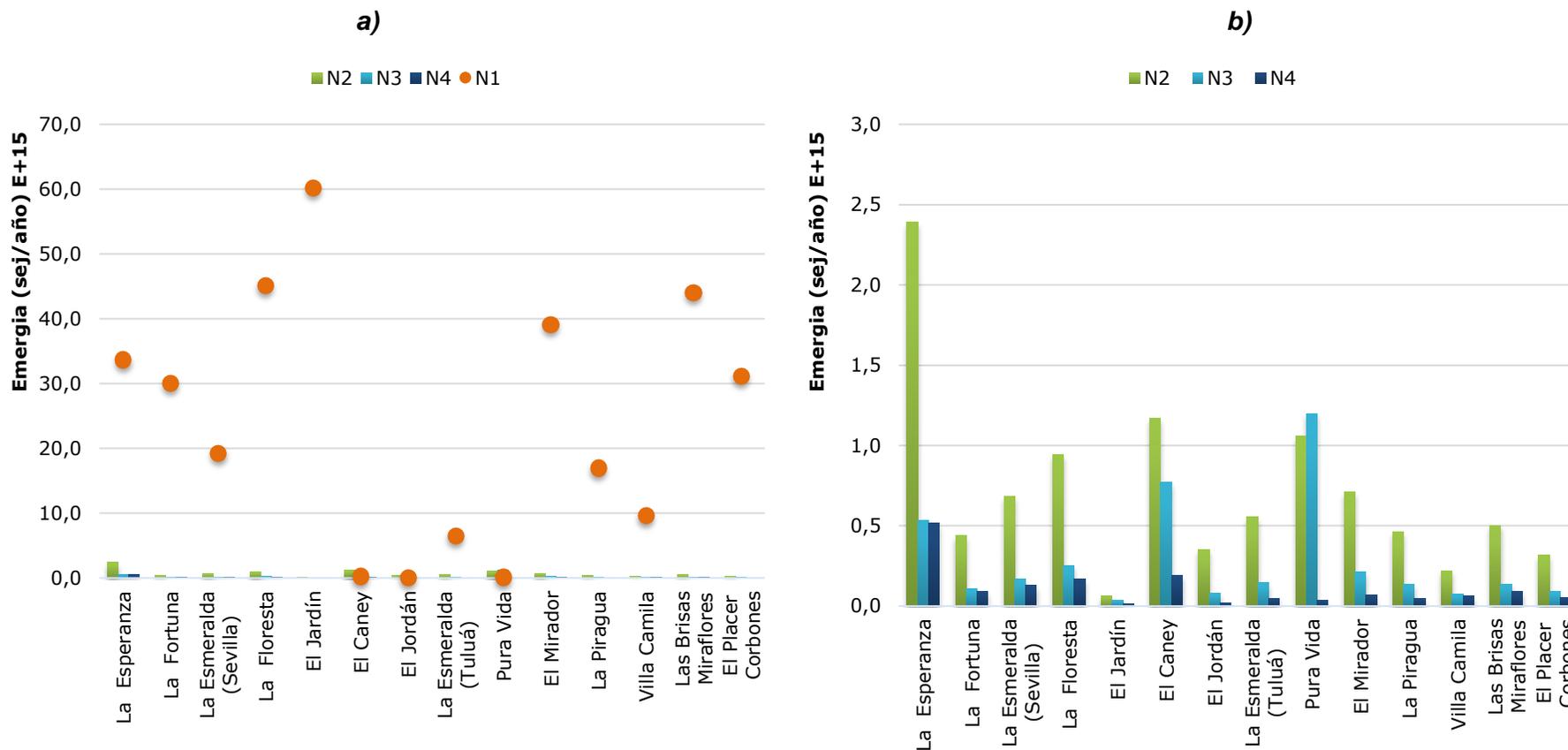
b) Datos detallados para el cálculo de cada N_i se describen en los anexos K, L, M

Fuente: Elaboración propia

Comparativamente con N1, los flujos de emergia No renovables por minerales que salen de la finca en los productos son mínimos. El acercamiento en la Figura 4-19.b, indica que todas las fincas tienen pérdidas de nitrógeno, N2 mayores a las de fósforo y potasio solubilizado. La Esperanza supera las salidas de nitrógeno un valor de emergia de N2 de 2,4 E+15 sej/año, seguido por tres fincas con emergia por N2 cercana a 1,0 E+15 sej/año. Las otras 10 fincas tienen valores para N2 menores de 0,7 E+15 sej/año. Los valores de emergia para N2 están relacionados con la cantidad de banano, pancoger y hortalizas de la huerta que se llevan al mercado.

Hay menor variabilidad en los valores de N3, por pérdida de fósforo solubilizado. Las fincas con N2 intermedio muestran salidas altas de fósforo, el cual está correlacionado con las cantidades de proteína blanca de aves y granos para el mercado, como se aprecia para Pura Vida (1,2 E+15 sej/año) quien presenta el mayor valor de N2. La salida de potasio solubilizado, N4, más alta únicamente para La Esperanza con 0,52 E+15 sej/año y está relacionado con la venta de banano, plátano frutales, Pancoger y productos que salen de la finca. Las demás fincas tienen valores de N4 bastante bajos.

Figura 4-19: Flujos de Energía por Recursos Naturales No Renovables (N) dados por pérdida de suelo y minerales solubilizados para las fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de energía dados por Recursos Naturales No Renovables (N); b) Acercamiento de los flujos de energía con menores valores; N1: Pérdida de suelo; N2: Nitrógeno (N₂) solubilizado; N3: Fosforo (P) solubilizado; N4: Potasio (K) solubilizado

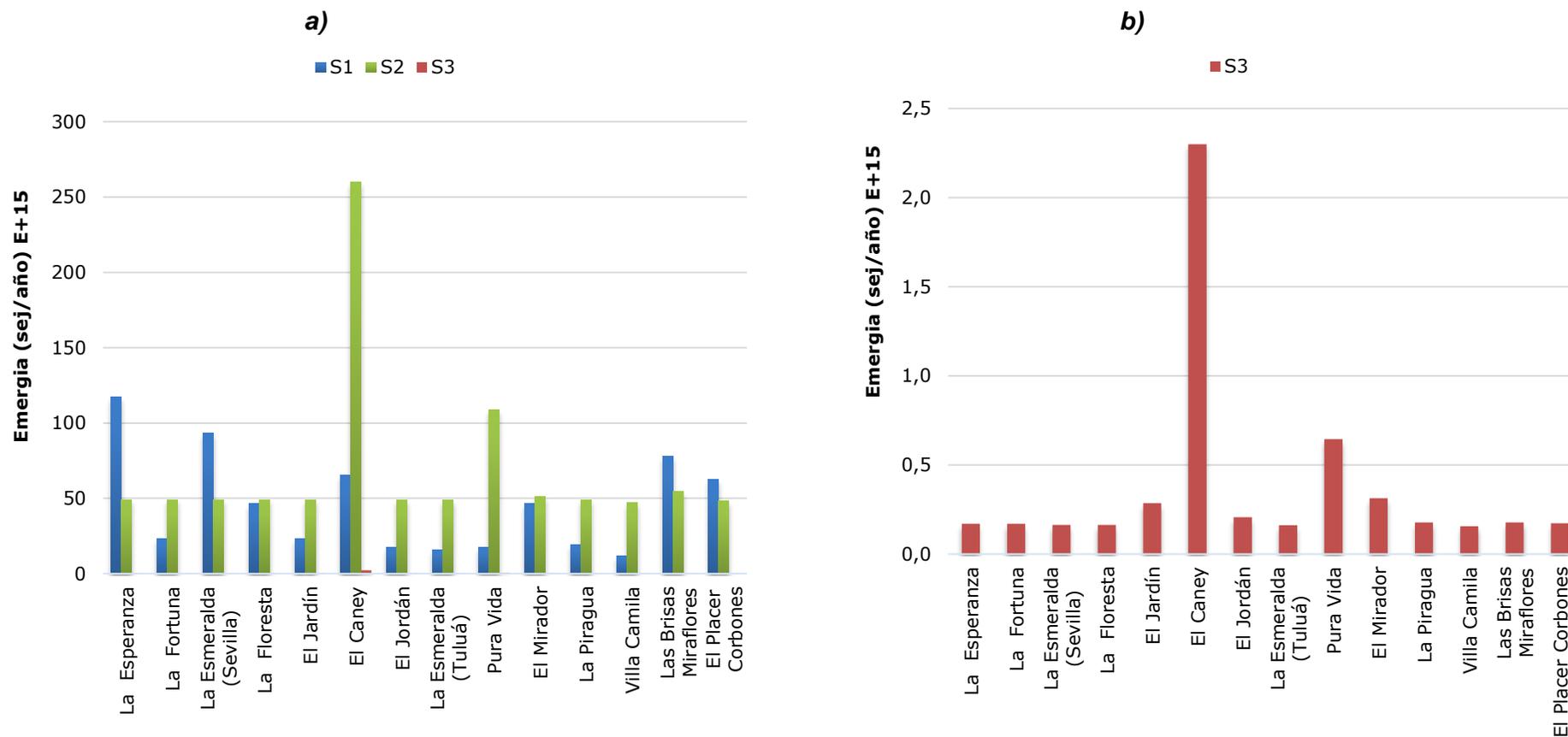
Fuente: Elaboración propia

Servicios Externos (S)

La emergencia por el consumo del Servicio público de Electricidad, S2, expuesto en la Figura 4-20.a, muestra un flujo notablemente superior en la finca El Caney (260 E+15 sej/año) seguida de Pura Vida, las cuales se destacan por el uso de maquinaria para la extracción de agua, equipo para riego y fábrica de concentrados. Las 12 fincas restantes, presentan flujos próximos entre sí, cercanos a 50 E+15 sej/año que se relacionan con el consumo básico de vivienda. Aunque, la emergencia por el Servicios público de Agua, S3, es mucho menor en proporción con S2, en la Figura 4-20.b se observa un comportamiento semejante de estos flujos, donde se destacan las 2 fincas nombradas anteriormente, con aportes dados por el consumo de agua para riego, bebida de los animales, lavado del sistema pecuario y para el sacrificio de pollos. En las demás fincas, se mantienen flujos de emergencia semejantes, dados únicamente por los consumos esenciales para satisfacer los requerimientos del agroecosistema.

Como se observa en la Figura 4-20.a en 5 de las fincas se presentan flujos energéticos elevados superiores a 60 E+15 sej/año, dados por Mano de obra externa, S1, contratada de forma esporádica. Estas fincas, se caracterizan por manejar algunos cultivos como el café o el maíz, que requieren el apoyo de varias personas externas solo por temporadas. Otros trabajadores se contratan por algunos días a la semana, para realizar actividades agropecuarias continuas durante todo el año, pero que no requieren de un tiempo completo. Las otras 9 fincas, con emergencia alrededor de 20 E+15 sej/año, tienen contrataciones bajas, dado que la agricultura es sostenida en gran parte por el personal familiar, la mayoría cuenta con frutales y musáceas y la actividad pecuaria no requiere personal externo.

Figura 4-20: Flujos de Energía por Servicios de la Economía Urbana (S) para las fincas de estudio



a) Comparativo de los flujos de energía dados por la producción agropecuaria y mano de obra; b) Acercamiento de los flujos de energía con menores valores; S1: Mano de obra Externa; S2: Servicio público de Electricidad; S3: Servicios público de Agua

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-21: Flujos de Emergia por Servicios de la Economía Urbana (S) para las fincas de estudio ^{a, b}

Finca/ Flujo de emergia	Emergia por finca (sej/año) E+15			
	S1	S2	S3	S
La Esperanza	117,3	49,1	0,2	16,7
La Fortuna	23,4	49,1	0,2	7,3
La Esmeralda (Sevilla)	93,6	49,1	0,2	14,3
La Floresta	46,8	49,1	0,2	9,6
El Jardín	23,4	49,1	0,3	7,3
El Caney	65,5	260,0	2,3	32,8
El Jordán	17,6	49,1	0,2	6,7
La Esmeralda (Tuluá)	15,6	49,1	0,2	6,5
Pura Vida	17,6	108,9	0,6	12,7
El Mirador	46,8	51,2	0,3	9,8
La Piragua	19,5	49,1	0,2	6,9
Villa Camila	11,7	47,1	0,2	5,9
Las Brisas Miraflores	78,0	54,5	0,2	13,3
El Placer Corbones	62,4	48,1	0,2	11,1

Notas:

- a) S1: Mano de obra Externa; S2: Servicio público de Electricidad; S3: Servicios público de Agua
- b) Los datos detallados para el cálculo de cada Si, se detallan en los anexos K, L, M

Fuente: Elaboración propia

Materiales o insumos externos (M)

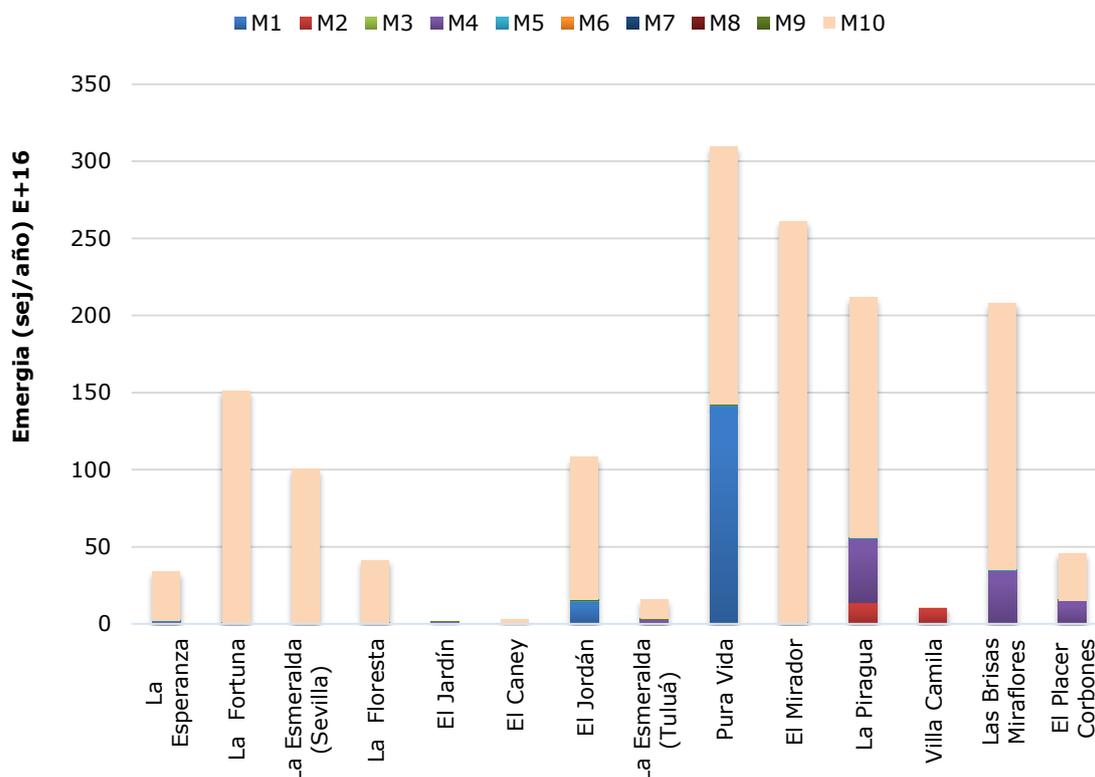
Los flujos emergéticos parciales dados por los materiales comprados, M, se presentan en la Figura 4-21 y Tabla 4-22, donde se observa un aporte significativo por 4 flujos principalmente. El primero, es dado por las Crías pecuarias, M10, que representan los subsistemas de cada finca; el segundo, por las Semillas de la región para consumo pecuario, M1, adquiridas en compra o intercambio con los agroecosistema vecinos; el tercero, por los Minerales, Sales y Fertilizantes de síntesis, M4, utilizados para la elaboración de biopreparados y los fertilizantes en los cultivos; y el cuarto, en menor proporción, es dado por los Concentrados de la región, M2, para abastecer los requerimientos alimenticios de las cabezas de ganado. Los 6 flujos de emergia restantes M3, M5 y del M6 al M9, tienen un aporte mínimo casi imperceptible en la gráfica, aunque en todas las fincas hay consumo de ellos.

En la Figura 4-21 y Tabla 4-22, también se observan 4 fincas con flujos elevados por la compra de materiales totales, M, que exceden los 200 E+16 sej/año, entre las cuales

se encuentra Pura Vida, con compras especialmente de crías de pollos y de las semillas que demanda la actividad pecuaria, dado que, al poseer un área pequeña, encuentra restringida su producción. En seguida, está la finca El Mirador, con un aporte de energía representado por la adquisición de crías, especialmente lechones y pollitos. En orden descendente, se encuentra La Piragua, con la compra representativa de terneros y concentrados de la región. Finalmente, en este grupo de agroecosistemas con mayores compras, está Las Brisas Miraflores, con la compra de terneros y fertilizantes utilizados en el café, banano y plátano.

De manera general, los demás predios tienen compras menores, dado que sus actividades pecuarias están dadas por especies como conejos y curíes, los cuales se obtienen en la misma finca, al igual que las semillas, ahorrando la compra de concentrados.

Figura 4-21: Flujos de Emergia por Materiales de la Economía Urbana (M) para las fincas de estudio



M1: Semillas de la región para consumo pecuario; M2: Concentrados de la región; M3: Plásticos y cauchos; M4: Minerales, sales y fertilizantes de síntesis; M5: Combustibles; M6: Herramientas de acero; M7: Construcciones varias y herramientas madera; M8: Maquinaria y equipo mecánico; M9: Infraestructura; M10: Crías pecuarias.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-22: Flujos de Energía por Materiales de la Economía Urbana o Insumos externos (M) para las fincas de estudio ^a

R No.	Flujos de energía	Energía por finca (sej/año)														Multiplicado por
		La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	
M1	Semillas de la región consumo pecuario	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	141,0	0,0	1413,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	E+15
M2	Concentrados de la región	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	140,0	103,0	0,0	0,0	E+15
M3	Plásticos y cauchos	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	E+15
M4	Minerales, sales y fertilizantes de síntesis	17,5	0,0	0,0	0,0	13,4	0,2	0,2	27,4	0,1	0,5	415,0	0,5	347,0	149,0	E+15
M5	Combustibles	5,0	4,2	4,2	5,0	0,0	0,8	12,6	2,3	7,2	6,6	0,8	0,0	3,9	3,9	E+15
M6	Herramientas acero	7,3	6,6	6,6	6,6	3,9	4,1	4,1	21,6	4,5	6,6	6,6	6,6	5,5	4,9	E+10
M7	Construcciones varias y herramientas madera	41,7	45,2	25,9	35,7	3,2	14,2	42,9	45,7	100,5	97,1	17,0	10,1	38,9	32,7	E+10
M8	Maquinaria y equipo mecánico	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	18,0	0,3	0,3	35,1	0,6	0,3	0,0	17,7	0,3	E+10
M9	Infraestructura	0,5	0,5	0,5	0,7	0,2	0,4	0,4	0,7	1,2	0,8	0,4	0,3	0,4	0,4	E+15
M10	Crías pecuarias	31,7	150,7	99,8	40,6	0,0	2,6	92,8	12,6	167,1	260,6	156,0	0,1	173,0	30,5	E+16
M	Total Materiales M	34,0	151,2	100,3	41,2	1,3	2,8	108,0	15,6	309,3	261,4	212,0	10,5	208,0	45,9	E+16

Nota:

a) Los datos detallados para el cálculo de cada Mi se detallan en los anexos K, L, M

Fuente: Elaboración propia

Energía total (Y)

La Energía total de las fincas agroecológicas evaluadas en este estudio (Y), son valores valiosos en una cuantificación de economía ecológica, pues se entregan los valores de energía solar equivalente (sej/año), necesarios para generar la diversidad de productos, los servicios Ecosistémicos, el conocimiento e información, que identifican la producción agroecológica para la zona centro norte del Valle del Cauca.

Como se ha venido exponiendo a través del estudio, para llegar a los valores de Energía total de cada finca (Y), se fueron adicionando recursos de diferentes tipos hasta la convergencia de insumos renovables y no renovables en el tiempo y escalas espaciales. Cuanto mayor sea la energía (Y) de una finca agroecológica, mayor será la necesidad del soporte ambiental y de la economía para el proceso y los distintos productos.

El valor numérico de Y para una finca agroecológica, conduce a la idea de la mayor o menor convergencia de recursos renovables, no renovables o materiales de la economía utilizados en un territorio ubicado en un lugar geofísico específico, en un tiempo determinado para la producción de:

- i) Productos que garantizan la soberanía y seguridad alimentaria al interior de la finca.
- ii) Productos que participan en la economía local a través de los mercados agroecológicos.
- iii) Subproductos renovables que soportan las fincas y constituyen depósitos (concentraciones de materia, energía e información), que, de manera semejante a la auto organización de los sistemas naturales, exhiben pulsos entre el almacenamiento y la liberación de energía en forma de nutrientes, biomasa, poblaciones e información (Odum, 1996a & Odum, 1996b), utilizando y disipando energía más rápido y maximizan las transformaciones de energía útiles. Estos depósitos en las fincas ofrecen servicios Ecosistémicos que influyen las regiones positivamente.
- iv) Valores emergéticos que dan idea del valor del trabajo familiar como mano de obra, y, especialmente, en la labor de cuidado y lectura permanente de cada área del sistemas agroecológico para mantenerlo bajo el control posible al ser humano.
- v) Valores emergéticos que contabilizan las tareas de interacción de las familias con otros grupos sociales, para el fortalecimiento de la cultura agroecológica y la reinversión de conocimientos en los agroecosistemas para mejor control, calidad de vida y bienestar humano.
- vi) Valores emergéticos que contabilizan la apropiación de conocimiento, generación de información y trasmisión de memoria de información, en las

fincas, con el potencial de formalizar avances en los niveles de formación de las personas colegiadas al sistema agroecológico.

Nótese que fue necesario aclarar “Y para una finca agroecológica”, para llamar la atención en cuanto a que las tablas de cálculo del programa EVERMAGE fueron diseñadas, en este estudio, especialmente de acuerdo a la dinámica agroecológica observada en las fincas (durante la etapa de campo), y también a la diversidad biológica y cultural propia de la zona de estudio. También las Transformidades utilizadas para la conversión de todos los insumos (masa, energía e información) de cada agroecosistema, fueron calculadas en el contexto nacional y local Colombiano.

Tabla 4-23: Flujos totales, emergencia total y emergencia total absoluta para las fincas de estudio ^{a, b}

Finca/ Flujos totales de emergencia	Emergencia por finca (sej/año) E+16						Yabs (sej/ha.año)
	R	N	H	S	M	Y	
La Esperanza	493,0	3,7	551,0	16,7	34,0	1.099,0	245,3
La Fortuna	289,3	3,1	381,2	7,3	151,2	832,0	416,0
La Esmeralda (Sevilla)	212,2	2,0	333,3	14,3	100,3	662,0	259,0
La Floresta	304,0	4,7	443,6	9,6	41,2	803,0	268,0
El Jardín	69,9	6,0	21,0	7,3	1,3	106,0	26,4
El Caney	158,0	0,2	154,0	32,8	2,8	348,0	348,0
El Jordán	139,0	0,1	314,0	6,7	108,0	568,0	1780,0
La Esmeralda (Tuluá)	141,0	0,7	192,0	6,5	15,6	356,0	825,0
Pura Vida	231,7	0,2	236,2	12,7	309,3	790,0	1380,0
El Mirador	468,8	4,0	558,0	9,8	261,4	1.302,1	501,0
La Piragua	716,0	1,8	467,0	6,9	212,0	1.400,0	415,0
Villa Camila	155,0	1,0	193,0	5,9	10,5	365,0	190,0
Las Brisas Miraflores	763,0	4,5	391,0	13,3	208,0	1.380,0	236,0
El Placer Corbones	461,0	3,2	296,0	11,1	45,9	817,0	197,0

Notas:

- a) R: Recursos naturales renovables; N: Recursos naturales no renovables; H: Acervo sociocultural; S: Servicios de la economía urbana; M: Materiales de la economía urbana o insumos externos; Y: Emergencia total = R + N + H + S. + M; Yabs: Emergencia total absoluta = Y / área).
- b) Los datos detallados para el cálculo de cada flujo se detallan en los anexos K, L, M

Fuente: Elaboración propia

Observando la Tabla 4-23 y la Figura 4-22.a: en la composición de la Emergia total de las fincas, por lo regular hay mayor contribución por Acervo sociocultural, H, siendo éste, el más representativo en 8 de las fincas. Para 6 fincas el aporte mayor es por Recursos renovables, R. Los valores de Y varían así: 1 finca con Y igual a 26,4 E+16 sej/año, 11 fincas con Y menor de 1000 E+16 sej/año, y 2 fincas con Y entre 1300 y 1800 E+16 sej/año. Cada valor de Y debe ir acompañado con la observación de la distribución de aportes de emergia por recursos renovables totales (R y H) y no renovables (N, M y S) presentado en la Figura 4-22

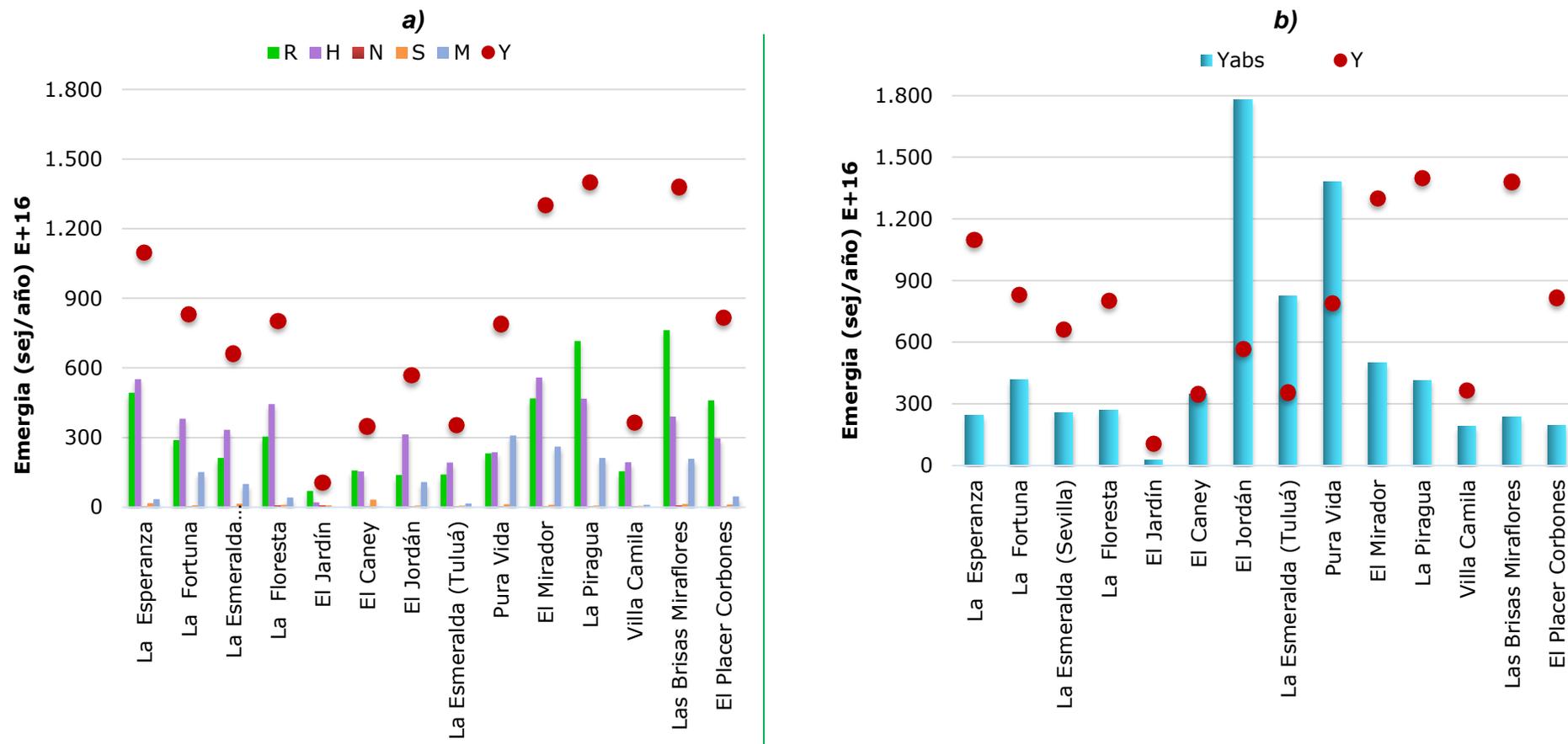
Detallando las Tabla 4-23 y la Figura 4-22, queda demostrado que todas las fincas del estudio tienen altos aportes de recursos renovables totales respecto de Y: 9 fincas con aportes mayores del 82%, 4 fincas con aportes renovables totales entre 78 y 79% y 1 finca con aportes de 59,2%.

En la Figura 4-22.b, se observa que la Emergia total, Y, utilizada en el conjunto de fincas, difiere considerablemente con la Emergia total absoluta, Yabs. Para los 3 agroecosistemas de menor extensión (El Jordán, La Esmeralda Tuluá y Pura Vida), se presentan las Yabs más elevadas, lo que indica, un mayor aprovechamiento de recursos y desarrollo de actividades por unidad de área (ha). Por tanto, estas fincas son claro ejemplo de lograr, en predios con espacios limitados, una producción sana con altos rendimientos en términos emergéticos, para el mantenimiento del bienestar, la soberanía y seguridad alimentaria de la familia y la región, en una óptima relación con el medio ambiente y la sociedad.

Por su parte, en El Caney se presenta el mismo valor para Y como para Yabs, dado que cuenta con un área territorial, igual a 1,0 ha. En las 10 fincas restantes, Yabs es notoriamente mucho menor que Y, dado que algunas, cuentan con grandes zonas para la conservación de bosques, donde las prácticas son menos frecuentes, respecto a su área, y otras como El Jardín, donde no se realiza mayores actividades, debido a la avanzada edad de sus propietarios.

Se observa de manera general en las anteriores fincas, a excepción de El Jardín, que la emergia total absoluta, es similar entre ellas, con un equilibrio en la producción agropecuaria y las actividades de conservación de los agroecosistemas, que disminuyen la presión de los mismos.

Figura 4-22: Flujos totales, Energía total y Energía total absoluta para las fincas de estudio



a) Comparación de los Flujos totales y las Energías totales; b) Comparación entre Energía total y Energía total absoluta; R: Recursos naturales renovables; H: Acervo sociocultural; N: Recursos naturales no renovables; S: Servicios de la economía urbana; M: Materiales de la economía urbana o insumos externos; Y: Energía total = R + N + H + S + M; Yabs: Energía total absoluta = Y / área).

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Transformidades de los productos de las fincas de estudio (TF)

La Tabla 4-24, expone otra parte de la riqueza real de las Fincas: las cantidades y variedad de productos agroecológicos y las propias Transformidades. El renglón de la tabla destacado en verde muestra la producción en kg/año de todos los productos obtenidos en las fincas; también se exponen las Transformidades (TF6) del total de productos agropecuarios producidos en las fincas, en las condiciones de flujos de materiales, energía, información y estructura sociocultural, ya detallada para cada finca.

Los productos

La configuración y manejo que cada familia ha dado a su finca determinan cantidades y variedades de productos en cada finca. Si bien el renglón verde de la Tabla 4-24, expone las cantidades de productos (incluyen: productos agrícolas de uso humano, forrajes, pastos, abonos verdes, productos forestales y productos pecuarios), para ver la variedad de los productos de cada finca se requiere consultar la sección 4.1 (caracterización de las fincas) y archivo de cada productor en el programa EVERMAGE. Allí se puede ver variedad de productos:

- i) Por especie, por ejemplo: café (*Coffia Arabica*), Mafafa (*Xanthosoma Sagittifolium*), yuca (*Manihot esculenta*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, *Schumach*), yacón (*Smallanthus sonchifolius*), cidra (*Sechium edule*), cacao (*Theobroma cacao*, L.), guamos (*Inga sp*), banano (*Musa acuminata Colla*), huevos, etc.
- ii) Por forma de producción y variedad, por ejemplo: café con sombrío de guamos, café en SAF, café variedad Tabi o variedad Castillo, banano Gros Michel, huevos de gallina criolla, huevos de gallina Rhode Island, leche de vaca, leche de cabra, etc.

El número total de kilogramos de productos por finca expresados en la tabla (renglón destacado en verde, con valores desde 0,4 E+03 kg/año hasta 372 E+03 kg/año) solamente cobra valor al conocer la dinámica completa de la finca.

Una aproximación de eficiencia en la productividad de las fincas puede ser usando la productividad por hectárea (puntos azules en Figura 4-23.a). La dispersión de los datos de productividad (kg/ha), dan a entender que los sistemas de producción agroecológica, pueden lograr tasas de rendimiento altas en áreas pequeñas como El Jordán (80,6 kg/ha), Pura Vida (78,9 kg/ha) y La Esmeralda Tuluá (61,4 kg/ha), por desarrollar actividades agropecuarias de alto rendimiento (como la producción de carne de pollo, producción en cultivos de varios ciclos al año); mientras que en las fincas más grandes hay varios factores que explican la variabilidad de su productividad por hectárea, por ejemplo tienen cultivos como el café con rendimiento agronómico de 1,35 ton/ha.año (varía según densidad de siembra), las fincas tienen buena parte de

su finca en Bosque, guadua o maderables, entre otros. Por ejemplo La Esperanza que aunque produce un número alto de productos agroecológicos (130.000 kg/año) y tiene un área grande, tiene uso de productividad de 29,0 kg/ha. Otro valor atípico es la finca La Piragua, registra alta productividad (97,4 kg/ha) por tener en su territorio pasto marafalfa y pasto elefante (rendimiento agronómico de 300 y 191 ton/ha.año, respectivamente), así que de toda la producción agropecuaria de la finca, solo el 6% son productos de consumo humano.

Así podría explicarse cada una de las fincas y en todas se encuentra gran eficiencia en la producción de sus productos para la dinámica que cada una maneja.

Las Transformidades (TF)

Los valores de Transformidad miden cuánta energía fue necesaria para producir una unidad de producto en un sistema. Integrando el lugar de origen, se puede decir que la Transformidad (TF) mide qué tanta energía, de un lugar específico, se toma para generar una unidad de producto, por tanto todas las fincas tienen valores específicos de transformidad para todos sus productos como indicador del “valor real” de dichos productos.

Las Transformidades de los productos de cada finca (TF), son “*sellos propios*” de calidad de energía e influye en la eficiencia energética de la finca, pues cuanto mayor es la transformidad de un recurso mayor la actividad ambiental necesaria para producirlo (Cavalett et al., 2006)

Todas las investigaciones en la metodología energética requieren como insumo fundamental valores de Transformidad, pues son factores que se utilizan para convertir las entradas a un proceso en unidades de energía. Además, como producto de un análisis energético, las nuevas Transformidades para los productos pueden utilizarse en otros análisis; de manera que la colección de Transformidades conocidas crece, y los análisis de energía posteriores se vuelven más precisos (Abel, 2010, p.1).

Por tanto las Transformidades de los productos agroecológicos enlistadas en la Tabla 4-24, son una ganancia valiosa del presente estudio, pues contribuye al país para posteriores investigaciones en energía, permitiendo usar los primeros datos de calidad de energía de productos como sellos energéticos de valor de origen de productos enmarcados en el tiempo (2015-2017) y en espacios territoriales reconvertidos a agroecológicos con reconocimiento.

La Tabla 4-24, presenta para cada finca varios renglones donde se desglosan los diferentes productos que se obtienen en las fincas y para cada tipo de producto se presenta una Transformidad (desde TF1 hasta TF11), las cuales se obtuvieron dividiendo el valor de la energía total de la finca entre el número de kg del producto de cada renglón. Los valores de estas Transformidades se exponen (como lo haría un estudio corriente de energía de la literatura), pero no serán utilizados. Estas Transformidades serían válidas si las fincas fueran dedicadas a una sola actividad agropecuaria.

Tabla 4-24: Transformidades (TF) de los principales productos en las fincas de estudio

Nombre de Producto y Transformidad (TF) No.	Producción y valor de Transformidad por finca														Multiplicado por:
	La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	
Productos transitorios que producen semillas	23,4	2,3	6,1	2,6	0,3	13,4	1,7	1,1	8,6	12,2	14,6	2,6	9,1	2,1	E+03 kg/año
TF1 =	4,7	35,7	10,9	31,0	38,2	2,6	33,5	31,2	9,2	10,6	9,6	13,9	15,3	38,6	E+14 sej/kg
Productos pecuarios	2,4	1,8	2,5	4,5	0,1	2,1	3,7	5,0	11,8	9,5	4,0	0,8	1,7	2,8	E+03 kg
TF2 =	46,6	45,2	27,1	18,0	85,1	16,4	15,5	7,2	6,7	13,7	35,0	46,7	83,7	29,6	E+14 sej/kg
Biomasa residual total	167,0	67,7	41,8	87,1	23,9	45,7	16,2	17,0	22,4	104,0	107,0	48,6	142,0	98,7	E+03 kg/año
TF3 =	0,7	1,2	1,6	0,9	0,4	0,8	3,5	2,1	3,5	1,3	1,3	0,8	1,0	0,8	E+14 sej/kg
Pastos, forrajes y abonos verdes	36,8	44,1	40,2	28,6	44,1	9,9	16,0	15,9	24,5	127,0	293,0	20,5	343,0	94,6	E+03 kg/año
TF4 =	3,0	1,9	1,7	0,2	0,2	3,5	3,6	2,2	3,2	1,0	0,5	1,8	0,4	0,9	E+14 sej/kg
Productos agrícolas incluyendo forraje, pastos y forestal	128,0	69,0	94,2	57,1	63,6	34,4	22,1	21,5	33,6	168,0	326,0	54,0	370,0	134,0	E+03 kg/año
TF5 =	0,9	1,2	0,7	1,4	0,2	1,0	2,6	1,7	2,4	0,8	0,4	0,7	0,4	0,6	E+14 sej/kg
Productos agropecuarios	130,0	70,8	177,0	61,5	0,4	36,5	25,8	26,5	45,3	177,0	330,0	54,8	372,0	136,0	E+03 kg/año
TF6 =	8,5	1,2	0,7	1,3	0,2	1,0	2,2	1,4	1,7	0,7	0,4	0,7	0,4	0,6	E+14 sej/kg

Nombre de Producto y Transformidad (TF) No.	Producción y valor de Transformidad por finca														Multiplicado por:
	La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	
Productos agrícolas	48,7	12,4	117,0	17,0	4,5	23,4	5,1	5,6	9,1	17,3	16,4	11,7	26,8	23,9	E+03 kg/año
TF7 =	2,3	6,7	0,6	2,8	2,3	1,5	11,1	6,3	8,7	7,6	8,6	3,1	5,2	3,4	E+14 sej/kg
CO2 equivalente capturado	4,9	28,8	15,0	56,0	63,7	0,1	0,0	6,3	2,5	2,3	6,2	29,3	170,0	32,9	E+03 kg/año
TF8 =	4,8	4,0	2,5	2,1	0,3	683,0	1690,0	5,2	32,1	4,9	99700,0	54000,0	1170000,0	5,7	E+14 sej/kg
Biopreparados ^a	37,5	18,6	16,5	28,2	17,9	10,4	2,5	2,0	25,4	71,1	6,2	13,0	64,3	12,3	E+03 kg/año
TF9 =	0,8	2,2	2,6	1,3	0,8	0,7	4,7	3,3	3,7	0,9	2,3	1,2	1,3	1,5	E+14 sej/kg
Concentrados	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	E+03 kg/año
TF10 =	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	E+14 sej/kg
Biodiversidad	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	E+03 especies/año
TF11 =	3,14	2,67	1,57	2,67	2,36	2,36	3,14	1,57	2,67	1,57	6,29	1,57	4,72	4,72	E+20 sej/especie

Nota:

a) Modificado de los datos (kg/año) de balance de materia en las Biofábricas de las fincas. Realizado por Muñoz (2017)

Fuente: Elaboración propia.

Como ya se discutió en la sección 4-4, la complejidad del funcionamiento de las fincas agroecológicas, donde cada elemento repercute a favor o en contra del funcionamiento renovable de todo el sistema, y los diseños y la arquitectura de los sistemas productivos en conjunto (pecuario-agrícola-sociocultural y apropiación de conocimiento), dados por cada familia a sus fincas, les otorga flujos de emergencia holísticos en cada finca para la producción conjunta de todos sus productos.

Por lo anterior, la Transformidad (TF6) hallada dividiendo el valor de la Emergencia total de la finca entre los kilogramos totales de productos agropecuarios obtenidos en la misma finca, indicando que la dinámica propia al interior de los sistemas agroecológicos le confiere una transformidad específica para el conjunto de los productos de la finca. Por ello es necesario analizar y comparar solamente las Transformidades TF6. Este valor de emergencia por unidad (UEV) de producto en cada finca, integra la “el valor y riqueza real” de productos vistos como “sellos de calidad”.

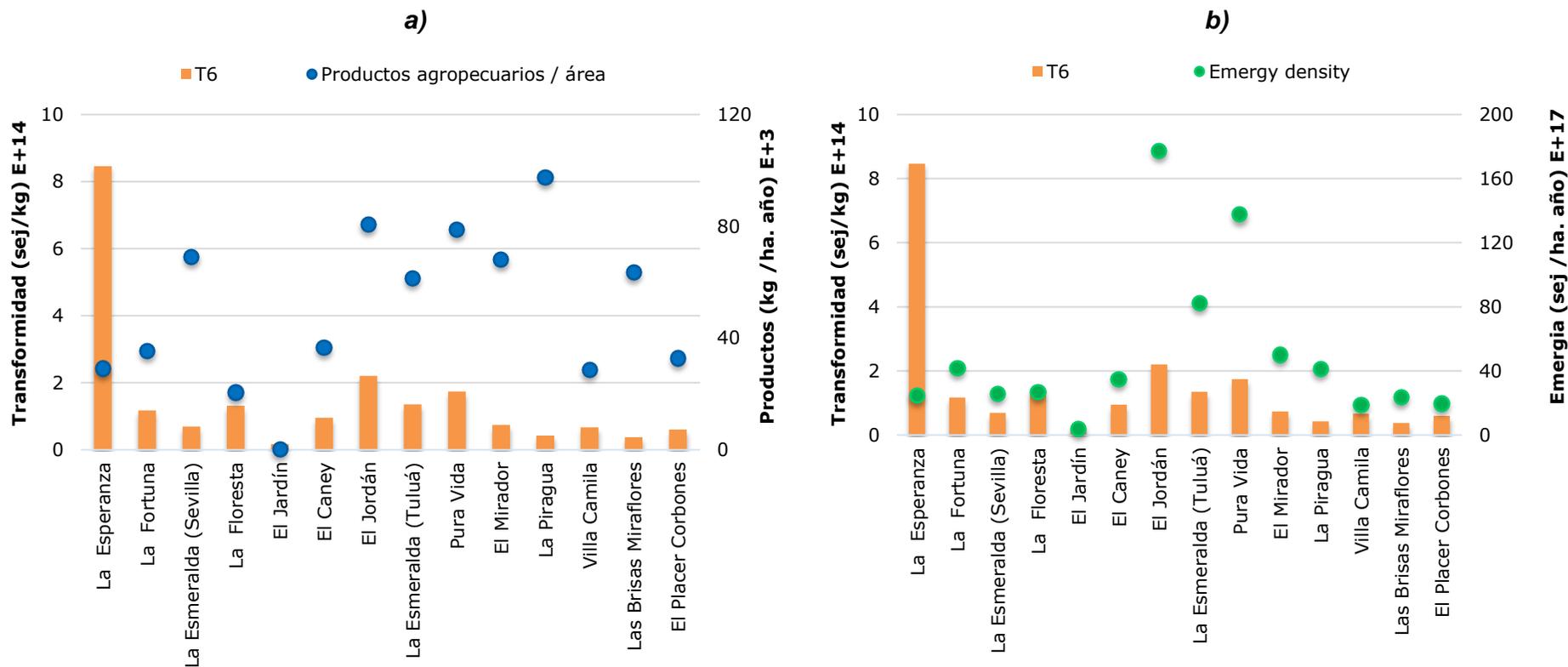
En los estudios de Bastianoni y Marchettini (2000); Cavalett et al. (2006) hay consideraciones semejantes a la tesis que en el párrafo anterior se defiende para el presente estudio, pues en su análisis de los resultados de transformidad para productos obtenidos de sistemas integrados de producción, concluyen la conveniencia de usar como transformidad de todos los productos del sistema, el valor resultante de dividir toda la emergencia del sistema entre la energía total de los todos productos obtenidos.

Los valores de Transformidad TF6, (Tabla 4-24 y Figura 4-23) tienen valores menores de $2,2 \text{ E}+14$ sej/kg, excepto para la finca la Esperanza, cuyo valor es casi 4 veces mayor. Al igual que los datos del número total de kilogramos de productos de cada finca, los valores de Transformidad del renglón destacado en verde, con valores desde $0,2 \text{ E}+14$ sej/kg hasta $8,5 \text{ E}+14$ sej/kg, solamente “tienen significado” al conocer la dinámica completa de la finca respectiva.

La Transformidad de los productos agroecológicos del estudio, no es tan solo un número emergético por unidad de producto, sino que, conllevan un concepto agro-cultural impreso indicando valor de procedencia. Ejemplo, si se quisiera destacar la labor medioambiental y humana del café de la finca El Mirador, respecto a otro café de la región agroecológico o no, se expresaría: Para el café variedad Tabi, producido en sistema SAF en la finca El Mirador en el municipio de Guacarí, donde el porcentaje de Renovabilidad es de 36 % y el porcentaje de Acervo sociocultural el de 42,9%, la Transformidad es de $7,35 \text{ E}+13$ sej/ kg de café pergamino agroecológico producido.

Si se quiere destacar en términos de emergencia toda la dinámica agropecuaria y sociocultural que desarrolla la finca El Mirador para la producción de sus productos, se expresaría: En la producción de productos agropecuarios Agroecológicos en la finca El Mirador, en Guacarí, donde las condiciones medioambientales, las prácticas agroecológicas de los procesos y la dinámica sociocultural de la familia determinan una eficiencia emergética de la finca de 36% de Renovabilidad y 42,9% de Acervo sociocultural, se requieren $7,35 \text{ E}+13$ sej/ kg de producto agroecológico producido.

Figura 4-23: Transformidad de productos agropecuarios (TF6) de las fincas de estudio



a) Mirada de la TF6 con la productividad/ha de las fincas. Productividad indica: total de productos agropecuarios obtenidos en la finca dividida por el área de la finca. **b)** Mirada de la TF6 con la densidad de emerja de la finca, "Emergy density", es decir total de emerja calculada para la finca dividida por el área de la finca.

Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta que los indicadores de eficiencia emergética de todas las fincas mostraron alta Renovabilidad total y utilizando la interpretación de transformidad dada por Brown y Ulgiati (1997), donde dice que la Transformidad es una medida indirecta de la Renovabilidad de un producto final, pues es el resultado de la convergencia de los flujos de energía para producir un producto dado, puede decirse, que la comparación de Transformidades TF6 entre las fincas es una manera de mostrar la alta o baja Renovabilidad de los productos de las fincas. Así que valores de TF6:

- i) Entre 0,2 E+14 sej/kg y 0,7 E+14 sej/kg (para 7 fincas de varios municipios) indican alta Renovabilidad y se confirma por sus valores de densidad emergética (Figura 4-23.b) de 20 E+17 sej/ha a 50 E+17 sej/ha.
- ii) Entre 0,7 E+14 sej/kg y 8,5 E+14 sej/kg (para 4 fincas del municipio de Sevilla) indican alta Renovabilidad y se confirma por sus valores de densidad emergética (Emergy density) de 24 E+17 sej/ha a 41 E+17 sej/ha.
- iii) Entre 1,4 E+14 sej/kg y 2,2 E+14 sej/kg (para 3 fincas con áreas pequeñas con emergía comprada en M y S un poco mayor que las demás fincas) indican alta Renovabilidad y se confirma por sus valores de densidad emergética de 82,4 E+17 sej/ha a 177,5 E+17 sej/ha.

Nótese que en el anterior párrafo fue necesario algunas precisiones para caracterizar los valores de TF6, confirmando que los valores de Transformidad de productos involucran más que solamente el número en sej/kg. Así se puede entender el concepto de Doherty (1995), citado por Brown y Ulgiati (1997, p.54), quien dice "Cuanta más energía converja para producir un recurso, mayor será el tiempo de reemplazo y mayor será su transformidad", pero se debe complementar diciendo que es necesario conocer la procedencia del recurso energético, para cuantificar el tiempo real de reemplazo.

4.4.3 Eficiencia emergética como medida de Sostenibilidad de las Fincas agroecológicas en estudio.

Todo análisis emergético necesariamente involucra análisis de eficiencia por medio de indicadores o índices emergéticos. La eficiencia emergética relaciona los subaportes de energía respecto a la energía total de la finca (Y) o respecto a los demás subaportes. En esta sección se compara la eficiencia emergética de la fincas como un todo.

H. T. Odum en sus estudios de transformaciones de energía en los sistemas, declara la necesidad de considerar la "calidad" de la energía, para tener en cuenta que los procesos energéticos tienen una variedad de insumos, los cuales se produjeron en procesos que requirieron cantidades mayores o menores de trabajo previo. Los productos finales que requieren más trabajo son más altos en 'calidad' de energía (Abel, 2010, p.2112). Odum también propone que para comparar la energía de productos de diferente calidad, no es suficiente en términos de energía (Joules,

calorías, etc) solamente, sino se requiere una medida para indicar el trabajo previo requerido.

Antes de 1986 Odum llamaba al trabajo previo requerido Energía incorporada "embodied energy", y se propusieron muchos estudios de análisis de energía (EA) basados en energía incorporada, con varias limitaciones como: EA utiliza estrictamente la energía térmica de combustibles o de fuentes no renovables y no incluye las energías del apoyo ambiental dado por la Biósfera; el análisis de energía incorporada (EA) generalmente no incluye entradas de servicios humanos a los procesos, y si los incluye solo se contabilizan fracciones de combustible usados para su soporte; EA no reconoce calidades de energía (Brown & Herendeen, 1996).

En el análisis de energía incorporada, la eficiencia energética puede representada por varios índices de eficiencia como el índice de rendimiento de energía invertida (EROI), el cual se define como relación entre la energía producida por un sistema y la energía utilizada para producir esa cantidad de energía, (energía de salida / energía de entrada). Así, esta eficiencia energética mide la capacidad del sistema para transformar un tipo de energía en otro, en el que valores altos significan una alta eficiencia (Agostinho & Ortega, 2012).

A partir de 1986 el término Emergia se ha utilizado para "memoria de energía" Odum, (1996a) y Scienceman (1987), citados en Abel (2010, p.2112). Emergia es un vocablo derivado de la contracción de Embodied energía. En la evaluación emergética se analizan los procesos de producción, los ecosistemas y las naciones con base del trabajo ambiental pasado necesario para su formación y desarrollo. El término emergía se considera como "memoria de energía", para precisar la memoria de toda la energía solar consumida durante un proceso; en la emergía se explica el trabajo que el medio ambiente ha llevado a cabo para hacer un servicio o producto. La Emergia no es una función de conservación, mientras que si hay conservación de la energía. El término "memoria de energía", como lo describe Scienceman, implica un "álgebra de memoria" que no obedece al "álgebra de conservación de energía" (Bastianoni et al., 2011).

Cuando un sistema se evalúa en Emergia solar, las cantidades representan la memoria de la energía solar utilizada para hacerlo. Como resultado, las cantidades no son energía y no se comportan como energía. El análisis de Emergia (EMA) es una técnica de análisis cuantitativo que determina los valores de recursos (másicos o energéticos), información, servicios y mercancías en unidades comunes de energía solar equivalente, utilizando los factores de transformación denominados Transformidades, los cuales representan la calidad de la energía. La Transformidad inicialmente indicaba la cantidad de emergía utilizada para producir un joule de energía, posteriormente el termino se amplía para expresar la cantidad de emergía necesaria para producir una unidad de producto, se en masa, energía o en otra unidad y se le amplía el nombre a emergía específica e intensidad emergética (Brown & Ulgiati, 2004).

Por ello en la eficiencia emergética se utilizan indicadores, aceptados en la metodología emergética, que establecen proporciones y relaciones entre los flujos que aportan para hallar la emergía total de la finca. Importante tener en cuenta que estos

índices emergéticos necesariamente deben ser comentados y no tan solo números absolutos. El número y su comentario permiten hallar calidad emergética de eficiencia. Los índices emergéticos utilizados en este estudio para evaluar la eficiencia de las fincas son: i) Emergia (Y), también llamado densidad de potencia emergética (*Empower density*) (Howard T Odum, 1996), este indicador ya fue comentado. ii) Transformidad (TF), también llamado Emergia específica o Intensidad emergética (*Specific emergy, Emergy intensity*) (Brown & Ulgiati, 2004, p.3), este indicador ya fue comentado. iii) Porcentaje de Renovabilidad (%R); iv) Índice Acervo sociocultural (%H); v) Porcentaje de Renovabilidad total (%RH); vi) Índice Enseñanza Aprendizaje (% HEA); vii) Índice de Rendimiento Emergético (EYR); viii) Índice de Carga Ambiental Incluyente (ELR_H); ix) Índice de Sostenibilidad (ESI). En la parte superior de la Tabla 4-25 (columnas 2 a la 8), aclara las ecuaciones que definen los índices de eficiencia emergética.

El porcentaje de Acervo sociocultural %H, el porcentaje de Renovabilidad total %RH, el Índice Enseñanza Aprendizaje % HEA y el Índice de Carga Ambiental Incluyente (ELR_H), son índices emergéticos propios de este estudio, dado que se incorpora en la evaluación de la emergia de las fincas el componente de Acervo sociocultural, ya explicado ampliamente. La interpretación del valor de índice emergético de Carga ambiental incluyente (ELR_H) de este estudio es comparable con el índice de carga ambiental de estudios emergéticos en la literatura, fundamentada en su definición: es la relación entre los aportes de emergia no renovables respecto a los aportes de emergia renovables. Para el caso de %H las comparaciones con otros estudios de la literatura no son posibles.

Porcentaje de Renovabilidad (%R)

Este índice emergético indica qué proporción de la emergia total de las fincas fue aportado como energías renovables (enlistadas como R_i). Para comprender los valores se tiene en cuenta algunos razonamientos: i) la ubicación de un territorio le confiere fuentes de energía renovables, que corresponden a los flujos de energía constantes y recurrentes de la biosfera que en última instancia impulsan los procesos biológicos y químicos de la tierra (Doherty et al., 1993; Brown & Ulgiati, 1997) y contribuyen a determinar la capacidad y aptitud de ese territorio en la producción primaria ii) Los recursos generados por estas fuentes de energía, como madera o biomasa o tipo de cultivo, se les llama recursos renovables. iii) La habilidad y pericia que los propietarios tienen para manejar y usar, en el tiempo, tales recursos renovables e impulsar tanto la aptitud productiva del territorio como transformaciones biológicas para la generación de otros recursos renovables (como los biopreparados), logrando equilibrio entre la tasa de reposición y tasa de uso de esos recursos. Con tales consideraciones el significado del valor numérico de %R, alto o bajo, en las fincas debe ilustrarse para indicar si hay sostenibilidad en el tiempo.

En la columna 2 de la Tabla 4-25 y la

Figura 4-24 se observa que %R en las fincas varía así: 6 fincas con %R entre 29% y 40%; 7 fincas con %R mayor del 40% hasta 66,25% y una finca con 24,41 % R. Al revisar la memoria de cálculo de cada finca se puede llegar a razonamientos como la

siguiente comparación entre fincas: En la finca El Jardín con 66,25% R, dice por cada 100 sej de emergencia total de la finca, 66,25 sej son aportados por recursos renovables, pero estos provienen (en un 53,76 %de R) de la biomasa residual disponible R9 del subsistema Bosque, y no se aprovecha para biopreparados, pues también el sistema pecuario en la finca es muy escaso. Así que sin Biopreparados en la finca hay dependencia de fertilizantes externos. Por ello el %M es alto de 1,3%.

Para la finca el Jordán con 24,41% R, indica que se aportan 24,41 sej de recursos renovables por cada 100 sej de emergencia total en la finca. Los aportes renovables más sobresalientes son por agricultura de subsistencia pecuaria (46,3% de todo R), pues el sistema pecuario de la finca es robusto. Esto asegura biomasa residual pecuaria para manufactura de Biopreparados, los cuales se elaboran con el soporte de la biomasa residual agrícola proveniente de los cultivos de alta rotación. Esta dinámica de reciclaje de materiales asegura suficiencia de Biopreparados en la finca, y por tanto ninguna compra de fertilizantes. Las compras externas están más representadas por compra de crías pecuarias y semillas de la región (19.0% M). Sigue reafirmandose que la eficiencia emergética de los fincas permite ver las calidades de energía en su contexto holístico.

El análisis de componentes principales revela correlación de %R con área de las fincas, precipitación, pérdida de suelo y área de subsistemas guadua-bosque (GB) en las fincas, en lo cual hay verdad pues fincas con áreas grandes normalmente tienen subsistemas GB con Biomasa residual disponible alta y estos subsistemas están favorecidos por buena precipitación. Hay fuerte correlación del %R con Mano de obra interna familiar (R14), la cual involucra la presencia de niños y mujeres dentro de las familias. Esta correlación es importante destacarla pues confirma la característica de este estudio en cuanto a revalorizar la labor de las familias dentro de los agroecosistemas, y reafirma que la metodología de síntesis emergética, puede “valorar” en términos numéricos (en sej y luego como parte de un índice de eficiencia emergética del sistema) la función misional de la agroecología como sistema agrícola en Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria¹

Numerosas evaluaciones en emergencia de la agricultura refieren a sistemas extensivos donde la mano de obra se contabiliza como servicio externo. Pero algunos estudios de emergencia para pequeños sistemas agrícolas administrados por familias, como lo plantean para Brasil Agostinho y Ortega (2012), anunciando la importancia de tomar en cuenta la mano de obra familiar dentro del sistema, y rebaten la tesis, propuesta por Odum (1996a), respecto a que para hallar la Emergencia solo se contabilizan los flujos que cruzan los límites del sistema, excluyendo los aportes emergéticos dados por las familias al interior de las fincas (Agostinho & Ortega, 2012).

Pero lo cierto es que la energía como trabajo de familia es necesario contabilizarla, como flujo continuo, para que el sistema funcione. Agostinho y Ortega (2012) bajo los

¹Nombre institucionalizado en Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por medio del cual se adoptan los lineamientos Estratégicos de política Pública para la para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria

supuestos de su estudio, demuestran que el índice %R del sistema tiene mejor resultado cuando involucra el trabajo familiar. Igualmente Stewart et al. (2005), en su estudio contabiliza la mano de obra de la familia como recurso renovable, con mayores resultados en %R, en la comparación sistemas agroforestales de Lacandona, Chiapas.

Tabla 4-25: Evaluación emergética: Eficiencia emergética - Índices emergéticos

Finca	%R	%H	%RH	%HEA	%M	%S	EYR	ELR _H	ESI
	Renovabili- dad	Acervo Sociocultural	Renovabi- lidad total	Índice Enseñanza aprendizaje	% Materiales o Insumos externos	% Servicios externos	Índice Rendimiento Emergético	Índice de Carga Ambiental incluyente	Índice de Sostenibili- dad
	$\%R = (R / Y) * 100$	$\%H = (H / Y) * 100$	$\%RH = (\%R + \%H)$	$\%HEA = (\%H / \%RH)$	$\%M = (M / Y) * 100$	$\%S = (S / Y) * 100$	$EYR = Y / (M + S)$	$ELR_H = (M + S + N) / (R + H)$	$ESI = EYR / ELR$
La Esperanza	44,90	50,10	95,0	52,8	3,10	1,50	21,68	0,05	416,20
La Fortuna	34,8,	45,80	80,6	56,9	18,2	0,90	5,20	0,24	21,80
La Esmeralda (Sevilla)	32,05	50,34	82,4	61,1	15,20	2,20	5,80	0,21	27,00
La Floresta	37,86	55,24	93,1	59,4	5,13	1,20	15,80	0,07	213,20
El Jardín	66,25	19,87	86,2	23,1	1,30	6,90	12,20	0,16	75,90
El Caney	45,37	44,33	89,7	49,4	0,80	9,43	9,80	0,12	85,10
El Jordán	24,41	55,35	79,8	69,3	19,06	1,17	4,90	0,25	19,47
La Esmeralda (Tuluá)	39,60	53,99	93,6	57,7	4,38	1,82	16,10	0,07	235,41
Pura Vida	29,32	29,89	59,2	50,4	39,10	1,61	2,50	0,69	3,60
El Mirador	36,10	42,80	78,9	54,3	20,08	0,76	4,80	0,27	18,00
La Piragua	51,02	33,27	84,3	39,5	15,09	0,49	6,40	0,19	34,40
Villa Camila	42,50	52,74	95,2	55,5	2,88	1,61	22,27	0,05	445,30
Las Brisas Miraflores	55,33	28,28	83,6	33,9	15,10	1,00	6,20	0,20	31,90
El Placer Corbones	56,44	36,21	92,6	39,1	5,61	1,35	14,36	0,08	181,02

Fuente: Elaboración propia

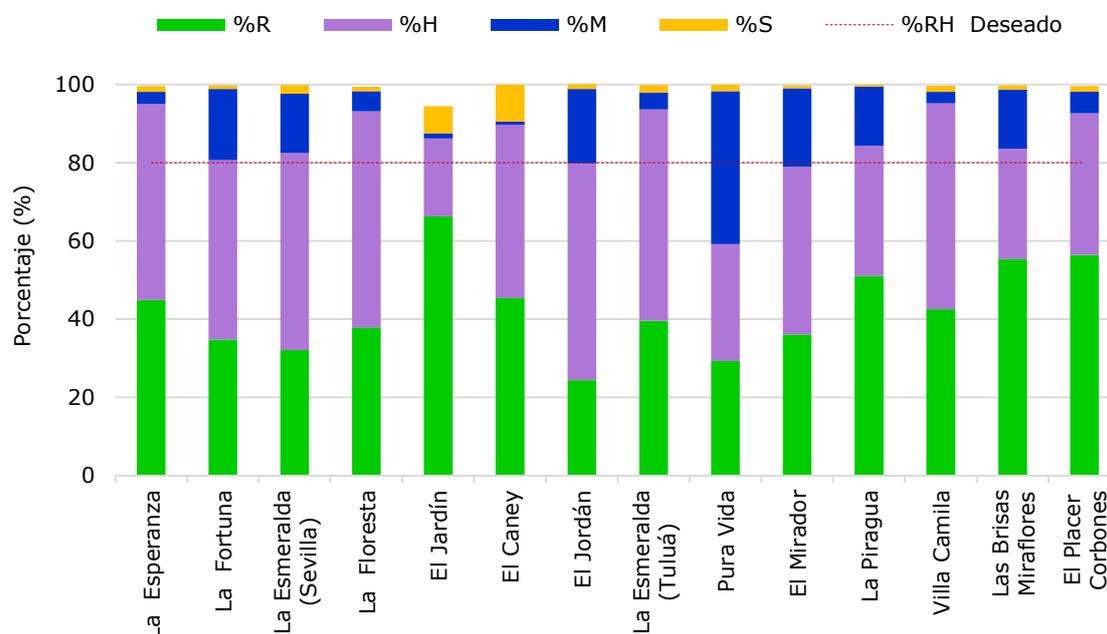
Porcentaje de Acervo sociocultural (%H)

Este indicador emergético de sostenibilidad, muestra la participación del flujo de energía de H respecto de la Energía total de la finca. Tanto la cuantificación del flujo H como la interpretación del %H representa un aporte **valioso** del presente estudio, ya que es la primera vez que para los sistemas agroecológicos colombianos se valoriza, en términos de energía, aquellas acciones propias de labor humana en el desempeño de sus tareas de manejo y orientación de sistema, integración familia-finca, y el intercambio- transferencia de memoria de información con arraigo en la apropiación de conocimiento de la población que administra las fincas en pro de promulgar un potencial de formación, en la cultura agroecológica, como educación no formal no reglamentada

El %H de las fincas de estudio varía así: 9 fincas tienen los porcentajes más altos entre 42 y 56%; 4 fincas con porcentajes entre 29 y 36,5%, y una finca con el menor % H 19,87% (El Jardín). El indicador de eficiencia %H, varía tanto por el valor del aporte emergético de H, como por el valor de energía total, Y, en cada finca (

Figura 4-24).

Figura 4-24: Distribución porcentual de los aportes de energía en las fincas de estudio



%R: Porcentaje de Recursos Naturales Renovables o Renovabilidad, %H: Porcentaje de Acervo sociocultural, %M: Porcentaje de Materiales o Insumos externos, %S: Porcentaje de Servicios externos, %RH deseado: Porcentaje de Renovabilidad total deseada.

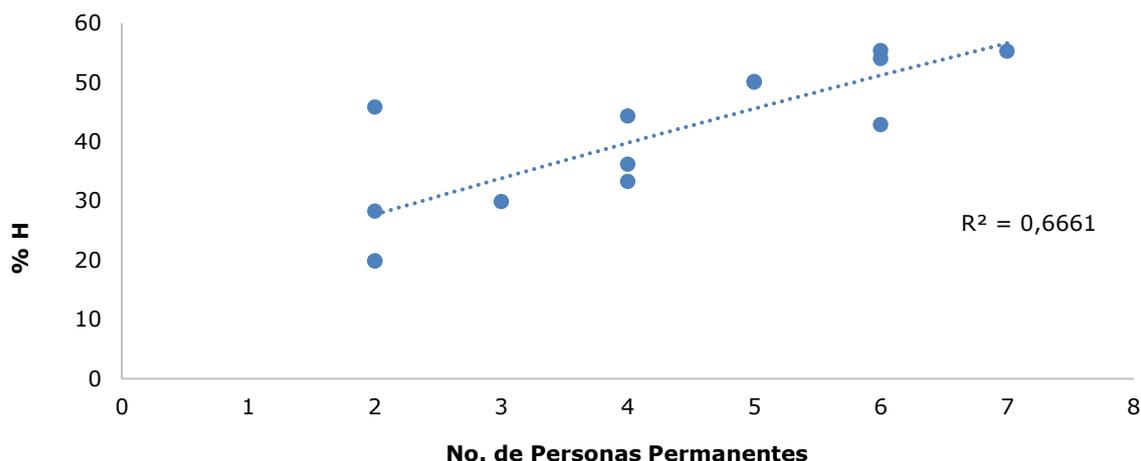
Fuente: Elaboración propia

Como ya se explicó en la sección 4.3 (Acervo sociocultural H, conformado por los subaportes H_i) el flujo H, en general presenta alta variabilidad, con valores que van desde los 21 E+16 sej/año (El Jardín) hasta 558 E+16 sej/año (El Mirador), la cual, se explica por las particularidades de la población presente en cada agroecosistema como ya se explicó. Por ejemplo, la primera finca, cuenta solo con 2 adultos mayores con nivel de educación básica (Sin título de bachiller) y con poca interacción con actores externos a la finca; mientras que, la segunda finca cuenta con 6 integrantes, donde los 4 adultos terminaron el nivel de educación superior con título de pregrado, hay grande actividad de interacción con actores externos a la finca y cuenta con niños para el mantenimiento de ciclo de información de la cultura agroecológica. Y la emergencia total de las mismas finca (Y) es 106,0 E+16 sej/año y 1.302,1 E+16 sej/año, respectivamente (las Y más baja y más alta de las 14 fincas) (Figura 4-25).

Así que, tomando como ejemplo El Jardín, su Índice de Acervo sociocultural (%H) dirá: La finca es "altamente renovable" pues de los 106,0 E+16 sej/año de emergencia total necesaria para el funcionamiento de la finca, el 19,87% es aportado por su Acervo sociocultural como (%H), el 66, 25% es aportado por el ambiente circundante como %de Renovabilidad (%R), y el 8,2% lo costean como Materiales y mano de obra externa (%M más %S). Aunque su Renovabilidad total $\%R_H$ es 86,12%, la Finca tiene gran vulnerabilidad en el porte de memoria información agroecológica por su estructura en todos los componentes de su Acervo sociocultural. De manera semejante se interpreta el %H para la Finca el Mirador pero con la conclusión de que esta finca tiene grande fortaleza para su sostenibilidad en el tiempo por su alto Índice de Acervo sociocultural.

Hay alta correlación entre el % de Acervo sociocultural (%H) y número de personas que administran las fincas Jornadas familiares. Para este segundo caso ya se explicó en la sección de %R, que las jornadas familiares son un recurso renovable marcado como R14. Para el primer caso se traza una curva de tendencia polinómica con R^2 igual a 0,66, como lo muestra la Figura 4-25, la cual, confirma que a mayor número de personas en las fincas se favorece el Acervo sociocultural de forma directa en los componentes H1, H2 y H3. Pero la curva no permite establecer la influencia en H por el grado de escolaridad y por los aportes H4 y H5.

Figura 4-25: Correlación de la población permanente y porcentaje de Acervo sociocultural en las fincas de estudio.



Fuente: Elaboración propia

Porcentaje de Renovabilidad Total o Porcentaje de Renovabilidad Incluyente (%RH)

Los porcentajes de Renovabilidad en las fincas indican aportes “gratuitos” de emergencia por: las condiciones autóctonas del medio donde está establecida la finca, y por la configuración que cada familia ha dado al agroecosistema, según el conocimiento, la percepción e integración con el territorio mismo de la finca y sus alrededores, como lo cuantifica la emergencia por acervo sociocultural H. Por ello los indicadores %R y %H se deben observar conjuntamente.

Es aceptado, en frecuentes estudios emergéticos, que el índice %R incluye los flujos de emergencia al sistema “no pagados” y hay razón en ello. Pero tales estudios no involucran en los flujos continuos de emergencia, los aportes de acervo sociocultural los cuales “tampoco se pagan”, por tanto en el presente estudio los %R y %H tienen valor y significado analizándolos cada uno por separado, pero la Renovabilidad total de las fincas (RH) está dada por la suma de %R más %H.

Las fincas con %RH iguales o mayores del 80% satisfacen la hipótesis de este estudio de alta Renovabilidad y por tanto son fincas sostenibles en el tiempo, como lo expresan (Brown & Ulgiati, 1997). Entendiendo que el porcentaje de Renovabilidad total o también llamado porcentaje de Renovabilidad Incluyente (% RH) indica cuánta de la emergencia total que impulsa un proceso se deriva de fuentes renovables. Solo los procesos con % Renovabilidad incluyente alto y a la vez con %H por encima de 30%, son sostenibles a largo plazo. Tabla 4-25, muestra que 13 fincas de este estudio están incluidas en la premisa anterior.

Índice de Enseñanza Aprendizaje (%HEA)

Como se observa en la Tabla 4-25, este índice se obtiene dividiendo la emergencia por Acervo sociocultural (H) entre el total de Recursos renovables (RH). Indicando que del total de entradas de emergencia renovables a los sistemas agroecológicos, la porción correspondiente a acervo sociocultural involucra la voluntad y esfuerzo de las personas para transmitir la memoria de información necesaria en la divulgación, promoción y escalamiento de la agroecología como estilo de buen vivir y calidad de vida. Por tanto %HEA bajos anuncian vulnerabilidad en los sistemas agroecológicos

para la extensión de la cultura agroecológica, a pesar de paisajes recuperados o poco impactados.

Los %HEA en las 14 fincas se observa así: 13 fincas tienen porcentajes de este índice mayor del 33% y 1 finca tiene %HEA igual a 23,1. El indicador de cada finca es específico, según todo el contexto de Acervo sociocultural H ya antes explicado, y ayuda a determinar sustentabilidad integral en el tiempo.

La

Figura 4-24 y la Tabla 4-25, muestran los Porcentajes de Materiales y servicios externos, %M y %S, que no son índices de eficiencia energética, pero si influyen en la eficiencia energética de las fincas. El porcentaje de energía por compra de materiales (combustibles, crías, y otros arriba explicados) varía así: 7 fincas con %M menores del 6%; 5 fincas con %M entre 10 y 20%; 2 fincas con %M entre 20 y 40%. Para el caso de servicios por mano de obra, electricidad y agua utilizada, los % S son bajos (menores del 3%) en 12 fincas. Dos fincas con %S entre 6 y 10%.

Relación de Rendimiento de Energía (EYR)

Este índice energético es una medida de eficiencia común en los estudios de evaluación energética y su significado es universal, es la relación de la energía de salida (Y) del proceso dividida por la energía que entra al proceso proveniente del exterior del sistema en estudio en forma de materiales comprados (M) y/o servicios pagados (S).

Dependiendo del contexto se interpretan los resultados EYR. Por ejemplo, para Brown y Ulgiati, 2004, EYR representa una medida de la capacidad del sistema para explotar y hacer disponibles los recursos naturales a través de la inversión económica externa; para Agostinho y Ortega (2012), EYR evalúa la dependencia del sistema de los recursos no renovables de la economía, en el que valores más altos de EYR significa un mejor rendimiento.

En la Tabla 4-25, se observa que la finca Pura Vida tiene el EYR más bajo (2,5) debido a su dependencia de compras externas. Para Finca El Jardín con alta relación de rendimiento de Energía es necesario aclaraciones así: la finca El Jardín tiene un rendimiento de energía de 12,2 sej de recursos renovables y no renovables, por cada sej de recurso pagado, tomándose en cuenta que para esta finca, del total de recursos renovables (R_H) solo el 23% es aportado por acervo sociocultural, lo cual representa vulnerabilidad a la finca en la continuidad de la cultura agroecológica. Mientras que para la finca Pura Vida, aunque tenga bajo EYR, la vulnerabilidad en la perseverancia de la cultura agroecológica es mucho menor, pues el índice de Enseñanza Aprendizaje (%HEA) es de 50,5%, más bien, la fragilidad de sus sostenibilidad en el tiempo es por su alto porcentaje de insumos comprados (40,7% sumando %M y %S).

8 fincas tienen EYR menor de 10 y podría decirse que tienen bajo rendimiento de energía porque tienen altos ingresos de materiales y servicios externos (por encima del 10% de Y), debidos esencialmente a la compra de crías pecuarias, para el

desempeño de la finca, y a la contratación de mano de obra externa. Todos los valores de EYR son aceptables como fincas de buen rendimiento emergético, pues aunque el %S sea alto, las personas que apoyan la finca contribuyen en el acervo sociocultural por apropiación de conocimiento (H5), contribuyendo a un Índice de Enseñanza aprendizaje (%HEA) alto, augurando extensión de la cultura agroecológica.

Según la ecuación *a*) en la Figura 4-26, hay un EYR crítico e igual a 1,0 y esto es cuando los sumandos (R_H / F) y (N / F) sean muy pequeños. Para el presente estudio, el segundo sumando es bastante pequeño pues la emergencia de recursos no renovables es pequeño (sin decir que no vayan a influir en otros índices de eficiencia). Así que para todas las fincas, debido al alto porcentaje de Renovabilidad total (R_H), el sumando (R_H / F) es quien aleja el índice de rendimiento emergético del valor crítico.

El análisis de componentes principales revela correlaciones altas de EYR con área de la finca, kg de guadua y arreglos guamo-café. Se explica esta correlación, pues las fincas con cafetales son las de mayor área y por razón de cultura cafetalera y de biodiversidad territorial de la zona de estudio, tienen asociación con guamo y guadua. Esta configuración aumenta el valor de Recursos renovables R. El análisis de componentes también revela una realidad: hay correlación inversa entre EYR y lechones comprados, es decir a mayores compras disminuye este índice de eficiencia emergética.

El Índice de carga Ambiental incluyente (ELRH)

Este indicador da la idea de la presión del proceso sobre el ecosistema local y puede ser considerada una medida del estrés del ecosistema debido a la actividad de producción. Este indicador se halla relacionando la Emergencia no renovable (emergencia comprada o pagada como M y S, más la emergencia autóctona no renovable N) que utiliza el agroecosistema, respecto a la emergencia renovable gratuita (R y H) utilizada por el mismo agroecosistema. Para el presente estudio se utiliza la palabra "incluyente" para indicar que la emergencia renovable corresponde a R_H . El índice de carga ambiental de este estudio ELRH por definición, es comparable al ELR de otros estudios de emergencia de la literatura.

En la Tabla 4-25, se observan que todos los valores de ELRH son menores de 0,3 para 13 fincas. La finca Pura Vida tiene un ELRH igual a 0,69 indicando que el sistema utiliza 0,69 sej de emergencia no renovable por cada 1 sej de emergencia renovable incluyente. Según la ecuación *b*) en la Figura 4-26 un ELRH puede interpretar alta o baja carga ambiental en las fincas ya sea porque (F/R_H) o (N/R_H) sean altos o bajos, individualmente o sumados. En la finca Pura Vida hay alta carga ambiental, comparativamente con las demás fincas agroecológicas del estudio, eminentemente porque la emergencia comprada por F es alta, pues esta finca tiene uno de los más bajos porcentajes de pérdidas de minerales solubilizados y pérdida de suelo del estudio (%N es 0.03%). Es decir que cuando ELRH es marcado por el sumando (F/R_H) se demuestra lo expresado por Murota (1987) citado por Brown y Ulgiati (1997): los procesos que no funcionan con recursos renovables son por definición una fuente de

estrés para el medio ambiente, ya que en última instancia no son patrones sostenibles de organización de la materia.

Cuando el sumando (N/RH) es quien marca el indicador de carga ambiental (ELRH), Brown y Ulgiati (1997), asocian el indicador de carga ambiental con impacto ambiental y estipulan que valores de ELRH bajos son indicativos de un relativo bajo impacto ambiental o de procesos que usan áreas grandes de un ambiente local para 'diluir impactos'. Los ELRH mayores son indicativos de una concentración relativamente alta de impacto ambiental. Este es el caso para la finca El Jardín donde el porcentaje de pérdidas de minerales solubilizados y pérdida de suelo (%N) es 5,69 %. Este agroecosistema tiene ELRH bajo e igual a 0,16 sej de emergencia no renovable por cada 1 sej de emergencia renovable incluyente, pero representa un grado de estrés ambiental alto en el medio donde se encuentran las fincas, debido a la pérdida de suelo dado por la pendiente del terreno donde se encuentra la finca.

Puede decirse que todas las fincas del estudio representan un cierto grado de estrés ambiental en el medio donde se encuentran, aunque el valor de su ELRH sea bajo, pues en todas las fincas migran minerales en los productos que salen al mercado y/o hay pérdida de suelo.

El análisis de Componentes principales mostró alta correlación de ELRH con muchas variables entre ellas: el ingreso de materiales y servicios externos (compra materiales, semillas compradas, pollos y lechones comprados, personas contratadas y sus horas de flujo en apropiación de conocimiento en educación media); con número de visitantes y horas de flujo en educación media de visitantes; con temperatura, y con horas para depósito de apropiación de conocimiento en educación media para familia.

Puede explicarse la anterior correlación, revisando la ecuación b) de la Figura 4-26, La expresión matemática del índice de carga ambiental ELRH, indica que la eficiencia energética de los Agroecosistemas en estudio, expresados desde la presión de las fincas en los territorios donde se desenvuelven, es función de todos los componentes de la ciencia de la Agroecología. Se demuestra, con datos de emergencia, lo acertado del análisis de agroecosistemas involucrando sus componentes definitorios, como lo expresa M.A. Altieri (2018), "Los sistemas agroecológicos se basan en sistemas familiares de pequeña escala, locales, biodiversos, autónomos, incrustados en territorios controlados por las comunidades y apoyados por consumidores solidarios que entienden que comer es a la vez un acto político y ecológico".

Índice de sostenibilidad

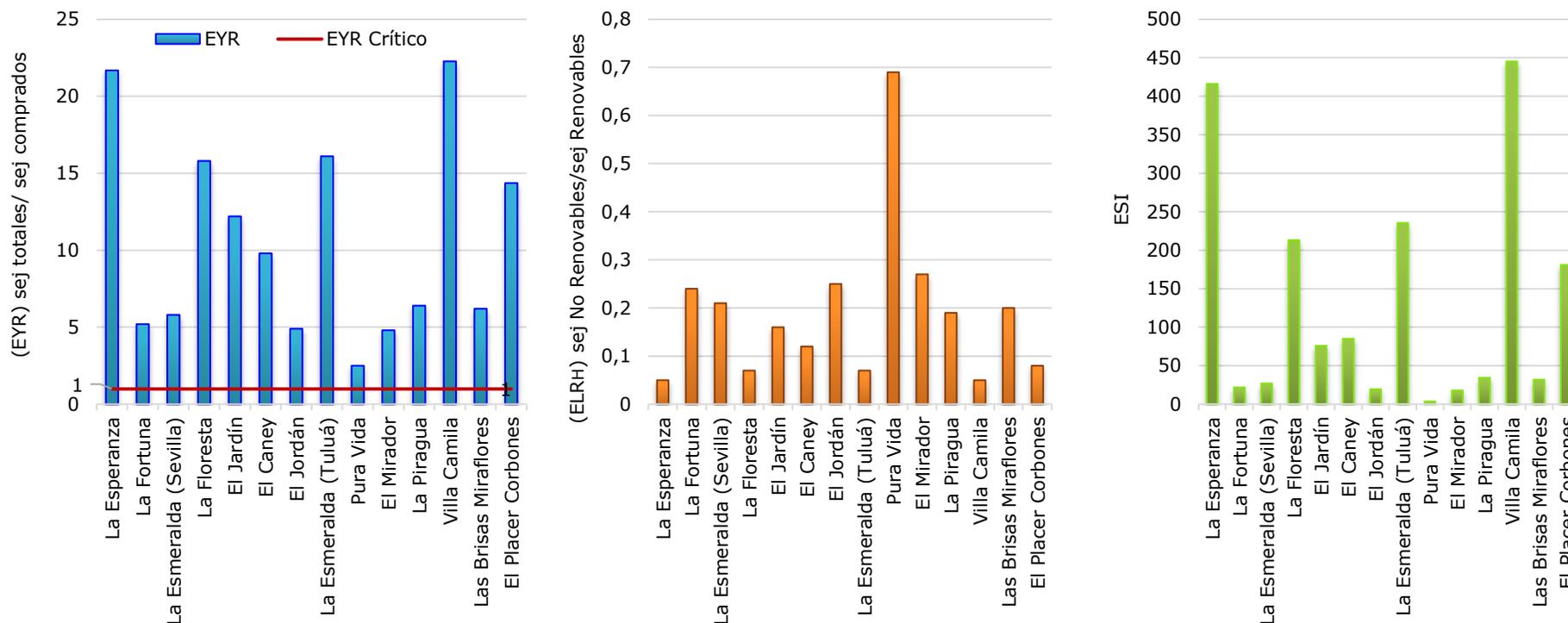
(ESI)

Finalmente, la evaluación de eficiencia energética tiene interés en obtener la relación de rendimiento más alta versus la más baja carga ambiental, una medida de esta capacidad puede ser proporcionada por la relación EYR / ELR (Brown & Ulgiati 1997). ESI es una medida agregada de rendimiento y carga ambiental, por tanto es una función de sostenibilidad para un proceso. ESI es conocida como índice de sostenibilidad.

La Tabla 4-25 y la Figura 4-26, muestran valores de ESI altos en aquellas fincas (5 fincas) donde ELRH es muy bajo, y corresponde al resultado matemático esperado según la ecuación c) de la Figura. En forma general, en todas las fincas, los valores del ESI como función de ELRH serían altos, pues este índice es bajo en todos los casos, indicando sostenibilidad ambiental. Pero ESI en su ecuación matemática también incluye el uso de recursos comprados dados por EYR, es decir que la sostenibilidad de las fincas también incluye la sostenibilidad económica dada por M o S.

Entonces ESI es una medida agregada de rendimiento y carga ambiental, por tanto es una función de sostenibilidad para un proceso e involucra todos los componentes de aporte emergéticos evaluados en el funcionamiento de las fincas. Cada valor de ESI para una finca requiere revisar sus particularidades, por ejemplo, para Finca Pura Vida, ESI es 3,60 (el menor de los valores de toda la zona de estudio) y comparativamente indicaría baja sostenibilidad, pero no es así. Las particularidades de la finca advierten por altos consumos externos, pero los datos de presión ambiental destacan las bondades de la finca para desempeñarse como sistema agroecológico familiar de pequeña escala (en un área pequeña), biodiverso, autónomo, apoyados por consumidores solidarios y por prestar el servicio de enseñanza aprendizaje al recibir 1000 personas/año. La anterior consideración explica la alta correlación que tiene ESI con agricultura de autoconsumo, área de las fincas, masa en kg de guadua y precipitación

Figura 4-26: Índices emergéticos en la Evaluación de eficiencia de los agroecosistemas en estudio



EYR: Índice de Rendimiento Emergético, ELRH: Índice de Carga Ambiental Incluyente, ESI: Índice de Sostenibilidad

Ecuaciones de Indicadores de eficiencia, donde F representa la emergia agregada de materiales y servicios (F= M +S):

a) $EYR = Y / F = (F + R_H + N) / F = 1 + (R_H / F) + (N / F)$

b) $ELR_H = \frac{(F + N)}{R_H} = \frac{F}{R_H} + \frac{N}{R_H}$

c) $ESI = EYR / ELR_H$

Fuente: Elaboración propia

4.4.4 Capital natural y de información: Servicios Ecosistémicos y Depósitos de las Fincas Agroecológicas de estudio

Los Servicios Ecosistémicos (SE)

En la Figura 4-27.a y Tabla 4-26, se observa que el Servicio ecosistémico de regulación por captura de CO₂ (SE2), tiene valores mucho más altos que los otros 2, los cuales, son casi imperceptibles. La mayor emergencia del SE2, se presenta en las Brisas Miraflores, siendo cercano a los 12.000 E+16 sej/año, seguida de tres fincas alrededor de los 2.000 sej/año y 4.000 E+16 sej/año (La Esperanza, El Mirador y Placer Corbones). Estas fincas se caracterizan por la producción de café en sistemas agroforestales - SAF y áreas forestales con alta capacidad de captura de CO₂. La emergencia del SE2, no se visualiza en 3 de las fincas (El Caney, El Jordán y El Jardín) por ser inferior a los 50 E+16 sej/año; en el caso de las dos primeras, el resultado se relaciona al área limitada, y en el caso de El Jardín, la emergencia se vio reducida, dado que, en este estudio, en el bosque no se identificaron algunas especies como potenciales para capturar CO₂.

Tabla 4-26: Emergencia por Capital Natural y de información: Servicios Ecosistémicos y Depósitos de las fincas de estudio ^{a, b}

Finca / Emergencia	Servicios Ecosistémicos y Depósitos por finca (sej/año)					
	SE1	SE2	SE3	DRB	DRF	DH
	E+16	E+16	E+16	E+20	E+16	E+16
La Esperanza	273,0	3.320,0	21,2	314,5	54,1	2.331,4
La Fortuna	118,4	1.160,9	8,5	157,2	65,0	1.250,0
La Esmeralda (Sevilla)	115,3	375,2	21,2	157,0	127,0	1.970,0
La Floresta	72,1	1.453,3	25,4	157,2	55,7	1.970,0
El Jardín	0,9	45,1	2,1	236,0	198,0	415,0
El Caney	10,8	6,8	78,4	236,0	21,5	1.960,0
El Jordán	25,7	16,9	42,4	314,0	5,3	4.090,0
La Esmeralda (Tuluá)	0,0	330,0	127,0	157,0	18,8	1.320,0
Pura Vida	0,0	790,2	381,6	1.000,0	7,6	8.160,0
El Mirador	173,2	1.905,8	424,0	157,2	373,6	9.041,0
La Piragua	75,2	997,0	21,2	629,0	867,0	1.490,0
Villa Camila	148,0	540,0	17,0	157,0	68,6	1.300,0
Las Brisas Miraflores	18,7	11.700,0	84,8	472,0	1.110,0	2.490,0
El Placer Corbones	155,0	1.880,0	84,8	472,0	196,0	1.990,0

Notas:

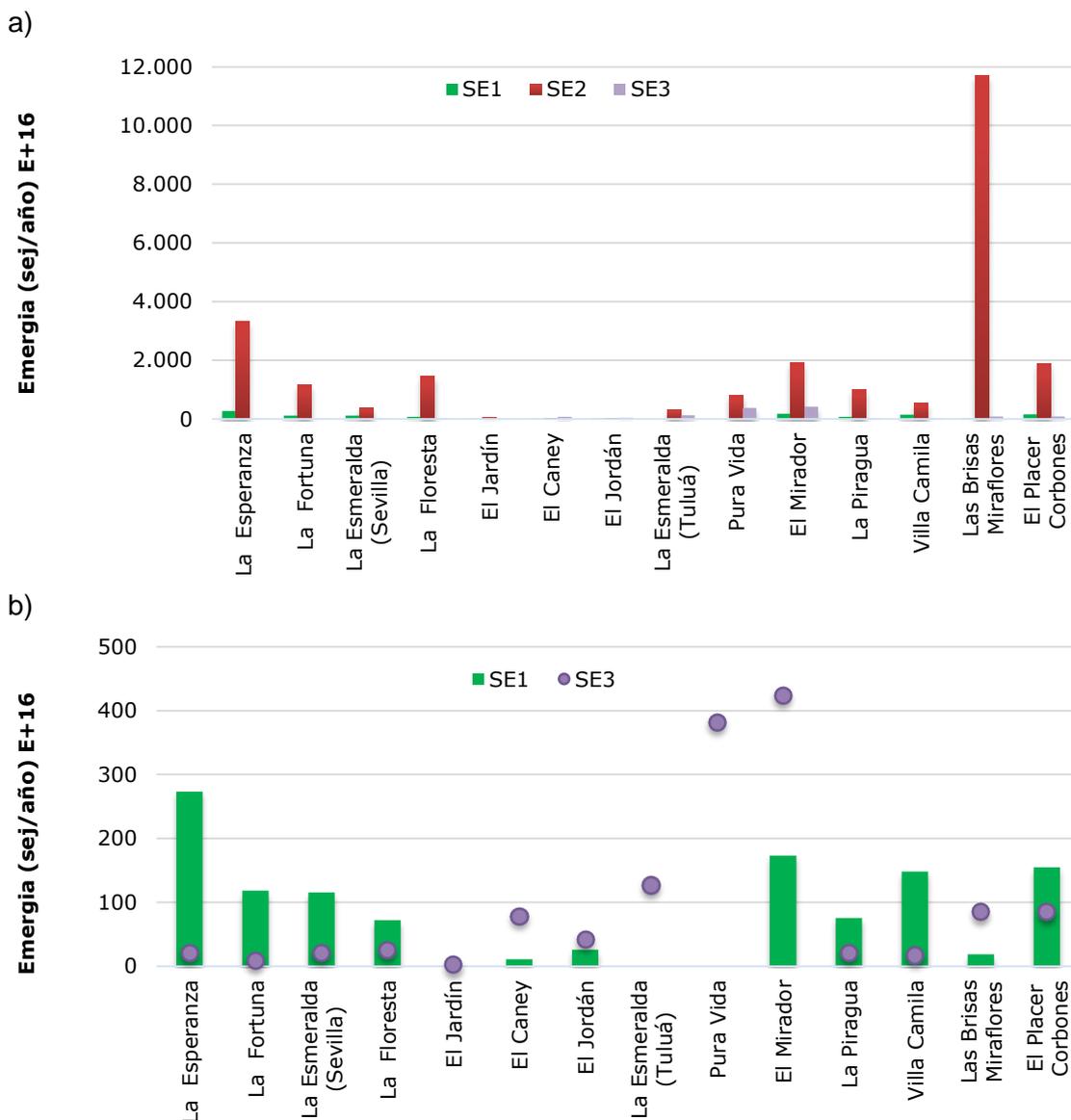
a) Servicios Ecosistémicos de: SE1: Provisión Forestal; SE2: Regulación por Captura de CO₂; SE3: Cultural por Educación a visitantes. Depósito: DRF: Depósito Renovable de Forrajes; DRB: Depósito renovable de Biodiversidad; DH: Depósito de Apropiación de Conocimiento.

b) Los cálculos se realizaron siguiendo el paso a paso del Anexo F.

Fuente: Elaboración propia

El Servicio ecosistémico de provisión forestal, SE1, se encuentra proporcionado, generalmente, por las zonas de bosque y Sistemas agroforestales - SAF de las fincas, donde prevalecen especies maderables como el cedro, nogal y guadua. En este sentido, los mayores valores de emergia entre 100 E+16 sej/año y 300 E+16 sej/año (Figura 4-27.b), se encuentran en 6 fincas de áreas grandes, mientras que, los valores más bajos, coinciden con los agroecosistemas pequeños (El Caney y El Jordán), con un aporte significativo dado por la especie maderera, Acacia. Este Servicio ecosistémico, también, se encuentra ausente en 2 fincas (La Esmeralda Tuluá y Pura Vida), resultado de la escasez de espacio, como factor principal.

Figura 4-27: Emergia por Capital Natural y de información: Servicios Ecosistémicos de las fincas de estudio



a) Comparativo de la emergia por Servicios Ecosistémicos, b) Acercamiento de la emergia con menores valores; Servicios Ecosistémicos de: SE1: Provisión: Forestal; SE2: Regulación: Captura de CO₂; SE3: Cultural: Educación a visitantes

Fuente: Elaboración propia

En las fincas agroecológicas, los visitantes marcan el servicio ecosistémico cultural: educación a visitantes, SE3, representado en Figura 4-27.b, donde se observa una emergencia alta alrededor de los 400 E+16 sej/año, en 2 fincas (El Mirador y Pura Vida); estas, se caracterizan por recibir anualmente más de 900 personas de diferentes regiones del país, brindar un tiempo de capacitación entre 3.600 horas y 4.000 horas, y que los propietarios cuentan con un nivel de educación superior.

Así mismo, se observa un grupo de 5 fincas con valores medios cercanos a 100 E+16 sej/año (El Caney, El Jordán, La Esmeralda Tuluá, Las Brisas Miraflores y El Placer Corbones), donde hay un flujo entre 100 y 400 visitantes que reciben entre 400 y 1.200 horas de formación. Por su parte las 7 fincas restantes, cuentan con una emergencia baja, dado que anualmente reciben menos de 50 personas en sus sistemas agroecológicos, factores debidos principalmente al difícil acceso.

Los Depósitos

Odum (1996) citado en Buitrago (2014, p.91) sostiene que al contabilizar en términos de emergencia un flujo y establecer el stock o almacenamiento que de él resulta, se está informando sobre la riqueza real (en inglés Wealth) del proceso, término que busca denotar la acumulación, diversidad e información producto de la energía disponible que se utilizó de manera directa o indirecta para desarrollar dicho proceso.

Depósito renovable de Biodiversidad DRB

El depósito emergético renovable de biodiversidad, DRB, evidencia parte de la riqueza presente en los agroecosistemas, dada en gran parte, por el trabajo de conservación realizado por los propietarios de las fincas a lo largo del tiempo. DRB, se muestra en la Figura 4-28.a., donde se observan valores sobresalientes superiores a 300 E+20 sej/año en 6 fincas, logrados durante los 17 a 40 años de tiempo de reconversión agroecológica; en este grupo resalta Pura Vida con 1.000 E+20 sej/año. Las demás fincas, poseen valores similares cercanos a 200 E+20 sej/año, con tiempos de reconversión menores, entre 10 y 15 años.

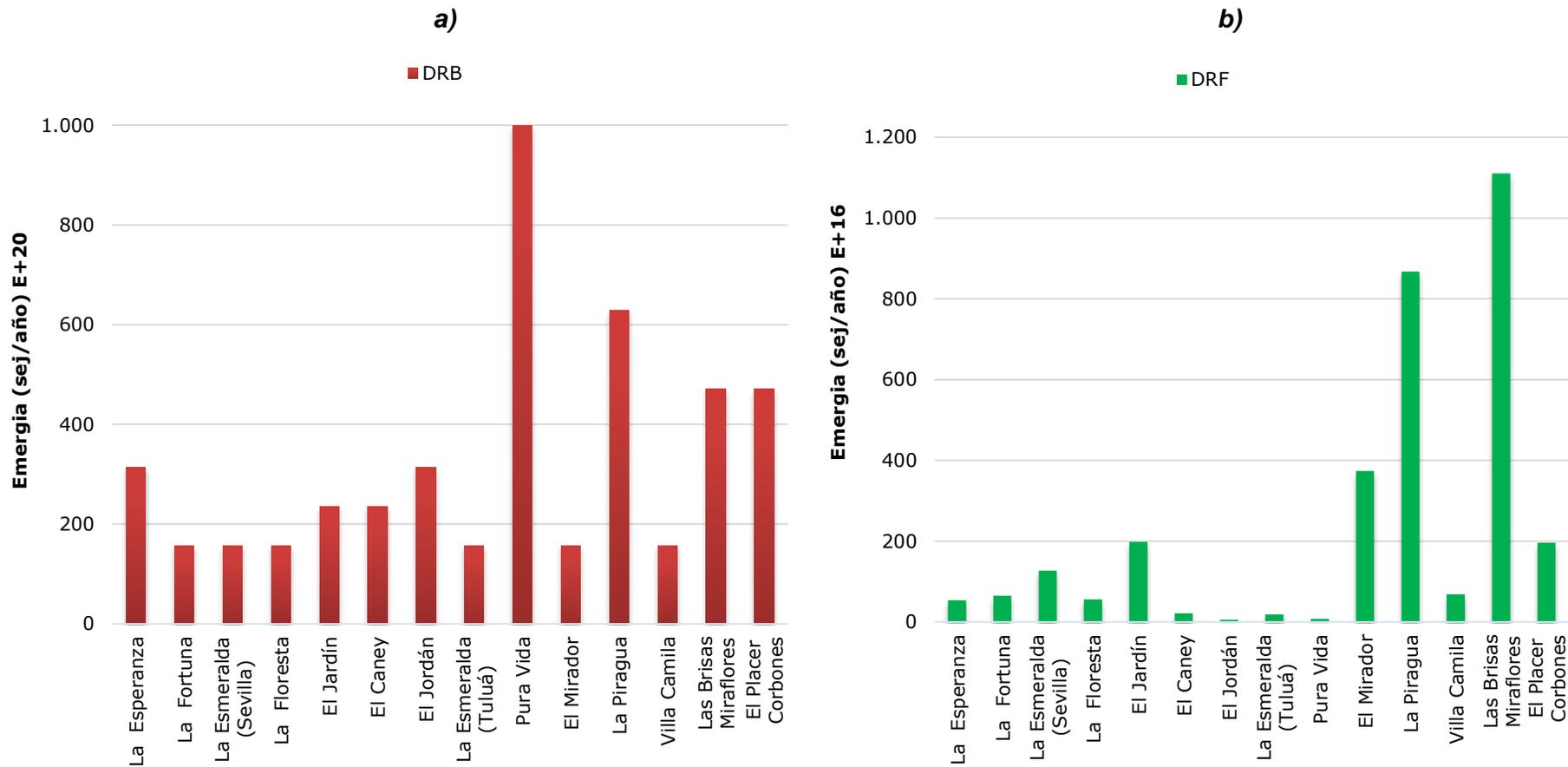
Depósito renovable de Forrajes DRF

En cuanto al depósito renovable de forraje, DRF, representado en la Figura 4-28.b, la emergencia es mayor a 300 E+16 sej/año en 3 fincas (Las Brisas Miraflores, La Piragua y El Mirador), las cuales, tienen en común, cultivos combinados con especies forrajeras, altamente productivas. Esto, les permite mantener un stock de reserva entre 82.000 y 245.000 kg/año de forrajes, para el autoconsumo en la actividad pecuaria, de animales como vacas, cerdos o cabras; mientras que, en los agroecosistemas con valores inferiores a los 200 E+16 sej/año, los depósitos de forrajes no superan los 45.000 kg/año.

Depósitos por Apropiación de conocimiento según nivel educativo (DH)

Representa el Almacenamiento de conocimiento dentro de cada Finca, contabilizándose en horas y emergencia para los niveles distintos niveles educativos de la familia y personal externo. Se encuentra explicado en detalle, en la sección 4.4.1.

Figura 4-28: Emergencia por Capital Natural y de Información: Depósitos de las fincas de estudio



a) Emergencia por Depósito de Biodiversidad, DRB; b) Emergencia por Depósitos de Forrajes DRF

4.4.5 Capital potencial por apropiación de conocimiento para elevar nivel de formación en las Fincas de estudio

En la presente sección, se destaca otra parte de la riqueza inmersa en la población que habita los agroecosistemas, como un capital intangible y de gran valor para la región. Este capital, obtenido mediante la apropiación de los saberes ancestrales heredados y afinados por la experiencia y los fundamentos agroecológicos, y su posterior transferencia cultural mediante los mecanismos de enseñanza – aprendizaje, se traduce en un “capital por apropiación de conocimiento”, que podría ser comparable, al saber obtenido en algunos de los niveles de formación, dentro de instituciones de educación formal o no formal reglamentadas en el país. Los niveles de formación alcanzados en las fincas agroecológicas de estudio se observan en la Figura 4-29, Figura 4-30 y en detalle en la Tabla 4-27.

Tabla 4-27: Acervo sociocultural: Apropiación de conocimiento para elevar nivel de formación en las fincas

Finca	Población capacitada en la finca	No. Cursos Profundización técnica SENA	Porcentaje (%) de avance para alcanzar el nivel de formación de:			No. de Especializaciones
			Tecnólogo SENA	Tecnólogo Universitario	Pregrado	
La Esperanza	Esposa	0,82	6,08	-	-	-
	Esposo	0,82	6,08	-	-	-
	Hija	0,82	6,08	-	-	-
	Trabajador permanente	0,82	6,08	-	-	-
	Trabajador externo	0,76	5,68	-	-	-
	Trabajador externo	0,76	5,68	-	-	-
La Fortuna	Propietario	0,54	4,10	-	-	-
	Trabajador permanente	0,38	2,80	-	-	-
	Trabajador externo	0,70	5,30	-	-	-
	Trabajador externo	0,70	5,30	-	-	-
La Esmeralda (Sevilla)	Esposa	1,09	8,10	-	-	-
	Esposo	1,46	10,9	14,70	-	-
	Hija	0,38	2,80	-	-	-
	Hija	0,44	3,20	-	-	-
	Trabajador externo	0,76	5,70	-	-	-
La Floresta	Esposa	1,52	11,3	15,00	-	-
	Esposo	1,2	8,90	-	-	-
	Pariente mujer	0,38	3,00	-	-	-
	Pariente mujer	0,44	3,20	-	-	-
El Jardín	Esposa	0,33	2,50	-	-	-
	Esposo	0,33	2,50	-	-	-
	Trabajador externo	0,003	0,02	-	-	-
Finca	Población	No. Cursos	Porcentaje (%) de avance para			No. de

	capacitada en la finca	Profundización técnica SENA	alcanzar el nivel de formación de			Especializaciones
			Tecnólogo SENA	Tecnólogo Universitario	Pregrado	
El Caney	Esposa	0,81	-	8,11	-	0,29
	Esposo	4,89	-	49,02	26,66	-
	Hijo	0,44	3,24	4,37	-	-
	Tío	0,57	4,22	-	-	-
El Jordán	Esposa	0,77	5,73	7,73	-	-
	Esposo	2,83	-	28,41	-	1,00
	Madre y niña mayor	0,78	5,80	-	-	-
La Esmeralda (Tuluá)	Propietaria	0,93	6,89	9,29	-	-
	Hijo	0,73	5,47	7,37	-	-
	Hija	0,48	3,60	4,80	-	-
	Yerno y niña	0,33	2,47	-	-	-
Pura Vida	Esposa	4,84	-	48,56	26,41	-
	Esposo	5,85	-	58,68	-	2,06
	Señora de cocina	1,09	8,11	-	-	-
	Hijo estudiante	0,86	6,42	8,66	-	-
	Trabajador externo	1,03	7,70	-	-	-
El Mirador	Esposa	6,90	-	69,2	37,7	-
	Esposo	6,90	-	69,2	37,7	2,40
	Hija	2,70	-	27,8	15,1	-
	Trabajador permanente	4,40	-	44,1	24,0	-
	Niño	0,02	-	-	-	-
	Trabajador externo	0,74	5,60	-	-	-
	Trabajador externo	0,76	5,70	-	-	-
La Piragua	Esposa	1,30	9,66	-	-	-
	Esposo	0,54	4,05	-	-	-
	Trabajador permanente	0,40	3,04	-	-	-
	Trabajador externo	0,71	5,27	-	-	-
Villa Camila	Hermana 1	1,14	8,51	-	-	-
	Hermana 2	0,86	6,42	8,66	-	-
	Trabajador externo	0,67	5,03	-	-	-
Las Brisas Miraflores	Propietario	0,49	3,65	-	-	-
	Cuñada	0,45	3,38	-	-	-
	Trabajador externo	0,79	5,88	-	-	-
El Placer Corbones	Esposa	0,38	2,80	3,80	-	-
	Esposo	0,85	-	8,60	-	0,30
	Madre	0,43	3,20	-	-	-
	Trabajador externo	0,73	5,40	-	-	-
	Trabajador externo	0,73	5,40	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la Figura 4-29.a, que la población de todas las fincas, cuenta con un capital total para culminar cursos de Profundización Técnica, como los brindados por el Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, el cual, no requiere previamente el título de bachiller, brindado por la educación formal en Colombia. Inclusive, se observan fincas con más de 10 cursos (Pura Vida y Mirador), lo que indica, que la mayoría de los miembros, de forma individual cuentan con el capital suficiente para aprobar uno o más, en el caso de los esposos de las anteriores fincas, supera los 4 cursos (Tabla 4-27). Los resultados, evidencian la riqueza presente en los agroecosistemas, y la importancia del conocimiento implícito en las personas que los habitan, aunque no hayan obtenido el título formal.

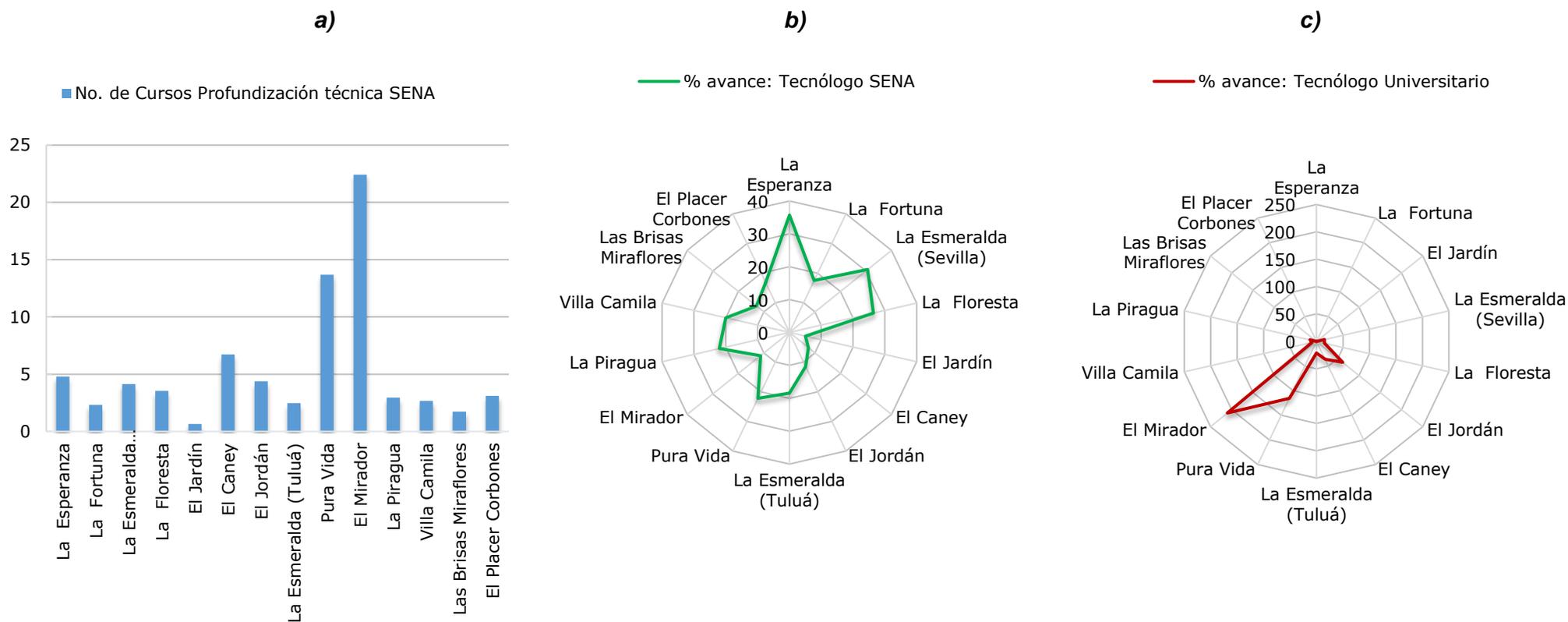
En cuanto al logro del nivel educativo Tecnólogo SENA, se encuentra que todas las fincas cuentan con un capital total, para avanzar entre el 5,02% (El Jardín) y el 35,68% (La Esperanza) de este nivel, como se enseña en la Figura 4-29.b y la Tabla 4-27. La población en conjunto de cada finca, no alcanza el 40% del Tecnólogo, lo que implica, que los miembros de forma individual que poseen título de bachiller otorgado por Instituciones de educación formal, llegan a un máximo del 11,3% de avance (La Floresta). A diferencia de los cursos de Profundización Técnica, el nivel Tecnólogo SENA requiere mucho más tiempo de dedicación, por lo cual, los porcentajes de avance obtenidos, son menores.

Por su parte, el avance en el nivel Tecnólogo Universitario presenta mayores posibilidades de avance comparado con el Tecnólogo SENA, dado que el tiempo de dedicación es menor, sin embargo, se encuentra condicionado a la obtención previa del título de educación media, por lo cual, 5 fincas no presentan avance en este nivel. Entre tanto, las demás fincas cuentan con porcentajes variados, donde se destaca Pura Vida con el 115,9% de avance y El Mirador con el 210,3%, no obstante, de forma individual, ningún miembro alcanza el 100% (Figura 4-29.a. y Tabla 4-27).

Se observa en la Figura 4-30.a. y en la Tabla 4-27, que el capital de conocimiento presente en la población total de cada finca, como potencial que permitiría avanzar formalmente en una carrera profesional en el nivel de educación Pregrado, se encuentra únicamente en 3 fincas, donde la suma de los aportes de capital por cada miembro, permite avanzar a dicho nivel educativo: El Caney con el 26,66% de avance, Pura Vida con el 26,41% y se destaca de modo relevante, El Mirador con el 114,5%. En estas fincas, se observa que uno o varios de sus miembros, con previo título formal de tecnólogo, podría avanzar en el nivel educativo Pregrado, hasta en un 37,7%, considerado como un porcentaje destacado y de gran importancia para la región.

Así mismo, se encuentra que en 5 agroecosistemas, uno de sus miembros, ha culminado formalmente estudios universitarios como profesional en pregrado, por lo cual, cuenta con capital de conocimiento que le permitiría avanzar en una especialización. De estas fincas, se destacan 3, donde el capital de conocimiento ya le posibilitaría al integrante de la familia, culminar la Especialización: El Jordán, contaría con 1,0 especialización, Pura Vida con 2,06 especializaciones, y con el valor más alto, 2,4 especializaciones, se encuentra El Mirador (Figura 4-30.b y en la Tabla 4-27).

Figura 4-29: Potencial de avance a educación Técnica y Tecnológica de la población presente en las fincas de estudio



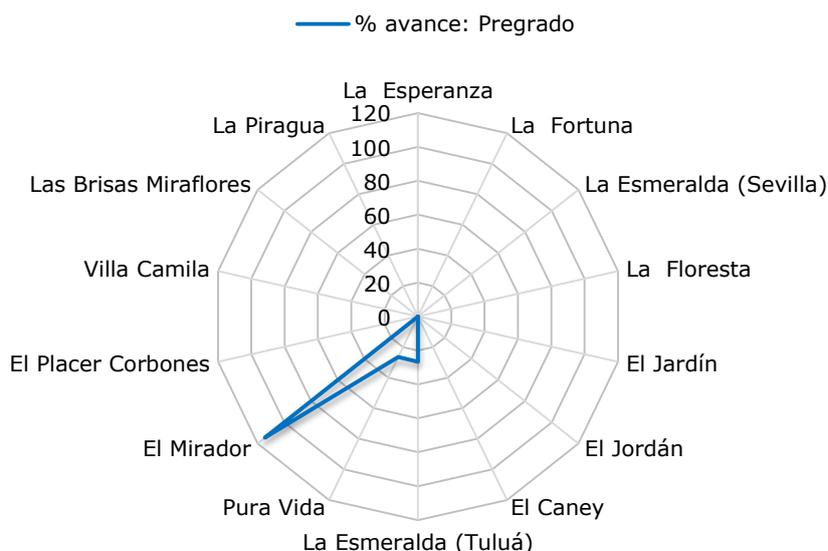
a) Numero de cursos que se podrían alcanzar los miembros de la finca en el nivel educativo Profundización Técnica SENA; **b)** Porcentaje de avance que podrían alcanzar los miembros de la finca en el nivel de educativo Tecnólogo SENA; **c)** Porcentaje de avance que podrían alcanzar los miembros de la finca en el nivel de educativo Tecnólogo Universitario.

Fuente: Elaboración propia.

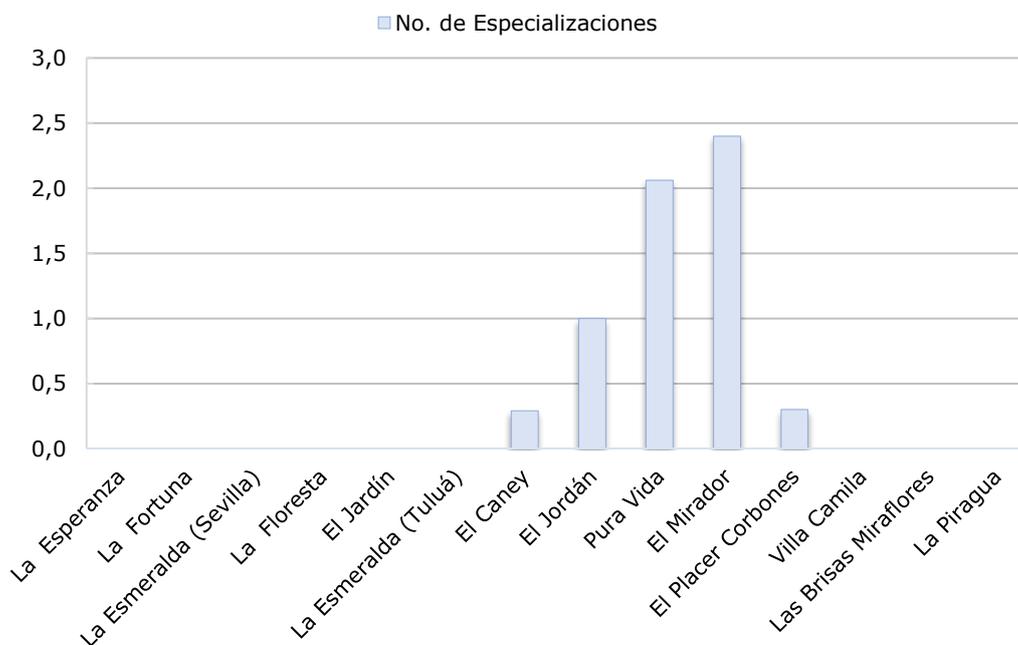
La evaluación de las anteriores fincas enmarcadas en la cultura agroecológica, evidencia una gran riqueza de conocimiento en diferentes niveles educativos, importante para la región y el país, y que es transmitido a los diversos visitantes cada año. Por lo cual, se puede considerar las fincas como un recinto de aprendizaje, donde se demuestra en la práctica, la filosofía de la producción agroecológica.

Figura 4-30: Potencial de avance a educación Profesional y Especialización de la población presente en las fincas de estudio

a)



b)



a) Porcentaje de avance que podrían alcanzar los miembros de la finca en el nivel de educativo Pregrado; **b)** Numero de Especializaciones que podrían alcanzar los miembros de la finca.

Fuente: Elaboración propia

El Capital de información arriba descrito, se encuentra enmarcado en gran concordancia con lineamientos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria, trazados mediante la Resolución 464 de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural: “Diseñar e implementar una estrategia de Escuelas de Campo Agroecológicas, en alianza con el Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA, el ICA, la academia, y otras entidades educativas rurales y organizaciones de ACFC; con el fin de crear programas innovadores y alternativos para la formación de productores y organizaciones que estén interesadas en fortalecer sus sistemas de producción agroecológicos o para aquellas que quieran emprender procesos de transformación y transición progresiva hacia estos sistemas” (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Campesina, 2017, p.38).

4.4.6 Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados comunes en las Fincas

La arquitectura de cada finca, se ve reflejada en sus mapas de uso de suelo y en sus diagramas de flujo de materia, energía e información. Cada agricultor concibe los espacios de la finca en un diseño del agroecosistemas diversificado de producción incrementada vía uso de la biodiversidad y reciclaje, basados en el entendimiento de ciclos de nutrientes e interacciones de especies múltiples incluyendo sistemas integrados de cultivo-ganado-bosques.(Altieri, 2010, p.60).

La agroecología está asociada a un bajo nivel de insumos externos y dependencia del reciclaje interno de nutrientes ya sea de procedencia pecuaria, agrícola, y/o por la siembra de especies con capacidad de fijar nitrógeno entregándolo al suelo. Además de concebirse la finca como proveedora de alimentos para el autoconsumo familiar y sostenimiento de la planta pecuaria, en cada una de ellas hay diferentes niveles de Integración y diversificación como: Mezcla de cultivos anuales (policultivos y rotaciones), Incorporación de árboles frutales y/o forestales (sistemas agroforestales), Incorporación de animales (ganado mixto, mezclas cultivo-ganado, etc.), Incorporación de vegetación de apoyo (abono verde, mulch, plantas medicinales, etc.), Incorporación de diversidad genética (multilíneas, mezclas de variedades o razas, etc.)

Por las anteriores razones hay subsistemas presentes en todas las fincas agroecológicas, como la Huerta, sistema porcícola, galpones, subsistema de frutales, entre otros. Las Zonas de ladera donde se han desarrollado las fincas Agroecológicas de este estudio, tienen cultura de caficultores, por ello también se analizó el subsistema de café.

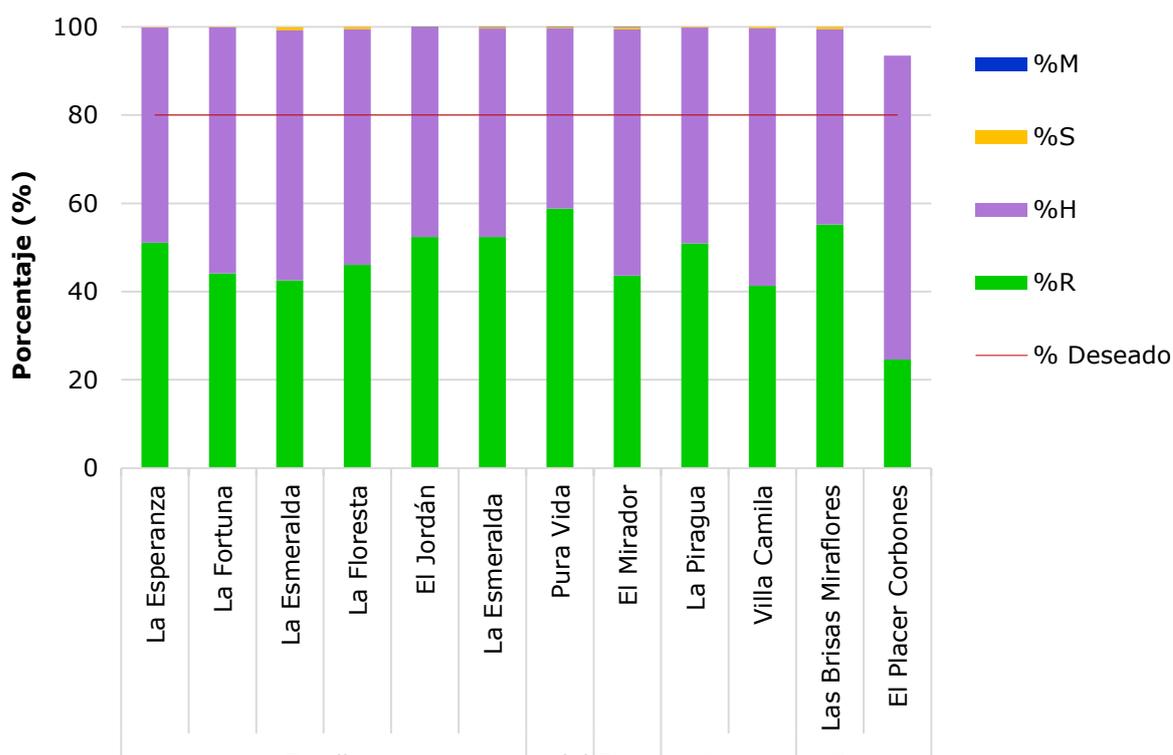
4.4.6.1 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Huerta en las Fincas agroecológicas de estudio

La evaluación del presente subsistema, en las fincas El Jardín y El Caney no se llevó a cabo, debido que éstas, se caracterizan por la siembra esporádica de los productos de huerta, los cuales, también se encuentran dispersos en diferentes lugares de las fincas

y en muy bajas densidades. Por el contrario, en las demás fincas se cuenta con un área dedicada exclusivamente para el subsistema, con arreglos y combinaciones especiales, puestas en práctica desde el conocimiento ancestral heredado y afinado.

En la Figura 4-31, se muestran los resultados de la evaluación del subsistema “Huerta” donde la Renovabilidad parcial, %R, se encuentra en rangos estables, superiores al 40% y 60%, con excepción de El Placer Corbones, donde llega al 24,6% y su mayor aporte está representado por el porcentaje de Acervo sociocultural, %H, igual al 68,87%; en esta finca, también se aprecia es aporte por Recursos no Renovables, %N, dado principalmente por la pérdida de suelo. El resultado en esta finca, no implica un bajo flujo de emergia por Recursos Naturales Renovables, R, (0,58E+18 sej/año), sino, que la amplia participación de toda la familia, genera un flujo por Acervo sociocultural, H muy significativo (1,61E+18 sej/año), que al traducirse en porcentajes, se ve favorecido el %R, como se observa en la Tabla 4-28.

Figura 4-31: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Huerta en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia

En general, el subsistema “Huerta” de las fincas, cuenta con una Renovabilidad total, %RH, superior al 80%, y además, no presentan adquisiciones externas significativas de materiales o servicios, %M y %S (Figura 4-31), Teniendo en cuenta lo anterior, este subsistema agroecológico, es altamente renovable y con aportes importantes a los flujos de R y H, en la emergia total, Y, de cada finca.

Tabla 4-28: Evaluación emergética del subsistema Huerta en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de energía (sej/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	7,51	1,20	7,17	21,20	10,10	14,70	1.502	51,08	48,77	0,00	0,10
La Fortuna	3,01	4,04	3,81	1,53	4,33	6,82	500	44,10	55,80	0,00	0,10
La Esmeralda (Sevilla)	1,67	0,44	2,23	28,70	10,50	3,94	572	42,55	56,68	0,00	0,70
La Floresta	1,43	0,65	1,65	14,10	15,00	3,09	417	46,10	53,40	0,00	0,50
El Jordán	1,58	0,01	1,43	1,85	3,80	3,01	228	52,38	47,55	0,01	0,10
La Esmeralda (Tuluá)	1,15	1,03	1,03	6,85	6,45	2,19	680	52,40	47,21	0,03	0,31
Pura Vida	2,79	0,02	1,94	12,70	9,76	4,75	135	58,80	40,90	0,02	0,30
El Mirador	0,80	0,80	1,02	7,15	8,01	1,82	530	43,60	55,90	0,04	0,40
La Piragua	2,69	0,39	2,59	6,29	2,22	5,29	541	50,95	48,92	0,00	0,12
Villa Camila	0,51	0,14	0,73	3,54	0,10	1,24	240	41,31	58,39	0,00	0,28
Las Brisas Miraflores	2,21	0,32	1,77	20,30	8,54	4,00	416	55,19	44,28	0,00	0,50
El Placer Corbones	0,58	152,00	1,61	18,99	9,79	2,36	500	24,42	68,37	0,04	0,80

Nota:

- a) Los Flujos de energía considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Energía total ($Y = R + N + H + S + M$)

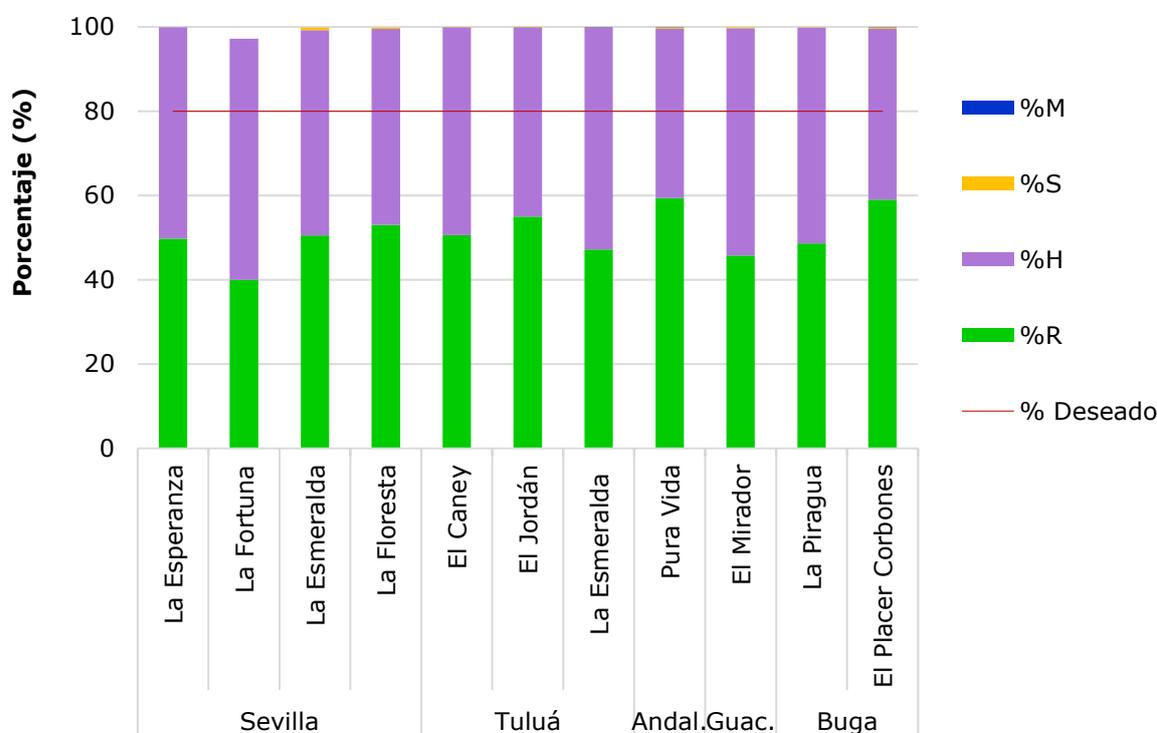
Fuente: Elaboración propia

4.4.6.2 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Frutales en las Fincas agroecológicas de estudio

Del conjunto de fincas evaluadas, El Jardín, Villa Camila y Las Brisas Miraflores, cuentan con áreas de frutales, de alta complejidad, caracterizados por la siembra de especies frutales dispersas por toda el área de la finca, generalmente distribuidas y en bajas densidades en los cultivos agrícolas y los sistemas agroforestales - SAF. Por tal razón, en las fincas mencionadas no se evaluó un subsistema “Frutales”, y solo se presentan los resultados obtenidos en los 11 agroecosistemas restantes, como se aprecia en la Figura 4-32 y Tabla 4-29.

Según la Figura 4-32 y Tabla 4-29, el subsistema “Frutales” de todas las fincas, presenta una Renovabilidad, %R, alta entre el 40% y 60%, y la suma de ambas, corrobora el buen nivel de Renovabilidad total, %RH, por encima del 80%, inclusive cercano al 100% en todos los predios. El anterior atributo, se complementa con los bajos porcentajes de adquisiciones externas de materiales o servicios, %M y %S, que permiten visualizar el subsistema, como modelo del buen funcionamiento en la agricultura, validado por su alta Renovabilidad y por tanto, es gran contribuyente a la emergia total, Y, de cada finca.

Figura 4-32: Distribución porcentual de flujos emergéticos respecto a la emergia total del subsistema Frutales en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-29. Evaluación emergética del subsistema Frutales en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de emergia (se/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	5,34	4,24	5,37	2,76	7,74	10,70	5.509	49,80	50,10	0,00	0,00
La Fortuna	0,13	0,02	0,19	4,71	45,20	0,33	2.670	40,00	57,20	0,00	0,00
La Esmeralda (Sevilla)	1,65	4,09	1,59	19,20	7,04	3,27	5.122	50,53	48,74	0,00	0,60
La Floresta	5,06	19,00	4,44	24,30	15,20	9,54	11.965	53,05	46,48	0,00	0,30
El Caney	1,58	0,19	1,54	2,85	0,96	3,13	4.009	50,62	49,28	0,00	0,10
El Jordán	2,56	0,12	2,09	7,56	4,00	4,65	1.279	54,97	44,86	0,01	0,20
La Esmeralda (Tuluá)	1,72	2,08	1,92	2,89	4,91	3,65	1.334	47,20	52,66	0,01	0,08
Pura Vida	1,35	0,94	0,92	5,79	7,60	2,28	482	59,40	40,20	0,03	0,30
El Mirador	1,89	3,91	2,23	7,63	6,75	4,13	2.573	45,74	53,96	0,00	0,20
La Piragua	4,11	4,44	4,33	8,68	3,62	8,45	8.567	48,63	51,21	0,00	0,10
El Placer Corbones	4,30	3,84	2,96	20,40	40,50	7,29	5.000	58,99	40,63	0,10	0,30

Nota:

a) Los Flujos de emergia considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Emergia total ($Y = R + N + H + S + M$)

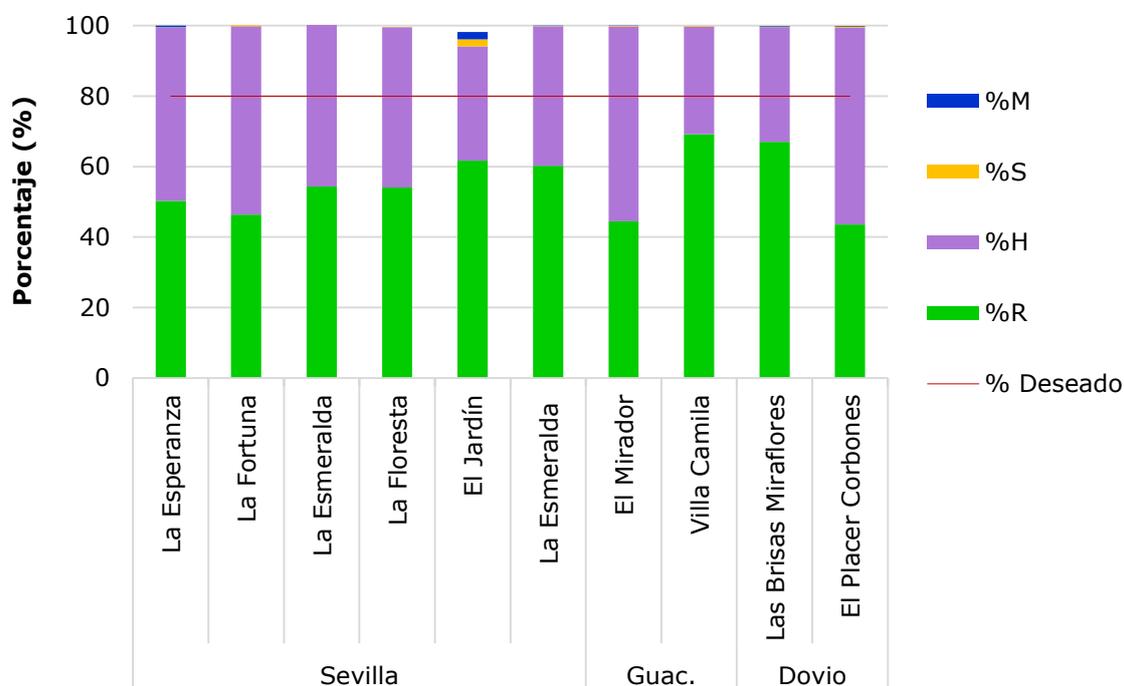
Fuente: Elaboración propia

4.4.6.3 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Café en las Fincas agroecológicas de estudio

El cultivo de café, se encuentra en común en 10 fincas agroecológicas, algunas consideradas por sus propietarios como fincas cafeteras, con sistemas especializados y en asociaciones clave en la actividad cafetera. Este subsistema, en 6 de las fincas cuenta con valores de Renovabilidad, %R, en un rango ajustado entre el 40% y 60% (Figura 4-33), mientras que, en las 4 restantes (El Jardín, La Esmeralda Tuluá, Villa Camila y Las Brisas Miraflores) el porcentaje sobrepasa el 60%, y en consecuencia, el porcentaje de Acervo sociocultural %H, se encuentra en niveles bajos (32,39%, 39,6%, 30,58% y 32,39% respectivamente).

En cuanto a los materiales o servicios externos, %M y %S, se aprecian únicamente en la finca El Jardín, los cuales suman un 4,1%, así mismo, los Recursos naturales no renovables, %N, tiene un bajo porcentaje del 1,75%, aportado por la pérdida de suelo especialmente (Figura 4-33 y Tabla 4-30). En general, el conjunto de fincas, presenta una Renovabilidad total, %RH, significativa superior al 80%, que deriva en un aporte importante a la emergia total, Y, de cada agroecosistema.

Figura 4-33: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Café en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-30: Evaluación emergética del subsistema Café en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de energía (sej/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	2,85	4,28	2,80	8,32	176,00	5,68	5.048	50,24	49,23	0,50	0,10
La Fortuna	2,70	0,80	3,11	5,92	8,38	5,82	13.205	46,40	53,50	0,00	0,20
La Esmeralda (Sevilla)	3,59	8,23	3,33	23,90	6,45	6,96	10.937	99,09	47,90	0,00	0,30
La Floresta	5,27	24,90	4,44	9,38	10,30	9,74	12.945	54,10	45,50	0,00	0,10
El Jardín	0,40	11,30	0,21	13,20	137,00	0,65	7.462	61,72	32,39	2,10	2,00
La Esmeralda (Tuluá)	2,93	2,66	1,92	4,00	5,11	4,86	1.721	60,25	39,60	0,01	0,08
El Mirador	3,32	4,68	4,12	9,15	6,74	7,46	3.067	44,49	55,32	0,01	0,10
Villa Camila	4,36	5,05	1,93	8,28	0,37	6,30	9.878	69,21	30,58	0,00	0,13
Las Brisas Miraflores	8,10	17,80	3,91	23,90	271,00	12,10	23.000	67,04	32,39	0,20	0,20
El Placer Corbones	2,31	4,66	2,96	19,20	85,50	5,30	6.000	43,59	55,80	0,20	0,40

Nota:

a) Los Flujos de energía considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Energía total ($Y = R + N + H + S + M$)

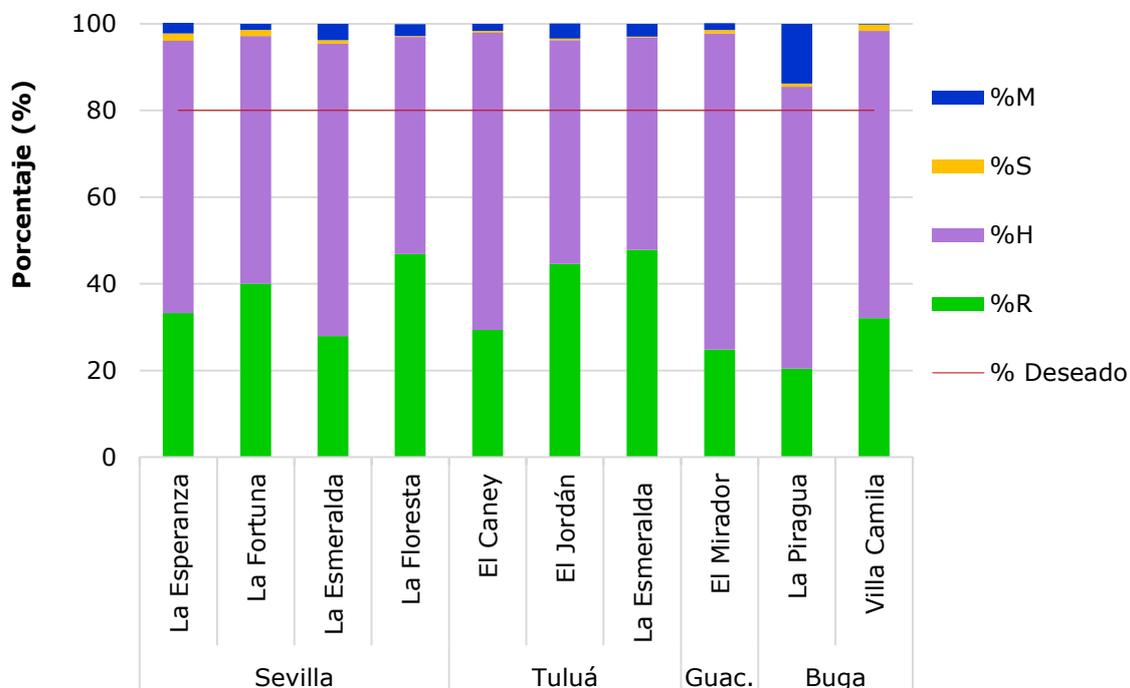
Fuente: Elaboración propia

4.4.6.4 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Galpones en las Fincas agroecológicas de estudio

Entre las 11 fincas agroecológicas que poseen el subsistema “Galpones”, 6 se encuentran con una Renovabilidad, %R, por debajo del 40%, que implica un desequilibrio en el subsistema. Sin embargo, se compensa con el alto aporte realizado por la familia, expresado como %H (Figura 4-34 y Tabla 4-31). Sin embargo, en la finca Pura Vida se presenta el caso contrario, con un valor bajo de %R igual a 37,15% y un valor elevado %R igual a 58,77%, dado especialmente por el sistema de manejo e pastoreo de los animales, que requiere menores actividades en el área porcícola.

Los resultados muestran un desempeño estable en todos los “Galpones”, confirmado por la Renovabilidad total, %RH, superior al 80%. No obstante, también se observa la influencia de los materiales e insumos externos adquiridos, %M, en todos los subsistemas, que inclusive, en La Piragua, lleva al %RH, a encontrarse cerca del mínimo aceptado para este indicador, el 80%, como se mira en la Figura 4-34 y Tabla 4-31. Además, es uno de los subsistemas que aporta, en bajas proporciones, flujos emergéticos por compra de materiales e insumos, %M, a la la emergencia total, Y, de cada agroecosistema.

Figura 4-34: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Galpones en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-31: Evaluación emergética del subsistema Galpones en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de energía (se/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	0,41	0,99	7,83	20,10	2,88	1,25	26	33,25	62,83	2,50	1,70
La Fortuna	1,02	3,98	13,10	12,90	126,00	3,61	14	28,20	36,50	1,40	1,40
La Esmeralda (Sevilla)	0,25	2,51	6,00	7,06	3,36	0,89	70	27,90	67,50	3,80	0,80
La Floresta	1,63	7,85	17,40	7,07	9,38	3,47	175	46,90	50,10	2,70	0,20
El Caney	0,49	2,11	11,40	7,08	2,67	1,65	82	29,30	68,65	1,62	0,40
El Jordán	0,96	1,52	11,10	8,29	7,41	2,16	86	44,60	51,60	3,43	0,40
La Esmeralda (Tuluá)	1,88	8,85	19,20	9,88	11,50	3,93	227	47,80	49,00	2,93	0,25
Pura Vida	3,63	9,14	22,90	15,80	23,50	6,17	161	58,77	37,15	3,80	0,30
El Mirador	0,33	3,33	9,66	10,30	1,93	1,32	144	24,80	73,00	1,50	0,80
La Piragua	0,21	0,77	6,60	7,06	14,00	1,01	75	20,40	65,10	13,80	0,70
Villa Camila	0,15	0,30	3,16	7,06	0,09	0,48	29	32,08	66,26	0,18	1,48

Nota:

a) Los Flujos de energía considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Energía total ($Y = R + N + H + S + M$)

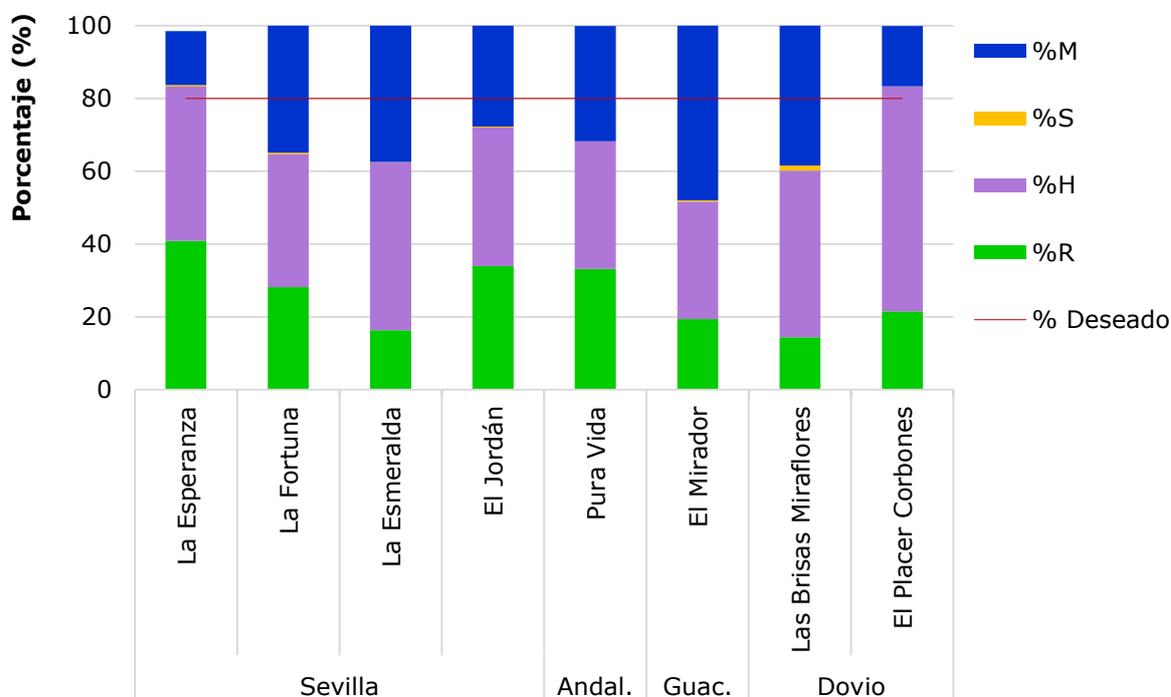
Fuente: Elaboración propia

4.4.6.5 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Porcícola en las Fincas agroecológicas de estudio

En las fincas, que manejan el subsistema “Porcícola” como parte de su actividad pecuaria, se encuentra casi de forma absoluta, porcentajes bajos de Renovabilidad, %R, de Acervo sociocultural, %H, o ambos simultáneamente (Figura 4-35 y Tabla 4-32). Así mismo, la inversión de materiales o insumos, %M, para el subsistema, en términos emergéticos es muy significativa, representada, básicamente por la compra de cerdos pequeños.

Se observa en la Figura 4-35 y Tabla 4-32, que la Renovabilidad total %RH, en la mayoría de los agroecosistemas, se encuentra por debajo del mínimo establecido, del 80%, lo que señala un subsistema desequilibrado. Son la excepción a este comportamiento, La Esperanza y El Placer Corbones, donde se adquiere una cerda cada 4 años para la gestación y lactancia en la propia finca y evitar la compra de crías, varias veces al año, como sucede en los demás predios. Este subsistema, aporta el mayor flujo emergético a la emergencia total, Y, de cada finca, por compra de materiales e insumos, %M, el cual, puede ser mejorado notablemente con la abstención o reducción de compra de crías de cerdo y la adquisición de una cerda madre.

Figura 4-35: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Porcícola en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-32: Evaluación emergética del subsistema Porcícola en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de emergia (sej/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	1,29	3,25	13,40	161,00	51,30	31,60	125	40,93	42,30	14,80	0,50
La Fortuna	1,63	0,45	25,10	7,03	0,02	41,40	125	28,20	36,50	34,90	0,40
La Esmeralda (Sevilla)	0,42	1,68	11,90	23,60	96,20	25,70	48	16,30	46,20	37,40	0,10
El Jordán	1,09	1,01	12,20	90,00	89,30	32,20	48	34,00	38,00	27,73	0,30
Pura Vida	1,51	1,82	16,00	0,25	144,00	45,50	115	33,19	35,08	31,70	0,00
El Mirador	0,97	5,37	16,20	127,00	241,00	50,10	119	19,40	32,30	48,00	0,30
Las Brisas Miraflores	0,14	0,88	4,31	131,00	36,10	9,41	36	14,40	45,80	38,40	1,40
El Placer Corbones	0,39	1,60	11,30	25,00	30,10	18,20	65	21,50	61,80	16,50	0,10

Nota:

a) Los Flujos de emergia considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Emergia total ($Y = R + N + H + S + M$)

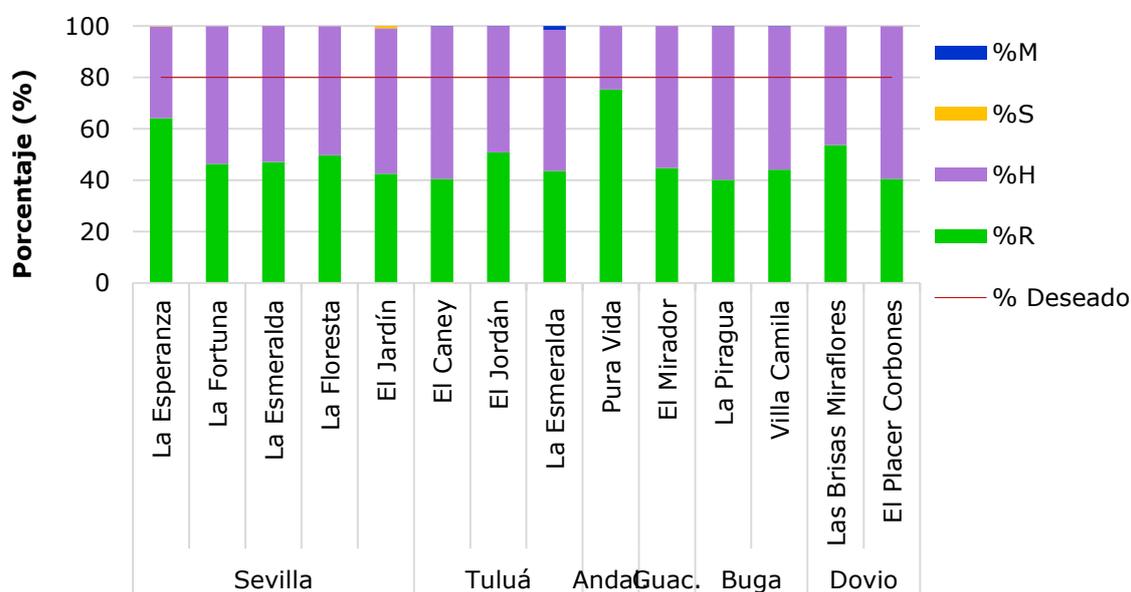
Fuente: Elaboración propia

4.4.6.6 Evaluación emergética consolidada para el subsistema Biofábrica en las Fincas agroecológicas de estudio

El subsistema “Biofábrica”, hallado en todas las fincas, en algunas de forma completamente artesanal, y en otras más especializado, tanto en infraestructura como en prácticas para la elaboración de biopreparados, presenta valores de Renovabilidad, %R, estables entre el 40,15% (La Piragua) y el 53,68% (Las Brisas Miraflores), que a su vez, se traducen en porcentajes equilibrados de Acervo sociocultural, %H. Por su parte, fincas como La Esperanza y Pura Vida son la excepción, con %R elevados (64,08% y 75,3% respectivamente) y en efecto, %H bajos, tal como se observa en la Figura 4-36 y Tabla 4-33.

En general, el subsistema, cuenta con una Renovabilidad total, %RH, muy superior al 80%, que inclusive llega al 100% en varias fincas, y así mismo, no presenta adquisiciones externas significativas de materiales o servicios, %M y %S (Figura 4-36 y Tabla 4-33). En vista de lo anterior, este subsistema agroecológico, es altamente renovable y con aportes importantes a los flujos de R y H, en la emergencia total, Y, de cada finca.

Figura 4-36: Distribución porcentual de flujos emergéticos del subsistema Biofábrica en las Fincas de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-33: Evaluación emergética del subsistema Biofábrica en las Fincas de estudio

Finca	Flujos de emergencia (sej/año) ^a						Área subsistema (m ²)	Índices			
	R E+18	N E+15	H E+18	S E+15	M E+14	Y E+18		%R	%H	%M	%S
La Esperanza	31,80	3,76	17,70	119,00	0,09	49,70	50	64,08	35,67	0,00	0,20
La Fortuna	27,00	79,70	31,10	59,20	0,84	58,20	30	46,40	53,50	0,00	0,00
La Esmeralda (Sevilla)	20,40	1,52	22,90	0,00	0,08	43,30	20	47,14	52,85	0,00	0,00
La Floresta	17,90	10,60	18,10	9,37	0,21	36,00	70	49,67	50,30	0,00	0,00
El Jardín	1,35	4,29	1,80	24,70	0,00	3,17	28	42,55	56,66	0,00	0,80
El Caney	3,01	0,03	4,40	2,82	0,26	7,41	13	40,58	59,35	0,04	0,00
El Jordán	5,93	0,06	5,74	1,77	0,29	11,70	22	50,79	49,17	0,02	0,00
La Esmeralda (Tuluá)	8,65	6,59	10,90	12,50	27,50	19,80	44	43,66	54,88	1,39	0,06
Pura Vida	71,80	0,14	23,60	0,00	0,81	95,50	57	75,30	24,70	0,00	0,00
El Mirador	27,80	8,65	34,30	0,12	1,24	62,10	57	44,80	55,20	0,00	0,00
La Piragua	5,68	1,00	8,47	0,00	0,56	14,20	20	40,15	59,81	0,04	0,00
Villa Camila	6,95	1,61	8,82	0,01	0,56	15,80	32	44,07	55,90	0,04	0,00
Las Brisas Miraflores	45,40	7,92	39,10	39,00	0,57	84,50	105	53,68	46,27	0,00	0,00
El Placer Corbones	7,67	1,52	11,30	0,00	0,32	19,00	20	40,48	59,50	0,00	0,00

Nota:

a) Los Flujos de emergencia considerados para el subsistema corresponden a R: Recursos Naturales Renovables, N: Recursos Naturales No Renovables, H: Acervo Sociocultural, S: Servicios de la Economía Urbana, M: Materiales o Insumos externos, Y: Emergencia total ($Y = R + N + H + S + M$)

Fuente: Modificado de: Muñoz (2018)

4.5 Aproximación de la dinámica en las fincas agroecológicas desde Análisis estadístico

El análisis estadístico multivariado visibilizó, de manera general, las realidades y el comportamiento de los agroecosistemas, en conjunto, mediante las relaciones entre las variables objeto de estudio. Para ello, se estableció: i) la correlación de las variables emergéticas obtenidas con las de campo, que explicaron los resultados de la emergencia, ii) los cluster de fincas que se agruparon según las similitudes y diferencias, y iii) los modelos para algunos índices emergéticos.

4.5.1 Correlación entre variables con Análisis de Componentes Principales

El Análisis de Componentes Principales (ACP) para la base de datos con 181 variables, evidenció un gran número de correlaciones significativas (correlación > 0,6 y significancia < 0,05) entre las variables emergéticas y las variables de campo obtenidas en la caracterización inicial, como se muestran en la Tabla 4-34. Estas correlaciones explicaron los resultados de la sección 4.3.

Tabla 4-34: Correlaciones entre variables emergéticas y de campo

Variable	Variables correlacionadas	Correlación > 0,6	Significancia < 0,05	Variable	Variables correlacionadas	Correlación > 0,6	Significancia < 0,05
R2	Área	0,90657	<.0001	R3	Área	0,68106	0,0073
	Altura	0,70882	0,0045		EMT	0,84307	0,0002
	Temperatura	0,77175	0,0012		Pendiente	0,6662	0,0093
	Pr_FF_AV	0,78708	0,0008		Velocid. viento	0,83804	0,0002
R5	Pancg_kg	0,835	0,0002	R10	Pr_FF_AV	0,83507	0,0002
	Grans_kg	0,74014	0,0025		A_FF_P_F	0,79534	0,0007
	P_Agric	0,72364	0,0034		Ag_Pc	0,80024	0,0006
R6	P_Agr_P	0,58487	0,028	R8	No_Pecs	0,74134	0,0024
	BRP_B	0,60891	0,0208		Cabras	0,8187	0,0003
	Curies	0,63906	0,0139		Pancg_kg	0,53908	0,0467
	Conejos	0,56957	0,0335		Mader_kg	0,67111	0,0086
	A_FF_P_F	0,57711	0,0307		Grans_kg	0,63507	0,0147
	P_Sub	0,60407	0,0221		Alev_Com	0,74134	0,0024
R7	Conejos	0,87005	<.0001	R9	BRA_disp	0,77796	0,0011
	Curies	0,86383	<.0001		BRAcac_B	0,5715	0,0328
	No_Cerds	0,92845	<.0001		Guad_kg	0,55986	0,0373
	Grans_kg	0,63377	0,0149		Cafe_kg	0,66422	0,0096
	Pancg_kg	0,62146	0,0177		Banan_kg	0,5743	0,0317
	Banan_kg	0,60914	0,0208		Fruta_kg	0,61504	0,0192
	K_Sub	0,85456	<.0001		Grans_kg	0,55419	0,0397
	N_Fija	0,60386	0,0222		Area	0,74457	0,0023

Variable	Variables correlacionadas	Correlación > 0,6	Significancia < 0,05	Variable	Variables correlacionadas	Correlación > 0,6	Significancia < 0,05
R11	Pr_FF_AV	0,53445	0,049	R12	No_Bovin	0,89933	<.0001
	A_FF_P_F	0,53972	0,0464		Huert_kg	0,57398	0,0318
	Ag_Pc	0,54593	0,0434		Área	0,5935	0,0253
	Pro_Tran	0,59035	0,0262		P_Agr_P	1	<.0001
	kg_Fores	0,66264	0,0098		Forraj_D	0,91609	<.0001
	P_Agr_F	0,74573	0,0022		Pr_FF_AV	0,95806	<.0001
	Agr_auto	0,85485	<.0001		A_FF_P_F	0,95258	<.0001
	Cafe_kg	0,5906	0,0262	Ag_Pc	0,95495	<.0001	
R14	No_Nin	0,63773	0,0141	R15	No_Cerds	0,68032	0,0074
	No_Muj	0,69182	0,0061		Lech_Com	0,61608	0,019
N1	Pendent	0,76953	0,0013	N2	Banan_kg	0,74957	0,002
	EMT	0,88652	<.0001		Pancg_kg	0,55895	0,0377
	Altura	0,67708	0,0078		Pro_Tran	0,8153	0,0004
N3	No_Polls	0,62862	0,016	N4	Banan_kg	0,87221	<.0001
	No_Galli	0,69326	0,006		Platn_kg	0,60521	0,0218
	Prod_Pec	0,55442	0,0396		Fruta_kg	0,90628	<.0001
	Sem_Comp	0,77474	0,0011		Pancg_kg	0,53624	0,0481
H1	No_Nin	0,91453	<.0001	H2	No_Nin	0,78711	0,0008
	No_Muj	0,71447	0,0041		No_Muj	0,68689	0,0067
H3	No_Nin	0,68623	0,0067	S1	Tiem_H1	0,84549	0,0001
	No_Muj	0,69941	0,0054		Pendent	0,55949	0,0375
SE1	Guad_m2	0,8762	<.0001	SE2	Cafe_kg	0,81081	0,0004
	kg_Fores	0,94543	<.0001		SAF_m2	0,95472	<.0001
SE3	h_Educac	1	<.0001	DRF	No_Bovin	0,88073	<.0001
	poc_Inter	0,6409	0,0135		SAF_m2	0,7624	0,0015
DH	No_Visit	0,92937	<.0001	Porc_R	Bosq_m2	0,55916	0,0376
	poc_Inter	0,6197	0,0181		Combs	-0,68877	0,0064
	PerEB_H4	0,56492	0,0353		Lech_Com	-0,5845	0,0282
	PerPrH4	0,82902	0,0002		Precipit	0,52506	0,0539
	hD_Pr_H4	0,85534	<.0001		Per_Suel	0,59557	0,0246
	hD_EM_H5	0,58313	0,0286		Area	0,71374	0,0041
	hF_Pr_H4	0,80419	0,0005		GB_m2	0,55448	0,0396
Porc_H	Pers_H1	0,65039	0,0118	EYR	Guad_m2	0,56053	0,0371
	No_Nin	0,64792	0,0122		Agr_auto	0,55654	0,0387
	Peso_fam	-	0,0092		GmC_m2	0,60863	0,0209
	PerEM_H4	0,57737	0,0306		Lech_Com	-0,66112	0,01
	PerEM_H4	0,57737	0,0306		Ag_Pe_ha	-0,60904	0,0208
	Jorn_F	0,52096	0,0561		M10_Emg	-0,75686	0,0017
ELR				ESI	Agr_auto	0,60863	0,0209
					Guad_m2	0,59905	0,0236
					Precipit	0,52092	0,0561

Fuente: Elaboración propia

El análisis estadístico, mostró que los 7 primeros componentes principales explicaron el 80,55% de la varianza total, con 112 variables más influyentes (autovalores $> 0,1$), entre emergéticas y de campo, las cuales, se muestran en la Tabla 4-35. Del total de variables influyentes, el 26,7% correspondió a las emergéticas, el 3,5% a los índices y el 69,8% a las variables tomadas en campo, este último porcentaje representado principalmente en las variables agropecuarias. El primer componente, que explica el mayor porcentaje de la variación total (21,79%) se asoció con 24 variables en total, de las cuales, 9 fueron emergéticas, 1 fue el índice de eficiencia %R, y las demás de campo (8 agrícolas, 2 agropecuarias, 2 biofísicas, 1 depósito y 1 Servicio Ecosistémico de captura de CO₂).

El segundo componente, explicó el 16,47% de la variabilidad, con un acumulado del 38,27% y el mayor número de variables, igual a 27. El mayor número de variables asociadas al componente fueron las de campo, con 18 en total, entre ellas 7 correspondientes a la actividad pecuaria, 1 a la caracterización biofísica, 3 a la caracterización de la familia, 2 a los depósitos, 1 al servicio ecosistémico de educación, 2 a los materiales comprados y 1 al potasio almacenado en biomasa. Al componente también se asociaron 8 variables emergéticas de recursos naturales, materiales, depósitos y servicios ecosistémicos.

Las 13 variables más influyentes asociadas al tercer componente principal, el cual, explica el 12,99% y acumula el 51,25% de la variación total, están integradas por 5 emergéticas de los recursos naturales, el acervo sociocultural y la transformidad de los productos agropecuarios. Las otras 8 variables corresponden a las tomadas en la caracterización en campo, con 7 agropecuarias y 1 de la familia.

La proporción de la variación global de los datos, explicada por el cuarto componente, fue del 9,36% y la acumulada del 60,61%, con 17 variables que más contribuyen al mismo. Estas variables, se encuentran compuestas por 4 en términos de emergencia, y el resto como variables de campo integradas por 4 agropecuarias, 5 de composición de la población, 3 de servicios adquiridos y 1 como el depósito de la familia.

El quinto componente, explica el 7,77% de la variación total y acumula el 68,38% con 11 variables, de las cuales solo 2 son emergéticas (Depósito de biodiversidad y transformidad de los biopreparados), y las demás, de campo. Entre estas últimas, se encuentran 3 variables agropecuarias, 3 de la caracterización familia, 1 de materiales comprados y 2 de los depósitos de la familia.

Tabla 4-35: Autovalores de la matriz de correlación y variables significativas en los componentes ^a

Compo- nente No.	1	2	3	4	5	6	7
Variación	Proporción de la variación global de los datos						
Explicada (%)	0,2179	0,1647	0,1299	0,0936	0,0777	0,0671	0,0546
Acumulada (%)	0,2179	0,3827	0,5125	0,6061	0,6838	0,7509	0,8055
	Variable de cada componente ^a						
Nombre de las variable influyentes de cada componente	Cafe_kg	No_Cerds	Banan_kg	Platn_kg	No_Polls	No_Bovin	Bosq_m2
	Agr_auto	Pec_Auto	Pancg_kg	M_F_S_kg	PerEB_H4	Zanah_kg	Guad_kg
	Area	Pec_Merc	Bco_Semi	Peso_fa m	hF_EB_H4	Cacao_kg	Mader_m2
	P_Agr_F	poc_Inter	BRA_disp	Pers_ET	hF_EM_H4	Tern_Com	Tiem_H1
	P_Agr_P	PerPrH4	Jorn_F	hF_ET_H4	Poll_Com	Vel_Vie	Concent
	BRACaf_B	hF_Pr_H4	Curies	No_Trabj	BRA_B	BRP_disp	Precipit
	Per_Suel	No_Visit	Conejos	PerEB_H5	Aves_N	Tiemp_DB	Evapot
	Forraj_D	Otrs_Mat	R5_Emg	P_Solub	hD_EB_H4	Mmat_Emg	kg_Fores
	kg_CO2	Lech_Com	R14_Emg	No_Jorn	hD_EM_H4	-	M2_Emg
	R1_Emg	K_Sub	H2_Emg	Elect	DB_Emg	-	EYR
	R2_Emg	P_Pec_F	H4_Emg	Agua	T9_Emg	-	ESI
	R9_Emg	BRP_B	T6_Emg	hD_ET_H4	-	-	GB_m2
	R12_Emg	Cabras	GmC_m2	N3_Emg	-	-	-
	N1_Emg	hD_Pr_H4	-	H5_Emg	-	-	-
	NTot_Emg	hD_EB_H5	-	STot_Emg	-	-	-
	SE2_Emg	h_Educac	-	Pro_Tran	-	-	-
	DF_Emg	R4_Emg	-	T4_Emg	-	-	-
	Porc_R	R13_Emg	-	-	-	-	-
	T2_Emg	HTot_Emg	-	-	-	-	-
	BR_Tot	M10_Emg	-	-	-	-	-
	Pr_FF_AV	MTot_Emg	-	-	-	-	-
	A_FF_P_F	SE3_Emg	-	-	-	-	-
	Ag_Pc	DH_Emg	-	-	-	-	-
	GmC_tCO2	Y_Emg	-	-	-	-	-
	-	ELR	-	-	-	-	-
	-	Prod_Pec	-	-	-	-	-
	-	Bioprera	-	-	-	-	-

Nota:

a) Los nombres completos de las variables se consultan en el glosario del Anexo H.

Fuente: Elaboración propia

Un 6,71% de la variabilidad global es explicada por el sexto componente principal, que a su vez, cuenta con un acumulado del 75,09%. Es el componente con menos variables influyentes asociadas, con 8 en total, donde la emergencia solo se representa por materiales comprados, mientras que las variables de campo, cuentan con 4 agropecuarias, 1 biofísica (velocidad viento), 1 de materiales comprados (terneros) y 1 depósito de biodiversidad (tiempo de reconversión agroecológica).

El último componente, el séptimo, tiene el aporte más bajo del 5,46% y un acumulado del 80,55% de la varianza total con 12 variables influyentes. Este componente se asocia a 1 variable de emergencia (materiales comprados), 2 índices (EYR, ESI) y 9 de campo, estas últimas, compuesta por 4 agrícolas, 1 de la familia, 1 de materiales, 2 biofísicas y 1 del servicio ecosistémico forestal.

Las 112 variables influyentes en los componentes principales, se considera muy alto para llegar a una explicación general del comportamiento de las fincas. Esto permite corroborar la complejidad única de cada agroecosistema y su necesidad de analizarlos integralmente, no solo con unas cuantas variables.

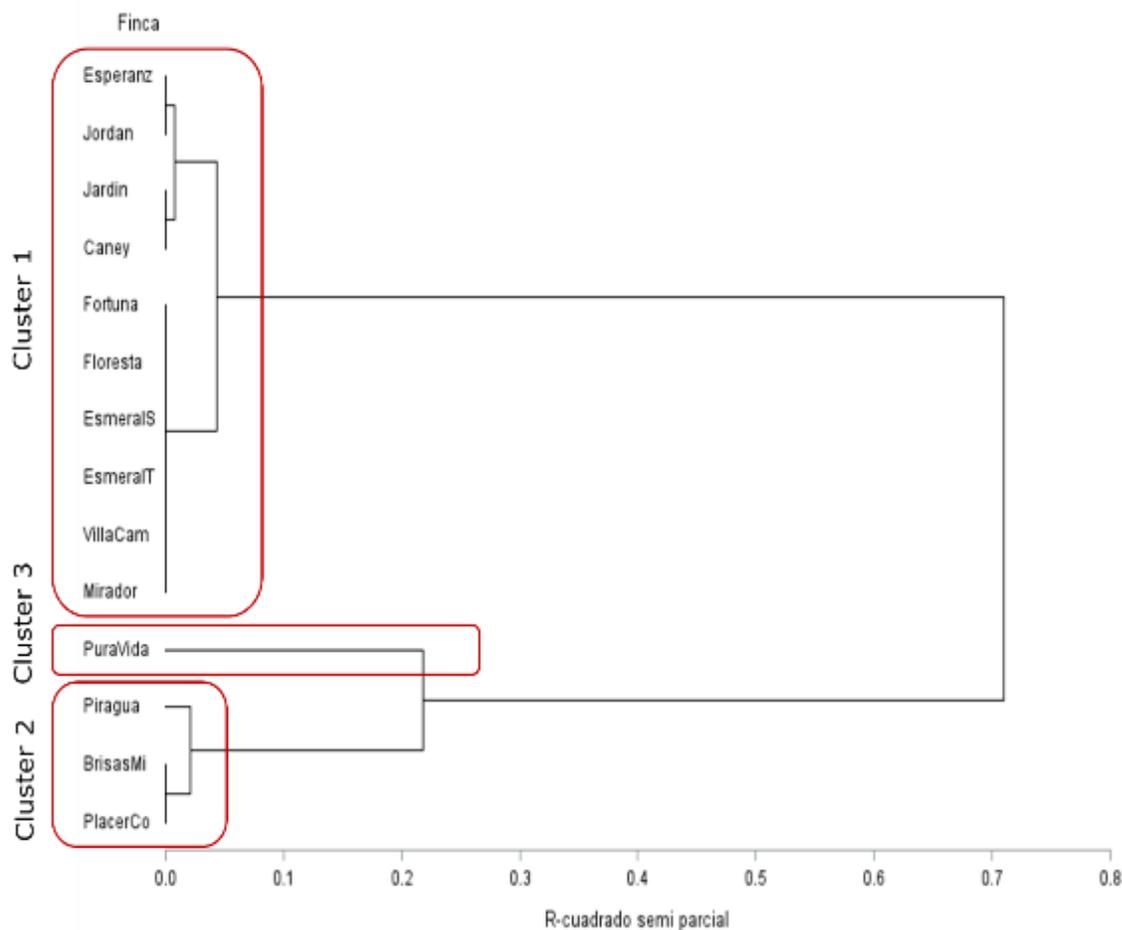
4.5.2 Agrupación de las fincas con Análisis cluster

A partir del Análisis de cluster de varianza mínima de Ward, las 14 fincas se agruparon en 3 cluster como se observa en la Figura 4-37. En el primer cluster, se agruparon 10 fincas con características similares, las cuales, son las únicas con producción de cúrcuma, zanahoria, cacao, peces, curíes y conejos, tienen la mayor producción agrícola de banano, plátano, pancoger, granos, frutas, guadua y por tanto, sus bancos de semillas tienen la mayor capacidad. También, cuentan con la cantidad más alta de productos llevados al mercado, generación de biomasa residual agrícola disponible, número de personas, niños, mujeres, jornadas familiares y las pendientes más elevadas. Teniendo en cuenta, las anteriores características similares entre las fincas, y que no presentan compras de materiales significativas, se obtuvieron aportes de emergencia superiores en cuanto a R5, N4, H1, H2, H3, H5, S2 y S3, que se traducen en una mayor eficiencia dada por los índices %H, EYR, ELRH y ESI.

El segundo cluster, se encuentra conformado por 3 de las fincas (Figura 4-37) de mayor área y altura sobre el nivel del mar, caracterizadas por tener la producción pecuaria más sobresaliente en ganado bovino, la menor producción de pollos y cerdos, y la nula producción de curíes. En cuanto a la producción agrícola, las fincas presentan mayor área de bosque, cuentan con sistemas agroforestales – SAF y una alta producción de café, caña, productos de huerta, madera, abono verde y forraje para depósito. Son las fincas con mayor cantidad de productos para autoconsumo interno tanto para la familia como para pecuario, biomasa residual pecuaria disponible, biomasa de café para la biofábrica y fijación de CO₂.

En las fincas del segundo cluster, también se observa que la familia cuenta con el menor número de jornadas familiares y visitantes, y por tanto, bajo número de horas dedicadas a la educación de visitantes, sin embargo, presenta el más alto número de horas de la familia en educación media y horas de los trabajadores en educación básica. Las compras y adquisiciones externas se ven representadas por los concentrados y son las únicas fincas que adquieren terneros, pero tienen baja adquisición de otro tipo de crías pecuarias. Finalmente, hay un bajo consumo anual de los servicios públicos como la electricidad y el agua. En este grupo de fincas, las variables emergéticas por recursos naturales R2, R9, R10, R12 y R total son los más significativos, lo que repercute en que también cuenten con los porcentajes más elevados de Renovabilidad %R y valores intermedios en los índices EYR y ESI. También, se destacan las mayores emergias en el Servicio ecosistémico de captura de CO² (SE2) y el depósito de forrajes (DF).

Figura 4-37: Dendograma de las fincas agroecológicas en estudio obtenido mediante el Análisis de cluster



Fuente: Elaboración propia

En el último cluster, se observa que la finca Pura vida tiene una dinámica especial que no se asemeja a las demás, por lo cual, es la única que lo conforma (Figura 4-37). El agroecosistema se caracteriza por ser el mayor productor de pollos y gallinas, y así mismo, es el que destina la mayor cantidad de productos pecuarios para el autoconsumo y el mercado. La finca, al contar con un área pequeña, cuenta con los menores valores de forraje de depósito y biomasa residual agrícola disponible, y no cuenta con bosques, o especies forestales. La interacción social de la finca es de las más elevadas, al igual, que las horas de la familia en el nivel de educación media y pregrado, las horas de los trabajadores externos en el nivel de educación media, el número de visitantes y por tanto, el tiempo dedicado por la familia a la educación de visitantes.

Las adquisiciones externas de materiales, se ven representadas por las altas compras de combustibles, pollos y lechones, y los servicios, por la electricidad y el agua. En este grupo se presentan los mayores valores en emergencia de R1, R7, R13, R15, H4, M1, M10, M total, y los menores en N1, N total, DF y DH. Finalmente, se obtiene que este cluster, comparado con los dos anteriores, presenta los valores de eficiencia más bajos, en cuanto a los índices %R, %H, EYR, ELR y ESI, sin embargo, los tres últimos índices, se encuentran en rangos óptimos, y los dos primeros índices, señalan mejorar algunos aspectos involucrados en las adquisiciones externas.

4.5.3 Ecuaciones respuesta de Análisis de regresión múltiple para índices emergéticos

Mediante del Análisis de regresión múltiple, los modelos generados, muestran para los 4 índices emergéticos ESI, R_H, Y y T6, de la Tabla 4-36 la ecuación que permite obtener su valor con un coeficiente de determinación $R^2 = 1,00$. Todos los índices hallados a partir de las variables emergéticas, se encuentran en función de las mismas 16 variables independientes con su respectivo valor para cada uno, las cuales, se pueden considerar como las más representativas y que explican la mayor variabilidad de los datos. En el caso de las ecuaciones generadas con las variables de campo, se relacionaron únicamente 13 de las variables.

Los modelos generados, pueden permitir, en futuros estudios, el cálculo de dichos índices emergéticos, a partir de solo de algunas variables, sin embargo, es necesario el estudio completo de emergencia para visualizar la realidad de las fincas desde ejes transversales, que involucran las otras variables no consideradas en las presentes ecuaciones (Tabla 4-36). Teniendo en cuenta, que el estudio de la emergencia involucra tanto la cantidad de la energía como la calidad, los modelos no permiten reflejar este último aspecto, pues los índices comprenden una explicación no solo desde un número, sino, desde su contexto espaciotemporal.

Tabla 4-36: Ecuaciones de Regresión Múltiple para índices emergéticos

Índice	Variable	Ecuación ^b (R ² ^c = 1,00)
ESI ^a	Emergética	ESI = -14.42942 - (1.7643E12) R1 + (4.73064E15) R2 - (3.1778E15) R5 - (2.0297E15) R14 + (4.31444E16) H1 + (1.50956E15) H2 + (1.32711E16) H3 - (3.8667E17) H5 + (1.0256E14) S + (2.64269E15) M2 - (1.7693E14) M5 + (2.7784E16) M10 - (3.5064E16) M
	De campo	ESI = -100.26217 + (0.13356) Poll - (18.75346) Bov + (0.13227) Pec.Aut - (0.09861) Pec.Mdo + (0.01121) Bsq - (0.00828) Mad - (0.04992) Caf - (0.00518) Pla + (0.01387) Zan + (0.57928) Cur - (0.00194) MFS + (0.00832) Fru + (0.07693) Agr_Aut
RH ^a	Emergética	RH = 0.75603 - (1.2328E-15) R1 + (2.0943E-17) R2 - (1.0035E-18) R5 - (4.2414E-19) R14 + (7.90388E-18) H1 - (2.506E-19) H2 - (7.9009E-18) H3 - (1.35E-20) H5 + (4.09719E-18) S + (5.46206E-19) M2 - (3.8717E-17) M5 + (2.25438E-19) M10 - (1.681E-19) M
	De campo	RH = 0.63846 - (0.00017782) Poll + (0.00081182) Bov - (0.00008260) Pec.Aut + (0.00007066) Pec.Mdo + (0.00001292) Bsq - (0.00002321) Mad - (0.00001695) Caf + (0.00000675) Pla + (0.00003222) Zan + (0.00123) Cur - (0.00001457) MFS - (0.00001281) Fru + (0.00004930) Agr_Aut.
Y ^a (sej/año)	Emergética	Y = -1.37984E18 + (31908) R1 - (1491.81145) R2 - (2.02316) R5 + (0.23489) R14 + (425.03626) H1 - (33.85919) H2 - (427.58897) H3 - (0.17178) H5 + (66.73961) S + (23.82455) M2 - (1766.30853) M5 + (5.62820) M10 + (3.47591) M
	De campo	Y = 4.852228E18 - (8.42452E14) Poll + (6.495475E17) Bov - (8.61323E14) Pec.Aut + (1.418475E15) Pec.Mdo - (3.49415E14) Bsq + (4.290171E14) Mad + (8.09002E13695) Caf - (2.85207E13) Pla - (5.92162E14) Zan - (1.56539E16) Cur - (5.87279E14) MFS + (5.720945E14) Fru - (8.88148E13) Agr_Aut
T6 ^a (sej/kg)	Emergética	T6 = - 3.07324E14 + (7.09679) R1 - (0.21514) R2 - (0.00239) R5 - (0.00139) R14 - (0.02137) H1 + (0.00170) H2 + (0.03291) H3 - (0.00000274) H5 - (0.00011590) S + (0.00326) M2 + (0.10082) M5 - (0.00005179) M10 - (0.00023527) M
	De campo	T6 = -1.2597E13 + (2.859566E11) Poll - (8.18848E12) Bov + (76821464609) Pec.Aut - (8.26617E10) Pec.Mdo - (7034080016) Bsq + (19951914671) Mad - (9.01569E10E13695) Caf + (55568620186) Pla + (18383761053) Zan - (8.89738E11) Cur - (4.29974E10) MFS + (76044976192) Fru + (5179994430) Agr_Aut

Notas:

- a) Índices emergéticos para los cuales se halla la ecuación con variables emergéticas y de campo. ESI: Índice de Sostenibilidad; RH: Renovabilidad total; Y: Emergia total; T6: Transformidad de los productos agropecuarios.
- b) R1: Emergia de R1; R2: Emergia de R2; R5: Emergia de R5; R14: Emergia de R14; H1: Emergia de H1; H2: Emergia de H2; H3: Emergia de H3; H5: Emergia de H5; S: Emergia de S; M2: Emergia de M2; M5: Emergia de M5; M10: Emergia de M10, M: Emergia de M total; Poll: No. Pollos; Bov: No. Bovinos; Pec.Aut: Pecuario Autoconsumo; Pec.Mdo: Pecuario Mercado; Bsq: Bosque m2; Mad: Madera m2; Caf: Café kg; Pla: Plátano kg; Zan: Zanahoria kg; Cur: Cúrcuma kg; MFS: M_F_S kg; Fru: Fruta kg. Los nombres completos de las variables se consultan en el glosario del Anexo H.
- c) Coeficiente de determinación

Fuente: Elaboración propia

5. Consideraciones finales

En los agroecosistemas ecológicos, independiente de sus componentes, la energía de su sostenimiento parte del sol, pues éste, además de la fabricación de comida, se convierte en el motor de energía para los diferentes procesos que tienen lugar en su interior y que se convierten en servicios que superan lo alimentario, para constituir el inicio de la materia orgánica que permanece (materia orgánica viva y no viva), fuente de energía calórica, térmica y constituye reemplazo de fuentes de energía procedentes del petróleo, entre otras.

De allí que en agroecología el concepto de soberanía y autonomía incluyan las dimensiones de soberanía alimentaria, energética y tecnológica, todas íntimamente ligadas tanto a la energía solar, como a la capacidad y laboriosidad de las familias al interior de las fincas. El concepto de Emergia suma todas las energías que circulan en los agroecosistemas, es decir, los aportes de energía solar que fluyen, se transforman, distribuyen y utilizan en ellos, en forma gratuita, provistos por la naturaleza y por el trabajo y la experiencia y dedicación de los seres humanos que gobiernan las finca. Por ello, su uso conceptual adquiere gran valor en agroecología, como lo demuestra esta investigación: en los sistemas agroecológicos los servicios que se generan en sus diferentes manifestaciones son provistos por la energía solar transformada en biomasa viva y no viva – con diferentes usos -, biocombustible, bioabono, biofertilizante, entre otros, y el capital natural y de información que son riqueza de territorios, en poca medida son evaluados.

En este orden de ideas, el análisis de emergia (con m) es una metodología de valoración de la energía, donde se consideran diferentes tipos de calidades de energía. Se incluyen fuentes de energía renovable y no renovable para evaluar sistemas simples o complejos, como las granjas agroecológicas. Para esto es necesario usar factores de estandarización (denominados Transformidades o valores de emergia de unidad - UEV) para la conversión y el manejo de unidades comunes, en unidades de energía solar equivalentes - julios de energía solar equivalente (sej).

La estimación tanto de la Emergia Total Usada (U) como de las 30 Transformidades (T) y los índices emergéticos del territorio colombiano, para el año 2015, son productos de gran importancia del presente estudio, para la llevar a cabo muchos más análisis

energéticos en el país, que visibilicen la riqueza del territorio colombiano en el contexto nacional e internacional. Datos actualizados que además, podrían retroalimentar la Base de Datos de Contabilidad Ambiental Nacional (NEAD, por sus siglas en inglés), dado que esta plataforma web, presenta resultados de la síntesis emergética para cerca de 150 países, incluyendo Colombia, con datos de los años 2000, 2004 y 2008. Siendo evidente la necesidad de la actualización continua de la información.

En el ámbito local, la valoración emergética de los 14 agroecosistemas del estudio, constituye una estimación cercana a la riqueza real de los productos y servicios ecosistémicos generados en las fincas. Tanto la Emergia Total Usada (Y) como las Transformidades (TF) e índices emergéticos de las fincas que incluyen el Acervo Sociocultural (H), dan cuenta del valor de estos sistemas diversificados y autosuficientes multidimensionalmente. Así mismo, muestran de diversas formas, la alta eficiencia emergética, probidad ambiental y formas de bienestar y buen vivir, que se logra con el diseño y manejo de cada agroecosistema. Dado que estos agroecosistemas se encuentran inmersos en diferentes territorios, estos le confieren características propias tanto a las fincas como al rol y desempeño de las familias propietarias.

Se destaca que el equilibrio de las fincas en su funcionamiento y control tiene un categórico fundamento: los familiares que se quedan y participan de las labores de la finca. Los familiares logran tal integración con el agroecosistema, que pueden realizar lecturas holísticas permanentes de las manifestaciones del agroecosistema para tomar las acciones pertinentes a favor de su eficiencia y sostenibilidad. En este estudio, la cuantificación del flujo parcial de emergia renovable por mano de obra interna familiar, se establece como un requisito de base misional de la agroecología. De hecho, el aporte de trabajo de las familias residentes al interior de las fincas fue uno de los criterios en la selección de fincas a incluir en el estudio.

La evaluación de los flujos de emergia dados por Acervo Sociocultural (H), permite revalorizar tanto la labor humana de la familia como sus saberes y conocimiento tradicionales adquiridos en la vida cotidiana dentro y fuera de las fincas. Además, los esfuerzos que realizan los productores agroecológicos para preservar el pensamiento de la agroecología son valorados en términos de emergia. La evaluación de la eficiencia de la emergia en las fincas, incluyendo el patrimonio sociocultural, muestra que los sistemas agroecológicos están equilibrados en el entorno donde están inmersos y tienen una baja carga ambiental.

Si bien los aportes de emergia por la integración de la familia con el agrosistema, dados por H1 y H3, tienen un porcentaje bajo con respecto al H total en cada finca, estos son pilares de la vocación agroecológica en las fincas en estudio. Estos dos aportes de emergia son valiosos para evidenciar que la memoria de información de la cultura agroecológica, está estrechamente asociada a todas las actividades que desarrollan las familias en la lógica ecológica de la agricultura tradicional de pequeña escala,

demostrando que los pequeños sistemas agrícolas manejados por familias, no funcionan sin el trabajo interno de la familia.

Evaluando el capital potencial por apropiación del conocimiento, para elevar el nivel de capacitación en las fincas en estudio, se destaca la riqueza inmersa en la población que habita los agroecosistemas, como un capital intangible de gran valor para la región. Este patrimonio, obtenido mediante la apropiación de conocimientos ancestrales heredados y refinados por la experiencia y la profundización de los fundamentos de la agroecología (para su posterior transferencia cultural a través de mecanismos de enseñanza y aprendizaje), podría ser comparable, con los conocimientos obtenidos en algunos de los niveles de formación en instituciones educativas reguladas en Colombia. Por tanto, todos los integrantes de todas las familias de las fincas evaluadas tienen la posibilidad de convalidar cursos técnicos en profundidad en el SENA.

La relación entre el flujo de emergencia por acervo sociocultural respecto a la emergencia total de las fincas (%H), se considera un indicador emergético de eficiencia, y muestra porcentualmente el valioso aporte renovable, dado por las actividades realizadas por las familias en sus granjas y en sus territorios. Tanto la cuantificación del flujo H como la interpretación del %H representan un aporte valioso del presente estudio, ya que es la primera vez que estas acciones características del trabajo humano, en los sistemas agroecológicos colombianos, son valoradas en términos de emergencia. Estas acciones, se representan en el manejo y orientación del sistema, el intercambio y transferencia de memoria de información y la apropiación de conocimiento de los miembros de las fincas.

Los agroecosistemas son complejos y surgen de la integración de los sistemas naturales y la cultura como unidad indivisible. Normalmente la emergencia se ha contabilizado desde lo natural, con escasa valoración de la cultura, hasta quedar prácticamente invisibilizada. Esta investigación, hace un valioso aporte al indagar y documentar la importancia de este componente en la sostenibilidad agroecosistémica. Incorpora la Emergencia del acervo sociocultural - fundamento de la agricultura campesina, que se expresa en prácticas, saberes, ritos, creencias y sistemas productivos, que transitan a través de distintas generaciones -. Recoge y traduce en emergencia lo que significan los campesinos aglutinados en organizaciones que practican la agroecología desde sus dimensiones de práctica, política y ciencia (desde la perspectiva de ciencia posnormal - que acepta los principios de estos saberes como ciencia adquirida por caminos diferentes a la sistematización que hace el método científico cartesiano que se practica en la ciencia occidental -).

Además de esta visión interna de lo que significa la valoración de emergencia en términos de visibilizar aportes muy importantes para la construcción de un país como Colombia dentro de principios de paz y armonía con la naturaleza y los seres humanos como componente, un país con futuro socio-político y ambiental, el conocimiento de la emergencia puede convertirse en un sello distintivo que caracterice todos aquellos productos y

agroecosistemas que practiquen la agroecología. Un símbolo de sostenibilidad alimentaria, energética y tecnológica que aúne a los agricultores ecológicos independientes del lugar en que se encuentren y por qué no, en un emblema global que traspase fronteras y permita el hermanamiento de todos aquellos que consideren que es posible una tierra viva para todos.

Se recomienda continuar realizando estudios que destaquen la importancia de la labor de la familia en sistemas agroecológicos, para que se consoliden nuevas formas de valoración con valores tomados no solo desde una perspectiva económica. Estos estudios permitirán obtener etiquetas de valor de origen, donde sean visibles sistemas de producción equilibrados, promoviendo la protección de la biodiversidad, la conservación de semillas y la producción de productos de buena calidad. Por lo tanto, las familias pueden comercializar productos de valor agregado y el consumidor puede decidir si comprar productos de granjas eficientes.

También se recomienda desarrollar estudios de valoración emergética para cada territorio, para la actualización permanente de indicadores en tiempo y espacio. Teniendo en cuenta que las fincas están inmersas en una matriz paisajística, la cual, tiene implicaciones en el funcionamiento del agroecosistema, es importante buscar estrategias para incluir en la síntesis emergética, la red de interacciones características de la agroecología. Pues dichas demostraciones numéricas, así como las presentadas en este estudio, además de visibilizar la importancia del enfoque agroecológico y la labor familiar en la agricultura alternativa, nos invitan a repensar la evolución de la civilización humana basados en nuevos patrones de producción y consumo renovables.

Si bien el presente trabajo permite corroborar la semántica de la agroecología, utilizar la metodología de la emergencia para enriquecer la ciencia de la agroecológica y brindar puntos de partida de nuevas investigaciones, también genera grandes compromisos para elevar la autoestima del productor y su familia; visibilizar en diferentes ámbitos la importancia de la labor de los productores rurales a pequeña escala; trabajar por los relevos generacionales para el mantenimiento y preservación del legado agroecológico; generar herramientas que permita a los agricultores realizar sus propios análisis emergéticos y tomar decisiones para mejorar sus agroecosistemas; y finalmente incidir en la toma de decisiones para la generación de políticas públicas en temas como valor de origen, emprendimiento, trabajo sano, buen vivir, entre otros.

A.Anexo: Programas ACERVAGE Y EVEIMAGE

Programa ACERVAGE

El Programa de cálculo ACERVAGE procesa la información de la caracterización de la estructura sociocultural de las fincas, según ecuaciones planteadas a continuación para encontrar el Acervo sociocultural desde H1 hasta H5. Tras el procesamiento, el programa de cálculo entrega las tablas de la emergencia del Acervo sociocultural presentadas en los resultados de la sección 4.4.1.

H1: Flujo Metabolismo Humano Población permanente

$$Emh = P * M * (4.186 \text{ J/kcal}) * (365 \text{ días/año}) \quad (\text{H.1})$$

$$\text{Emergia} = E * T28 \quad (\text{H.2})$$

Donde:

Emh: Energía (J/año)

P: Población permanente en finca (habitantes/año)

M: Energía Metabolismo Basal Humano: 2.500 kcal/día

Emergia: Emergia por Metabolismo Humano (sej/año)

T28: Transformidad colombiana del Metabolismo Humano (sej/J)

H2: Flujo por interacción social y aprendizaje Población permanente

$$E = Emh * \left(Tis * \left(\frac{0,1}{168 \text{ horas/semana}} \right) \right) \quad (\text{H.3})$$

$$\text{Emergia} = E * T29 \quad (\text{H.4})$$

Donde:

E: Energía por interacción social y aprendizaje de la Población permanente (J/año)

Emh: Energía Flujo de Metabolismo Humano (J/año), hallada en la Ecuación (H.1)

Tis: Tiempo que la familia dedica a la interacción social (horas/semana)

Emergia: Emergia por interacción social y aprendizaje (sej/año)

T29: Transformidad colombiana de Interacción social (sej/J)

H3: Flujo de memoria de información anual en Población permanente en finca

$$E = \text{DNA} * \text{MS} * \text{Pp} * \left(\frac{0,001 \text{ g DNA}}{\text{mg DNA}} \right) * P * \text{Ed} * (4.186 \text{ J/kcal}) * \left(\frac{1.000 \text{ g MS}}{\text{kg MS}} \right) \quad (\text{H.5})$$

$$\text{Emi} = E * \left(\frac{1}{\text{Ev} - \text{Ep}} \right) \quad (\text{H.6})$$

$$\text{Emergia} = \text{Emi} * \text{T30} \quad (\text{H.7})$$

Donde:

E: Energía (J/año)

DNA: DNA Humano (mg DNA/g Materia Seca Humano)

MS: Fracción Materia seca en el Ser Humano

Pp: Peso promedio personas en finca (kg)

P: Población permanente en finca (habitantes/año)

Ed: Energía disolución (kcal/g)

Emi: Energía de memoria de información, Población permanente en finca (J/año)

Ev: Expectativa promedio de vida Colombia (años)

Ep: Edad reproductiva (años)

Emergia: Emergia memoria de información (sej/año)

T30: Transformidad colombiana de memoria de información (sej/J)

H4: Apropiación de conocimiento Población Permanente en diferentes niveles educativos

$$\text{H4} = \text{H4.1} + \text{H4.2} + \text{H4.3} + \text{H4.4}$$

H4.1: Apropiación de conocimiento nivel Tecnólogo SENA población permanente

$$\text{Flujo Emergia} = \text{Tf} * \text{T15} \quad (\text{H.8})$$

Donde:

Flujo Emergia: Flujo de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Tecnólogo SENA de la población permanente (sej/año)

Tf: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo por entrenamientos a otras personas (hora/año)

T15: Transformidad colombiana nivel de formación Tecnólogo (sej/hora)

$$\text{Depósito Emergia} = \text{Td} * \text{T15} \quad (\text{H.9})$$

Donde:

Depósito Emergia: Depósito de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Tecnólogo SENA población permanente (sej/año)

Td: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo para cumplimiento de mecanismos de divulgación oral y escrita (hora/año)

T15: Transformidad colombiana nivel de formación Tecnólogo (sej/hora)

H4.2: Apropiación de conocimiento nivel Tecnólogo Universitario población permanente

$$\text{Flujo Emergia} = T_f * T_{16} \quad (\text{H.10})$$

Donde:

Flujo Emergia: Flujo de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Tecnólogo Universitario de la población permanente (sej/año)

T_f: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo por entrenamientos a otras personas (hora/año)

T₁₆: Transformidad colombiana nivel de formación Tecnólogo Universitario (sej/hora)

$$\text{Depósito Emergia} = T_d * T_{16} \quad (\text{H.11})$$

Donde:

Depósito Emergia: Depósito de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Tecnólogo Universitario población permanente (sej/año)

T_d: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo para cumplimiento de mecanismos de divulgación oral y escrita (hora/año)

T₁₆: Transformidad colombiana nivel de formación Tecnólogo Universitario (sej/hora)

H4.3: Apropiación de conocimiento nivel Pregrado población permanente

$$\text{Flujo Emergia} = T_f * T_{17} \quad (\text{H.12})$$

Donde:

Flujo Emergia: Flujo de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Pregrado de la población permanente (sej/año)

T_f: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo por entrenamientos a otras personas (hora/año)

T₁₇: Transformidad colombiana nivel de formación Pregrado (sej/hora)

$$\text{Depósito Emergia} = T_d * T_{17} \quad (\text{H.13})$$

Donde:

Depósito Emergia: Depósito de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Pregrado población permanente (sej/año)

T_d: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo para cumplimiento de mecanismos de divulgación oral y escrita (hora/año)

T₁₇: Transformidad colombiana nivel de formación Pregrado (sej/hora)

H4.4: Apropiación de conocimiento nivel Especialización población permanente

$$\text{Flujo Emergia} = T_f * T18 \quad (\text{H.14})$$

Donde:

Flujo Emergia: Flujo de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Especialización de la población permanente (sej/año)

Tf: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo por entrenamientos a otras personas (hora/año)

T18: Transformidad colombiana nivel de formación Especialización (sej/hora)

$$\text{Depósito Emergia} = T_d * T18 \quad (\text{H.15})$$

Donde:

Depósito Emergia: Depósito de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Especialización población permanente (sej/año)

Td: Tiempo de dedicación/ persona año para flujo para cumplimiento de mecanismos de divulgación oral y escrita, incluyendo elaboración de libros (hora/año)

T18: Transformidad colombiana nivel de formación Especialización (sej/hora)

H5: Apropiación de conocimiento población No permanente en diferentes Niveles Educativos

$$\text{H5} = \text{H5.1} + \text{H5.2} + \text{H5.3} + \text{H5.4}$$

H5.1 para población No permanente, se calcula con las mismas fórmulas de H4.1 para población permanente.

H5.2 para población No permanente, se calcula con las mismas fórmulas de H4.2 para población permanente.

H5.3 para población No permanente, se calcula con las mismas fórmulas de H4.3 para población permanente.

H5.4: Apropiación de conocimiento nivel Profundización Técnica SENA población no permanente Visitantes

$$\text{Flujo Emergia} = T_a * N_v * A * T20 \quad (\text{H.16})$$

Donde:

Flujo Emergia: Flujo de emergia por Apropiación de conocimiento en nivel Profundización Técnica SENA de los visitantes (sej/año)

Ta: Tiempo de Apropiación / visitante (1,0 hr / persona)

Nv: Numero personas Visitantes (Personas/año)

A: Porcentaje de visitantes que Apropiaron Acervo agroecológico (% como fracción)

T20: Transformidad de capacidades colombianas para formación de todos los titulados en diferentes Niveles Educativos (sej/hora).

Programa EVEMAGE

El programa EVEMAGE, procesa la información de las fincas sobre los Recursos Naturales Renovables (R), Recursos Naturales No Renovables (N), Servicios Externo (S), Materiales o insumos externos (M) y calcula los flujos emergético de cada uno. Además, toma los flujos emergéticos del Acervo sociocultural (H) hallados mediante el ACERVAGE, para generar las tablas de emergencia total (Y) de cada finca. Además calcula los depósitos de Biodiversidad (DRB) y de Forrajes (DRF), y los Servicios Ecosistémicos de Provisión Forestal (SE1), de Regulación por Captura de CO2 (SE2) y Cultural por Educación a visitantes (SE3)

- **Recursos Naturales Renovables (R):**

R1: Sol

El Flujo de Emergia Solar R1, se obtiene a partir de la multiplicación entre de la energía solar (J/año) y la Transformidad (sej/J) (Ecuación H.17). La energía solar, está dada por el producto entre el área de la finca o subsistema (A), la Insolación media (I) y la energía incidente efectiva como 1 – albedo (1 – a) en fracción (Ecuación H.18).

$$\text{Energía solar} = A * I * (1 - a) \quad (\text{H.17})$$

$$\text{Flujo emergia R1} = \text{Energía solar} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.18})$$

R2: Potencial Químico de Lluvia

El Flujo de Emergia dado por el Potencial Químico de la Lluvia R2, se obtiene a partir de la multiplicación entre de la Energía química de la lluvia (J/año) y la Transformidad (sej/J) (Ecuación H.23). Para ello se realizan los siguientes cálculos:

i) el Coeficiente de escorrentía adimensional (C) mediante los factores K1, K2, y K3 planteados en la fórmula de Nadal (Ecuación H.19), ii) la Escorrentía superficial (Es) como el producto entre el Coeficiente de escorrentía (C) y la Precipitación neta (Pc) (Ecuación H.20), iii) la Evapotranspiración (Ev), a partir de la restrta entre la Precipitación promedio (Pc) y la Escorrentía superficial (Es) (Ecuación H.21) y iv) la Energía química de la lluvia (J/año) como el producto entre el Área (A), la Evapotranspiración (Ev), la Energía de la lluvia (Eq = 4.940 J/kg) y la Densidad del agua (ρ) (Ecuación H.22).

$$C = 0,25 * K1 * K2 * K3 \quad (\text{H.19})$$

$$Es = C * Pc \quad (\text{H.20})$$

$$Ev = Pc - Es \quad (H.21)$$

$$\text{Energía química de la lluvia} = A * Ev * Eq * \rho \quad (H.22)$$

$$\text{Flujo emergia R2} = \text{Energía química lluvia} * \text{Transformidad} \quad (H.23)$$

R3: Geopotencial de Lluvia

El Flujo de Emergia dado por el Geopotencial de Lluvia R3, se obtiene a partir del producto entre de la Energía por el Geopotencial de la lluvia (J/año) y la Transformidad (sej/J) (Ecuación H.27). Para ello se realizan los siguientes cálculos:

i) Se calcula la Tasa de escorrentía (Ts) mediante la Ecuación (H.24), como la razón entre la Escorrentía superficial (Es) hallada en la Ecuación (H.20) y la Precipitación (Pc).

ii) la Elevación media (Er), como el producto de la raíz cuadrada del Área (A) y la Pendiente promedio de la finca o subsistema (Ecuación H.25) y iii) la Energía de la lluvia por geopotencial, como el producto entre los factores de la ecuación (Ecuación H.26).

$$Ts = Es/Pc \quad (H.24)$$

$$Er = \sqrt{A} * \text{Pendiente} \quad (H.25)$$

$$\text{Energía lluvia por geopotencial} = A * Pc * Ts * Er * 9,8 \text{ m/s}^2 * 1000 \text{ kg/m}^3 \quad (H.26)$$

$$\text{Flujo emergia R3} = \text{Energía lluvia por geopotencial} * \text{Transformidad} \quad (H.27)$$

R4: Cinética del Viento

El Flujo de Emergia dado por la Cinética del Viento R4, se obtiene a partir de la multiplicación entre de la Energía del viento (J/año) y la Transformidad (sej/J) (Ecuación H.32). Para ello se realizan los siguientes cálculos:

i) Se calcula el Coeficiente Drag (CDN) utilizando la Velocidad media de Viento (V) (Ecuación H.28), ii) la Presión del lugar específico (P) con el uso de la Presión sobre el nivel del mar (Po), el Peso molecular promedio del aire (m), la Gravedad (g), la altura sobre el nivel del mar (h), la constante de los gases ideales (R) y la Temperatura promedio durante el año (T) como se observa en la Ecuación (H.29), iii) la Densidad del aire (D) utilizando la Presión del lugar específico, el Peso molecular promedio del aire y la Temperatura (Ecuación H.30), y finalmente, iv) la Energía cinética del viento, mediante la multiplicación del Área (A), la Densidad del aire, el Coeficiente Drag y la Velocidad media de Viento (Ecuación H.31).

$$CDN = (0,75 + 0,67 V) / 1000 \quad (H.28)$$

$$P = Po * e^{-mgh/RT} \quad (H.29)$$

$$D = P * m / R * T \quad (H.30)$$

$$\text{Energía cinética del viento} = A * D * CDN * V * 3,14E + 7 \text{ s/año} \quad (\text{H.31})$$

$$\text{Flujo emergia R4} = \text{Energía cinética del viento} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.32})$$

R5: Banco de semillas

El Flujo de Emergia dado por las Semillas R5, se obtiene a partir de la multiplicación entre las semillas utilizadas (kg/año) en la Finca o Subsistemas agrícolas y la Transformidad (sej/kg) (Ecuación H.33). La Transformidad utilizada para el caso de las Fincas, corresponde a la Transformidad T22 = 2,97E+14 sej/kg (Tabla 4-15) siendo específica para el territorio colombiano.

La Transformidad utilizada para las semillas de los Subsistemas agrícolas, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T5.

$$\text{Flujo emergia R5} = \text{Banco de semillas} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.33})$$

R6, R7 y R8: Minerales almacenado en biomasa

El Flujo de Emergia dado por Nitrógeno R6, Fosforo R7 y Potasio R8 almacenado en biomasa, se obtiene a partir de la multiplicación entre los minerales que se fijaron (kg/año) en la Finca o Subsistemas agrícolas (dados por productos al mercado, productos de consumo interno y reciclaje por biomosas residuales) y la Transformidad (sej/kg) de los minerales (Ecuación H.34). La Transformidad utilizada para las Fincas y Subsistemas, fueron extraídas de fuentes bibliográficas (Roncon, 2011).

$$\text{Flujo emergia R6, R7 y R8} = \text{Minerales fijados} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.34})$$

R9: Biomasa Residual Agropecuaria disponible

- a) El Flujo de Emergia dado por la Biomasa Residual Agropecuaria disponible en Finca R9, se obtiene a partir del producto entre la Biomasa Residual Agropecuaria disponible (BRAp disponible) en la Finca en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.35). La BRAp disponible en una Finca corresponde a la resta de la Biomasa Residual Agropecuaria Total (BRAp Total) de la Finca, menos la Biomasa Residual Agropecuaria utilizada en la Biofábrica (BRAp utilizada) (Ecuación H.36).

La Transformidad utilizada para la Biomasa Residual Agropecuaria de la Finca, corresponde a la Transformidad T13 = 1,76E+13 sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano.

$$\text{BRAp disponible} = \text{BRAp Total} - \text{BRAp utilizada} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.35})$$

$$\text{Flujo emergencia Finca R9} = \text{BRAp disponible} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.36})$$

- b) El Flujo de Emergia dado por la Biomasa Residual Agrícola disponible en los Subsistemas Agrícolas R9, se obtiene a partir del producto entre la Biomasa Residual Agrícola disponible (BRA disponible) en el Subsistema en kg/año y la Transformidad en sej/kg (H.38). La BRA disponible en un Subsistema corresponde a la resta de la Biomasa Residual Agrícola Total (BRA Total) del Subsistema, menos la Biomasa Residual Agrícola utilizada en la Biofábrica (BRA utilizada) (Ecuación H.37). La Transformidad utilizada para la Biomasa Residual de los Subsistemas agrícolas, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T3

$$\text{BRA disponible} = \text{BRA Total} - \text{BRA utilizada} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.37})$$

$$\text{Flujo Subsistemas Agrícolas R9} = \text{BRA disponible} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.38})$$

- c) El Flujo de Emergia dado por la Biomasa Residual Agropecuaria utilizada en Biofábrica R9, se obtiene a partir del producto entre la Biomasa Residual Agropecuaria utilizada en Subsistema Biofábrica (BRAp utilizada) en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.39).

La Transformidad utilizada para la Biomasa Residual del Subsistema Biofábrica, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T3.

$$\text{Flujo emergencia Biofábrica R9} = \text{BRAp utilizada} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.39})$$

R10: Abono verde

El Flujo de Emergia por Abono verde R10, se obtiene a partir del producto entre la Biomasa de los Abonos verdes presente en la Finca o los Subsistemas agrícolas en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.40).

La Transformidad utilizada para los Abonos verdes de la Finca, corresponde a la Transformidad T8 = 4,53E+13 sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

La Transformidad utilizada para los Abonos verdes de los Subsistema agrícolas, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T4.

$$\text{Flujo emergencia R10} = \text{Biomasa Abono verde} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.40})$$

R11: Productos Agropecuarios de Subsistencia Familiar

- a) El Flujo de Emergia dado por Productos Agropecuarios de Subsistencia Familiar R11 para la Finca, se obtiene a partir de la multiplicación entre el total de los Productos Agropecuarios de Subsistencia Familiar (PSF) producidos en la finca (kg/año) y la Transformidad (sej/kg) (Ecuación H.41).

La Transformidad utilizada para los Productos Agropecuarios en las Fincas, corresponde a la Transformidad $T_{10} = 4,04E+13$ sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia R11 Finca} = \text{PSF} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.41})$$

- b) El Flujo de Emergia dado por Productos Agropecuarios de Subsistencia Familiar R11 para todos los Subsistemas, se obtiene a partir de la multiplicación entre el total de Productos de Subsistencia Familiar (mPSF) en kg/año, por el Porcentaje de Jornadas Familiares dedicado a los Subsistemas (%Jf) y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.42).

La Transformidad utilizada para los Productos Agropecuarios en todos los Subsistemas, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T5.

$$\text{Flujo emergia R11 Subsistemas} = \text{mPSF} * \%Jf * \text{Transformidad} \quad (\text{H.42})$$

R12: Agricultura de subsistencia Pecuaria

- a) El Flujo de Emergia dado por Productos Agrícolas de Subsistemas Pecuaria R12 para la Finca, se obtiene a partir de la multiplicación entre los Productos de la Finca consumidos por todos los Subsistemas Pecuarios (mPSP) en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.43).

La Transformidad utilizada para mPSP de la Finca, corresponde a la Transformidad $T_8 = 4,53E+13$ sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia R12 Finca} = \text{mPCP} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.43})$$

- b) El Flujo de Emergia dado por Productos Agrícolas de Subsistemas Pecuaria R12 para la los Subsistemas Pecuarios, se obtiene a partir de la multiplicación entre los Productos de la Finca consumidos por cada Subsistema Pecuario (mPSP) en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.44).

La Transformidad utilizada para los mPSP de cada Subsistema Pecuario, se calcula con la Emergia de cada Finca, la cual, se encuentra en sus propias Tablas de Emergia como T5.

$$\text{Flujo emergia R12 Finca} = mPCP * \text{Transformidad} \quad (\text{H.44})$$

R13: Materiales Renovables para Biofábrica

El Flujo de Emergia dado por Materiales Renovables para uso en Biofábrica R13, tanto para la Finca como para el Subsistema Biofábrica, se obtiene a partir de la sumatoria de los materiales utilizados (M_i) en kg/año multiplicados por sus Transformidades (T_i) en sej/kg (Ecuación H.45).

Las Transformidades utilizadas fueron extraídas de fuentes bibliográficas o halladas según el Anexo J.

$$\text{Flujo emergia R13} = \sum(M_i * T_i) \quad (\text{H.45})$$

R13: Biopreparados obtenidos en Biofábrica

El Flujo de Emergia dado por Biopreparados en Biofábrica, R13, para los Subsistemas agrícolas se obtiene como la sumatoria de los porcentajes (X_i) de Biopreparado utilizados en el subsistema (B_i), en kg/año, multiplicados por la Transformidades de Biopreparados en sej/kg (Ecuación H.46).

La Transformidad de los Biopreparados (T_{BIOF}) se calcula con la Emergia del Subsistema Biofábrica, la cual, se encuentra la Tabla de Emergia de Biofábrica.

$$\text{Flujo emergia R13} = \sum(X_i B_i * T_{BIOF}) \quad (\text{H.46})$$

R13: Agricultura de Subsistencia Fábrica de Concentrados

El Flujo de Emergia dado por Agricultura de subsistencia Fábrica Concentrados R13, tanto para las Fincas que producen sus propios concentrados como para su propio Subsistema Fabrica Concentrados y, se obtiene a partir de la multiplicación entre los Productos agrícolas de la Finca utilizados en la Fábrica de Concentrados (mPFC) en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.47).

La Transformidad de los mPFC de la Finca, corresponde a la Transformidad $T_8 = 4,53E+13$ sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia R13 Finca} = mPFC * \text{Transformidad} \quad (\text{H.47})$$

R13: Concentrados elaborados en finca para subsistencia Pecuaria

El Flujo de Emergia dado por Concentrados para subsistencia Pecuarios R13, solo para los Subsistemas pecuarios de las Fincas que producen sus propios concentrados, se

obtiene a partir de la multiplicación entre el porcentaje (Y_i) de Concentrado Producido en Finca (mCPF), utilizado en el subsistema en kg/año, multiplicados por la Transformidades del Concentrado en sej/kg (Ecuación H.48).

La Transformidad del Concentrado Producido en Finca (T_{CPF}) se calcula con la Emergia del Subsistema Fábrica Concentrados, la cual, se encuentra en la Tabla de Emergia para el Subsistema Fábrica Concentrados.

$$\text{Flujo emergia R13 Finca} = Y_i (\text{mCPF} * \text{Transformidad}) \quad (\text{H.48})$$

R14: Mano de obra interna y familiar

- a) El Flujo de Emergia dado por Mano de obra interna y familiar R14, para las Fincas se obtiene a de las Jornadas de Trabajo del personal Interno y Familiar dedicado (JF), en Jornadas/año y, la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.49).

$$\text{Flujo emergia R14 Finca} = JF * \text{Transformidad} \quad (\text{H.49})$$

- b) El Flujo de Emergia dado por Mano de obra interna y familiar R14, para los Subsistemas se obtiene a partir del producto entre el porcentaje de Jornadas de Trabajo del personal Interno y Familiar dedicado (%JF), por las JF en Jornadas/año y, la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.50).

La Transformidad de la Mano de obra, corresponde a la Transformidad $T_6 = 3,25E+14$ sej/jornada (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia R14 Subsistema} = \%Jf * JF * \text{Transformidad} \quad (\text{H.50})$$

R15: Especies Nativas Pecuarias

El Flujo de Emergia dado por Especies nativas pecuarias, R15, para la Finca se obtiene multiplicar la masa de las Especies Nativas Pecuarias (mENP) en kg/año y la Transformidad en sej/kg (Ecuación H.51).

La Transformidad de las ENP, corresponde a la Transformidad $T_{23} = 3,99E+13$ sej/kg (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia R15} = \text{ENP} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.51})$$

Toral Recursos Naturales Renovables (R):

Corresponde a la sumatoria de todos los flujos emergéticos de los Recursos Naturales Renovables desde R1 hasta R15:

$$Total R = \sum(R1 + R2 + R3 + R4 + \dots + R15)$$

- **Recursos Naturales No Renovables (N):**

N1: Pérdida de suelo

El Flujo de Energía dado por Pérdida de suelo, N1, para la Finca y Subsistemas se obtiene como el producto de la Energía por la pérdida de suelo en J/año y su Transformidad en sej/J (Ecuación H.53). Para ello, la Energía por la pérdida de suelo (EPS) se halla a partir de la multiplicación entre el Área (A), la Pérdida de suelo (Ps), la Materia orgánica (Mo) y los factores de conversión a unidades de energía (Ecuación H.52).

La Transformidad de las ENP, corresponde a la Transformidad 7,40E+04 la dada por Vivas y Brown (2006).

$$Energía\ por\ pérdida\ de\ suelo = A * Ps * Mo * (5,4\ Kcal/g) (4186\ J/Kcal) \quad (H.52)$$

$$Flujo\ energia\ N1 = Energía\ por\ pérdida\ de\ suelo * Transformidad \quad (H.53)$$

N2, N3 y N4: Minerales solubilizados

El Flujo de Energía dado por Nitrógeno N2, Fosforo N3 y Potasio N4 solubilizados, se obtiene a partir de la multiplicación entre los minerales que se solubilizaron (kg/año) en la Finca o Subsistemas agrícolas (dados por productos al mercado) y la Transformidad (sej/kg) de los minerales (Ecuación H.54). La Transformidad utilizada para las Fincas y Subsistemas, fueron extraídas de fuentes bibliográficas.

$$Flujo\ energia\ N2, N3\ y\ N4 = Minerales\ solubilisados * Transformidad \quad (H.54)$$

Toral Recursos Naturales No Renovables (N):

Corresponde a la sumatoria de todos los flujos energéticos de los Recursos Naturales No Renovables desde N1 hasta N4:

$$Total\ N = \sum(N1 + N2 + N3 + N4)$$

H1 – H5: Acervo Sociocultural:

El programa EVERMAGE Se trae los resultados de los flujos de energía por el Acervo Sociocultural (H1, H2, H3, H4 y H5) calculados anteriormente, en el detalle del Programa ACERVAGE.

- **Servicios Externos (S):**

S1: Mano de obra Externa:

- El Flujo de Emergia dado por la Mano de obra Externa contratada S1, para las Fincas se obtiene a partir del total de Jornadas de Trabajo Externo dedicado (JE), en Jornadas/año y, la Transformidad en sej/jornada (Ecuación H.55).
- El Flujo de Emergia dado por la Mano de obra Externa contratada S1, para los Subsistemas se obtiene a partir del producto entre el porcentaje de Jornadas de Trabajo del personal Interno y Familiar dedicado (%JF), por las JF en Jornadas/año y, la Transformidad en sej/jornada (Ecuación H.56).

La Transformidad de la Mano de obra, corresponde a la Transformidad T6 = 3,25E+14 sej/jornada (Tabla 4-15), siendo específica para el territorio colombiano

$$\text{Flujo emergia S1 Finca} = JE * \text{Transformidad} \quad (\text{H.55})$$

$$\text{Flujo emergia S1 Subsistema} = \%Jf * JE * \text{Transformidad} \quad (\text{H.56})$$

S2: Electricidad:

- El Flujo de Emergia dado por el servicio de Electricidad S2 para las Fincas, se obtiene a partir del total de energía (E total) en J/año, por consumo eléctrico doméstico de la familia, la maquinaria para el funcionamiento de la Finca, como molinos, trilladoras, electrobombas, mezcladoras o guadañas, multiplicada por la Transformidad de la electricidad Colombiana en sej/J (Ecuación H.57).
- El Flujo de Emergia dado por Electricidad S2, para los Subsistemas se obtiene a partir del producto entre el porcentaje de Energía (%E) utilizado en el subsistema, por la Energía total consumida en la Finca (J/año) y, la Transformidad en sej/J (Ecuación H.58).

$$\text{Flujo emergia S2 Finca} = E \text{ total} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.57})$$

$$\text{Flujo emergia S2 Subsistema} = E \text{ total} * \%E * \text{Transformidad} \quad (\text{H.58})$$

S3: Agua:

- El Flujo de Emergia dado por el servicio de Agua S3 para las Fincas, se obtiene a partir del total de Agua (A total) en m³/año, por consumo doméstico de la familia, las actividades de riego, consumo pecuario, lavado pecuario, beneficiadero

agrícola, beneficiadero pecuario y para la elaboración de biopreparados y abonos orgánicos en la biofábrica. El A total es multiplicada por la Transformidad del Agua potable Colombiana en sej/m³ (Ecuación H.59).

- b) El Flujo de Emergia dado por el servicio de Agua S3, para los Subsistemas se obtiene a partir del producto entre el porcentaje de Agua (%A) utilizada en el subsistema, por El Agua total consumida en la Finca (m³/año) y, la Transformidad en sej/m³ (Ecuación H.60).

$$\text{Flujo emergia S3 Finca} = A \text{ total} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.59})$$

$$\text{Flujo emergia S3 Finca} = A \text{ total} * \%A * \text{Transformidad} \quad (\text{H.60})$$

Toral Servicios Externos (S):

Corresponde a la sumatoria de todos los flujos emergéticos de los Servicios externos desde S1 hasta S3:

$$\text{Total S} = \sum(S1 + S2 + S3)$$

- **Materiales o Insumos Externos (M):**

M1: Semillas de la región para concentrados:

El Flujo de Emergia dado por la compra de Semillas de la región para concentrados M1 para la Finca, se obtiene a partir del total de Semillas compradas en kg/año, para la elaboración de concentrados propios, multiplicado por la Transformidad de las semillas colombianas en sej/kg (Ecuación H.61).

$$\text{Flujo emergia M1} = \text{Semillas compradas} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.62})$$

M2: Concentrados de la región

El Flujo de Emergia dado por la compra de Concentrados M2 para la Finca, se obtiene a partir del total de Concentrados comprados en kg/año, los cuales son elaborados por los agricultores vecinos, multiplicado por la Transformidad de los Concentrados regionales en sej/kg (Ecuación H.63).

$$\text{Flujo emergia M2} = \text{Concentrados comprados} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.63})$$

M3: Plásticos y cauchos

El Flujo de Emergia dado por la compra de plásticos y cauchos M3 para la Finca, se obtiene a partir del total de plásticos y cauchos comprados en kg/año, multiplicado por la Transformidad de los plásticos y cauchos de Colombia en sej/kg, para el caso de los subsistemas se utiliza solamente la cantidad de plásticos y cauchos utilizados en el para el funcionamiento de los mismos (Ecuación H.64).

$$\text{Flujo emergia M3} = \text{Plásticos y cauchos comprados} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.64})$$

M4: Minerales, sales y fertilizantes de síntesis

El Flujo de Emergia dado por la compra de Minerales, sales y fertilizantes de síntesis M4, se obtiene a partir del total de Minerales (M), sales (S) o fertilizantes de síntesis (F) comprados en kg/año, multiplicado por la Transformidad (T) en sej/kg de cada uno, para el caso de los subsistemas se utiliza solamente la cantidad de Minerales, sales y fertilizantes de síntesis utilizados en el para el funcionamiento de los mismos (Ecuación H.65).

Cada mineral, sal o fertilizante de síntesis tiene una Transformidad diferente, por lo cual, las emergias se suman al final.

$$\text{Flujo emergia M4} = \sum [(Mi * Ti) + (Si * Ti) + (Fi * Ti)] \quad (\text{H.65})$$

M5: Combustibles

El Flujo de Emergia dado por la compra de Combustibles M5 para la Finca, se obtiene a partir del total de Combustibles comprados en kg/año, multiplicado por la Transformidad en sej/kg, para el caso de los subsistemas se utiliza solamente la cantidad de Combustibles utilizados en el para el funcionamiento del mismo (Ecuación H.66).

$$\text{Flujo emergia M5} = \text{Combustibles comprados} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.66})$$

M6: Herramientas de acero

El Flujo de Emergia dado por la compra de Herramientas de acero M6 para la Finca, se obtiene a partir del total de Herramientas de acero comprados en kg desde el establecimiento de la Finca, dividido entre una depreciación de 10 años y multiplicado por la Transformidad en sej/kg, para el caso de los subsistemas solamente se contabilizan la Herramientas de acero utilizadas para el funcionamiento de los mismos (Ecuación H.67).

$$\text{Flujo emergia M6} = \text{Herramientas de acero} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.67})$$

M7: Construcciones varias y herramientas de madera

El Flujo de Emergia dado por la compra de madera para construcciones varias y herramientas de madera M7 para la Finca, se obtiene a partir del total de Madera para

construcciones varias y herramientas de madera en kg desde el establecimiento de la Finca, dividido entre una depreciación de 10 años y multiplicado por la Transformidad en sej/kg, para el caso de los subsistemas solamente se contabiliza la madera utilizada para el funcionamiento de los mismos (Ecuación H.68).

$$\text{Flujo emergencia M7} = \text{Madera} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.68})$$

M8: Maquinaria y Equipo Mecánico

El Flujo de Emergia dado por la compra de Maquinaria y Equipo Mecánico M8 para la Finca, se obtiene a partir del peso total de la Maquinaria y Equipo Mecánico en kg presente en la Finca desde su establecimiento, dividido entre una depreciación de 20 años y multiplicado por la Transformidad en sej/kg, para el caso de los subsistemas solamente se contabiliza la Maquinaria y Equipo Mecánico que se utiliza para el funcionamiento de los mismos (Ecuación H.69).

$$\text{Flujo emergencia M8} = \text{Maquinaria y Equipo Mecánico} * \text{Transformidad} \quad (\text{H.69})$$

M9: Infraestructura

El Flujo de Emergia dado por la compra de materiales para la construcción de Infraestructura M9 para la Finca, se obtiene a partir del peso aproximado en kg del concreto (C), ladrillos (L), zinc (Z) y madera (M) utilizados en las infraestructuras totales, dividido entre una depreciación de 30 años y multiplicado por la Transformidad en sej/kg, para el caso de los subsistemas solamente se contabiliza los materiales que se utilizan en la Infraestructura presente en los mismos subsistemas (Ecuación H.70).

Cada material de infraestructura una Transformidad diferente, por lo cual, las emergias se suman al final.

$$\text{Flujo emergencia M9} = \sum [(Ci * Ti) + (Li * Ti) + (Zi * Ti) + (Mi * Ti)] \quad (\text{H.70})$$

M10: Crías pecuarias

El Flujo de Emergia dado por la compra de Crías pecuarias M10 para la Finca, se obtiene a partir de la masa en kg de las crías (C) que ingresan anualmente al Agroecosistema, multiplicada por su energía contenida (EC) en J/kg, y multiplicada por la Transformidad en sej/J. Para el caso de los subsistemas pecuarios se contabilizan las crías que ingresan directamente (Ecuación H.71).

Cada especie de cría pecuaria, pollos, cerdas, lechones, terneros y alevinos cuenta con una Transformidad, por lo cual, las emergias se suman al final.

$$\text{Flujo emergencia M9} = \sum [(Ci * Eci * Ti)] \quad (\text{H.71})$$

Toral Materiales o Insumos Externos (M):

Corresponde a la sumatoria de todos los flujos energéticos de los Servicios externos desde M1 hasta M10:

$$Total M = \sum(M1 + M2 + M3 + M4 + M5 + \dots + M10)$$

- **Índices de eficiencia energética**

El programa calcula los siguientes 7 índices energéticos:

Índice de eficiencia	Abreviación	Ecuación
Porcentaje de Renovabilidad parcial	%R	$\%R = (R / Y) * 100$
Porcentaje de Acervo sociocultural renovable	%H	$\%H = (H / Y) * 100$
Renovabilidad Total o Incluyente	%RH	$\%RH = \%R + \%H$
Índice Enseñanza Aprendizaje	HEA	$\%HEA = \%H / \%RH$
Índice de Carga Ambiental incluyente	ELRH	$ELRH = (M + S + N) / (R + H)$
Índice Rendimiento Energético	EYR	$EYR = Y / (M + S)$
Índice de Sostenibilidad	ESI	$ESI = EYR / ELRH$

- **Depósitos Renovables**

Depósito Renovable de Biodiversidad (DR_B)

$$TB = BC * Emergia R Colombia / T$$

$$DRB = N * TBF$$

Donde:

TB: Transformidad de la Biodiversidad específica de la cada finca, presentada en la Tabla 4-24 (sej/sp).

BC: Biodiversidad especies en el territorio Colombiano = 64.239 especies

Energia R Colombia: Emergia de los Recursos Renovables en Colombia para el año 2015 calculada en el presente estudio = 1,01E+24 sej/año

T: Tiempo de reposición específico para cada finca (años)

DRB: Emergia por Depósito Renovable de Biodiversidad (sej/año)

N: Número de especies presentes en finca (especies)

Depósito Renovable de Forrajes (DF)

$$DF = \text{Depósito } F * T8 \text{ Col}$$

Donde:

DB: Emergia por Depósito Renovable de Forrajes (sej/año)

Depósito F: Depósito de Forrajes presentes en cada finca (kg/año)

T8 Col: Transformidad Calculada para Productos agrícolas de Colombia, presentada en Tabla 4-15 (sej/kg)

- **Servicios Ecosistémicos**

Servicio Ecosistémico de Provisión Forestal (SE1)

$$SE1 = PF * TF5$$

Donde:

SE1: Emergia por Servicio Ecosistémico de Provisión Forestal (sej/año)

PF: Provisión Forestal en la finca de guadua, nogal, cedro y otros forestales (kg/año)

TF5: Transformidad calculada para Productos agrícolas de la finca incluyendo forestales presentada en la Tabla 4-24 (sej/kg)

Un ejemplo del cálculo, se presenta en el Anexo F

Servicio Ecosistémico de Regulación por Captura de CO₂ (SE2)

$$Ci = Ai * Cfi$$

$$SE2 = \sum (C1 + C2 + C3 + C4 + C5) * T8$$

Donde:

Ci: Captura de CO₂ por cada una de las principales especies fijadoras de CO₂ presente en la finca: guadua (C1), guamo (C2), cacao (C3), café (C4), SAF (C5) en kg CO₂/año.

Ai: Área ocupada por cada una de las principales especies fijadoras de CO₂ presente en la finca: guadua, guamo, cacao, café, SAF. (m², ha)

Cfi: Capacidad de fijación de CO₂ de cada una de las especies fijadoras en la finca (kg CO₂/ha.año)

SE2: Emergia por Servicio Ecosistémico de Regulación por Captura de CO₂ (sej/año)

T8: Transformidad calculada para el CO₂ equivalente capturado en finca, presentada en Tabla 4-15 (kg/año).

Un ejemplo del cálculo, se presenta en el Anexo F

Servicio Ecosistémico Cultural de Educación a visitantes

$$Tft = Nv * Tef$$

$$SE3 = Tft * T20 Col$$

Donde:

Tft: Tiempo de formación a los visitantes totales que recibieron el Servicio cultural de educación. (horas/año)

Nv: Número de visitantes que recibieron el Servicio cultural de educación. (personas/año)

Tef: Tiempo efectivo de formación en cada visita por persona. (4 hora/persona)

SE3: Emergia por Servicio Ecosistémico Cultural de Educación a visitantes (sej/año)

T20 Col: Transformidad capacidades Colombianas para formación de todos los titulados en diferentes Niveles Educativos, presentada en Tabla 4-15 (sej/hora).

Un ejemplo del cálculo, se presenta en el Anexo F

B.Anexo: Formatos: Acta de compromiso y de Encuesta

Formato de acta de compromiso



RED DE MERCADOS AGROECOLÓGICOS DEL VALLE DEL CAUCA

ACTA DE COMPROMISO

Yo

CC No. _____

Finca _____

Vereda _____

Municipio _____

Como productor/a proveedor/a del mercado _____

Miembro de la RED, me comprometo a acatar los criterios establecidos por la Red de Mercados Agroecológicos del Valle del Cauca, asumiendo la responsabilidad de producir, comercializar y sensibilizar a los amigos consumidores y a la

comunidad sobre los beneficios de la producción y el consumo de productos agroecológicos, garantizando la calidad y continuidad de la oferta en el mercado.

También me comprometo a manejar precios justos, tanto para productores como para los amigos consumidores, y a recuperar los saberes y la cultura campesina; así mismo a cuidar, recuperar y conservar los recursos naturales y la biodiversidad de nuestra parcela y su entorno.

Autorizo las visitas de verificación del cumplimiento de los compromisos que sean necesarias.

Asociado/a _____

Fecha _____

Formato de encuesta

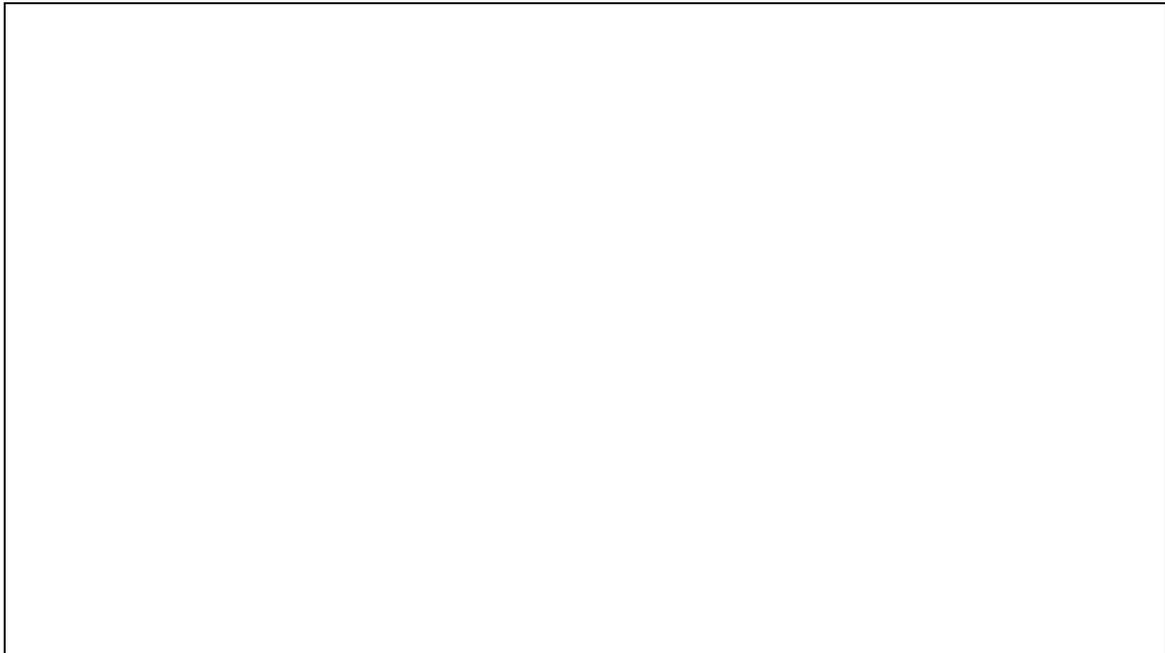
Formato elaborado por la Red de Mercados Agroecológicos Campesinos del Valle del Cauca, Adaptado

DIAGNOSTICO PREDIAL

Nombre del predio o finca	
Área del Predio	
Nombre y teléfono del propietario	
Ubicación: Vereda y municipio	
Nombre de la asociación a la cual pertenece, grupo familiar o comunitario	
Fecha Iniciación del proceso Agroecológico	
Forma de tenencia de tierra	
Composición la estructura familiar que permanece en la finca y cómo es su trabajo en la finca (Hombres, mujeres,	

niños de qué edades)		
Con que instituciones se relacionan y cuánto tiempo invierten es las gestiones con instituciones y/o vecinos en la preservación de la cultura agroecológica		
Cuántos visitantes ya sea por agroturismo o en visitas académicas tienen por año.		
Cuántos trabajadores se contratan/ mes		
Altitud:	Pluviosidad:	Temperatura:
Qué recursos Naturales destaca como reserva en la finca (bosque, guadual, nacedero de agua, ...)		
Describir los predios con que limita la finca (por ejemplo oriente finca con café convencional, sur Bosque Nativo....)		

MAPA ACTUAL DE LA FINCA (debe mostrar cómo está distribuida la finca, sistemas productivos agrícolas y pecuarios, espacio doméstico, infraestructura, áreas de protección, agua, etc.)



PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

CULTIVO N° 1:
Área de cultivo:
Dónde consigue la semilla:
Prácticas culturales:
Con qué abona y de dónde provienen los insumos:
Volúmenes de producción semanal:
Principales insectos competidores, enfermedades y su manejo:

CULTIVO N° 2:
Área de cultivo:
Dónde consigue la semilla:
Prácticas culturales:
Con qué abona y de dónde provienen los insumos:

Volúmenes de producción semanal:
Principales insectos competidores, enfermedades y su manejo:

CULTIVO N° 3:
Área de cultivo:
Dónde consigue la semilla:
Prácticas culturales:
Con qué abona y de dónde provienen los insumos:
Volúmenes de producción semanal:
Principales insectos competidores, enfermedades y su manejo:

PRODUCCIÓN PECUARIA

Especie Animal N° 1:
Número de animales que posee:

Alimentación:
Manejo de la salud:
Infraestructura disponible para la producción:
Proceso de sacrificio:
Manejo de los estiércoles y subproductos:
Producción semanal para el mercado:

Especie Animal N° 2:
Número de animales que posee:
Alimentación:

Manejo de la salud:
Infraestructura disponible para la producción:
Proceso de sacrificio:
Manejo de los estiércoles y subproductos:
Producción semanal para el mercado:
Especie Animal N° 3:
Número de animales que posee:
Alimentación:
Manejo de la salud:

Infraestructura disponible para la producción:
Proceso de sacrificio:
Manejo de los estiércoles y subproductos:
Producción semanal para el mercado:

PRODUCTOS TRANSFORMADOS

Producto N°1:
Procedencia de los insumos de fabricación:
Infraestructura de producción
Almacenamiento y transporte:
Volúmenes de producción semanal:

Producto N°2:
Procedencia de los insumos de fabricación:
Infraestructura de producción
Almacenamiento y transporte:
Volúmenes de producción semanal:

Producto N°3:

Procedencia de los insumos de fabricación:
Infraestructura de producción
Almacenamiento y transporte:
Volúmenes de producción semanal:

OBSERVACIONES

FIRMA DEL PRODUCTOR

C.Anexo: Base de datos de productos agropecuarios

Base de datos de productos agrícolas

Los productos agrícolas de la siguiente tabla, se presentan a lo largo de los resultados de la sección 4. Sin embargo, la base de datos completa consta de 180 productos, donde cada uno, cuenta con información sobre algunas condiciones de crecimiento (altura sobre el nivel del mar, precipitación), rendimientos incluyendo la madera, semillas utilizadas por hectárea de cultivo, materia seca (MS), proteínas, contenido de minerales (N, P, K), energía y biomasa residual agrícola producida.

La información fue recolectada a partir de los aportes de los productores agroecológicos y de 161 referencias bibliográficas de diferentes autores, que corroboraron la información brindada. Algunas bases de datos importantes para el establecimiento del contenido de MS, proteínas, N, P, K y energía, consultadas fueron las elaboradas por la National Agricultural Library, n.d. y la Escola Paulista de Medicina/Unifesp, 2014.

Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Acacia	<i>Acacia mangium</i>	Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Guamo	<i>Inga sp.</i>
Arracacha	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> <i>Bancrof</i>	Guanábana	<i>Annona muricata</i>
Banano	<i>Musa acuminata Colla</i>	Igua o cedro amarillo	<i>Pseudosamanea guachapele</i>
Bore	<i>Alocasia macrorrhiza y</i> <i>Colocasia esculenta</i>	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	Limón o lima Tahití	<i>Citrus latifolia Tanaka</i>
Café	<i>Coffia Arabica</i>	Mafafa	<i>Xanthosoma sagittifolium</i>
Carnavalia	<i>Canavalia brasiliensis</i>	Maíz	<i>Zea mays</i>
Cedro rosado	<i>Cedrela odorata</i>	Mamey	<i>Mammea americana L.</i>
Chachafruto	<i>Anhocarpus comunis</i>	Mandarina	<i>Citrus reticulata Var. Arrayana</i>
Chirimolla		Mango	<i>Mangifera indica</i>
Cidra	<i>Sechium edule</i>	Maní forrajero	<i>Arachis pintoy</i>
Corbón	<i>Poulsenia armata</i>	Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>
Cúrcuma	<i>Curcuma longa L.</i>	Morera	<i>Morus alba</i>
Fríjol	<i>Phaseouls Bulgaris</i>		

Base de datos de productos pecuarios

Producto pecuario	Alimento (kg)	Agua (l)	Excretas (kg)	% Materia	Proteína	P	K	N	Ref.
	Unidad/animal.año ^a			seca	%MS ^b				
Pollo	5,5	15,3	1,1	36,79	18,77	0,183	0,217	3,0032	75, 101
Gallinas	42,0	10	43,8	31,1	23,4	0,153	0,193	3,744	75
Aves Nativas	50,0	10	43,8	-	-	-	-	-	-
Cerda (250 Kg)	2.190,0	3.300	4015	25,4	21,1	0,204	0,387	3,376	60
Cerdo 5,5 meses (100 Kg)	561,0	1.980	735	25,4	21,1	0,204	0,387	3,376	60
Lechón 2 meses (20 Kg)	15,0	720	57	25,4	21,1	0,204	0,387	3,376	60
Curíes Hembras madres	109,5	37	73	30,4	20,8	0	0,382	3,328	101
Curíes macho y/o levante	131,4	37	73	30,4	20,8	0	0,382	3,328	101
Curíes gazapos lactantes	17,9	37	14	30,4	20,8	0	0,382	3,328	101
Conejos hembra madre	114,7	91	92	30,4	20,8	0,224	0,382	3,328	60
Conejos gazapos lactantes	20,7	91	17	30,4	20,8	0,224	0,382	3,328	60
Conejos macho y/o levante	114,7	91	92	30,4	20,8	0,224	0,382	3,328	60
Huevos de gallina	-	-	-	26,2	12,9	0,221	0,144	2,064	60
Ganado vacuno lechero	29.200,0	31.025	14.053	-	20,6	0,157	0,335	3,296	101
Terneros lactantes	7.300,0	6.844	5.110	-	20,6	0,157	0,335	3,296	101
Ganado vacuno ceba (450 kg)	20.622,5	13.688	14.053	-	20,6	0,157	0,335	3,296	101
Leche de vaca	-	-	-	12,5	3,3	0,092	0,157	0,528	60
Cabras lecheras (40 kg)	2.372,5	2.738	584	30	19,5	-	-	3,12	101
Cabras de ceba (20 kg)	476,0	2.738	150	30	19,5	-	-	3,12	101
Leche de cabra	-	-	-	13,4	3,7	0,103	0,177	0,592	101
Peces	1,4	-	0	23,7	19,5	0,242	0,465	3,12	60

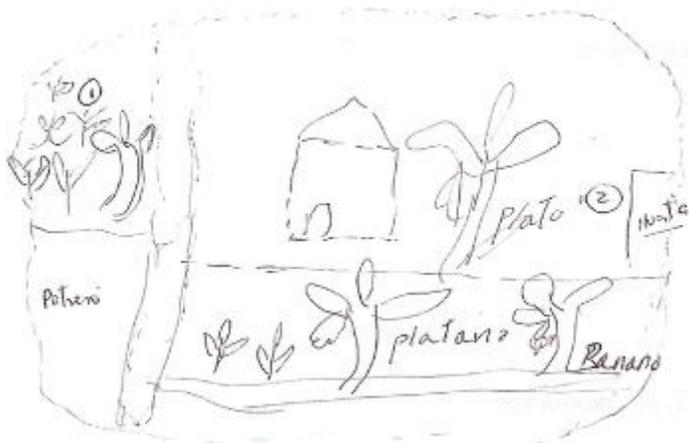
Notas:

- a) Masa de alimento consumido, volumen de agua bebida y masa de excretas producidas promedio por animal de cada especie
b) Composición porcentual en base seca de proteína, fósforo (P), potasio (K) y nitrógeno (N), de los productos pecuarios

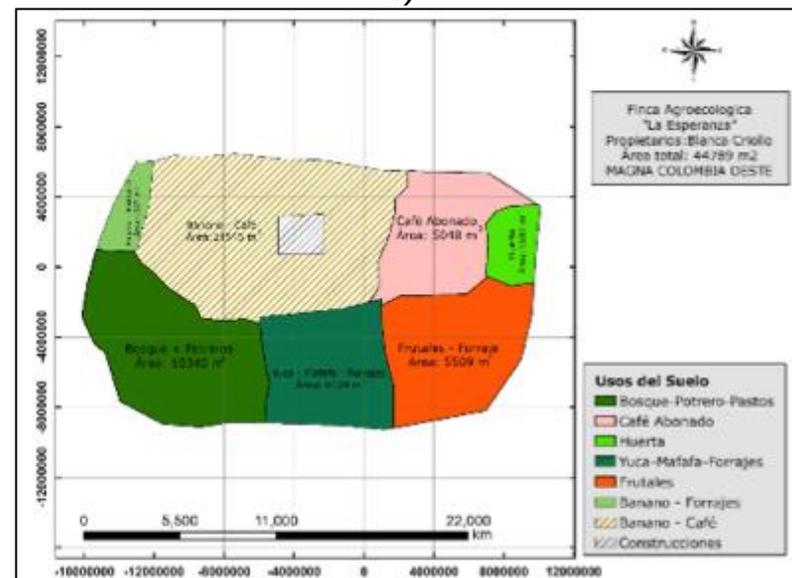
D.Anexo: Mapas de las fincas en Cartografía social y SIG

Mapas de la Finca La Esperanza en Sevilla Valle

a)



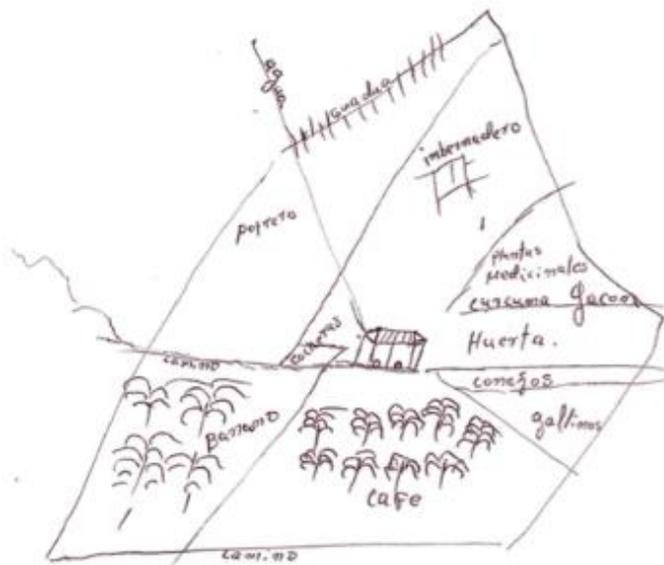
b)



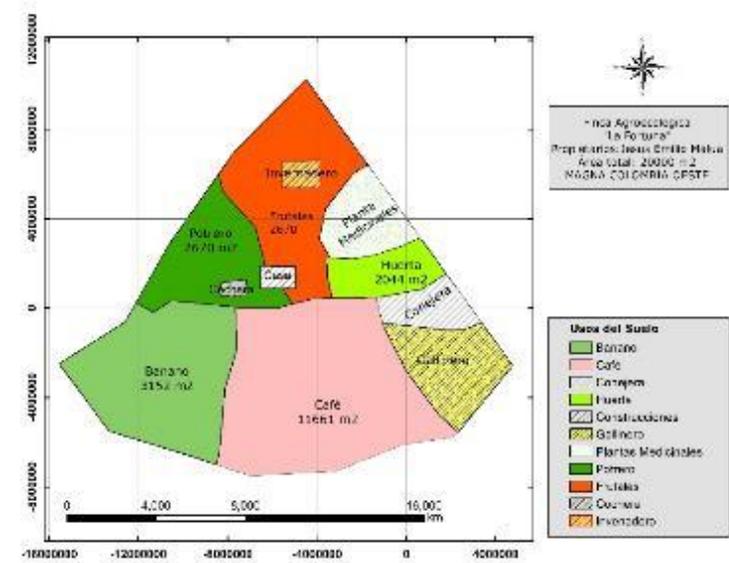
a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria Blanca Criollo, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca La Fortuna en Sevilla Valle

a)



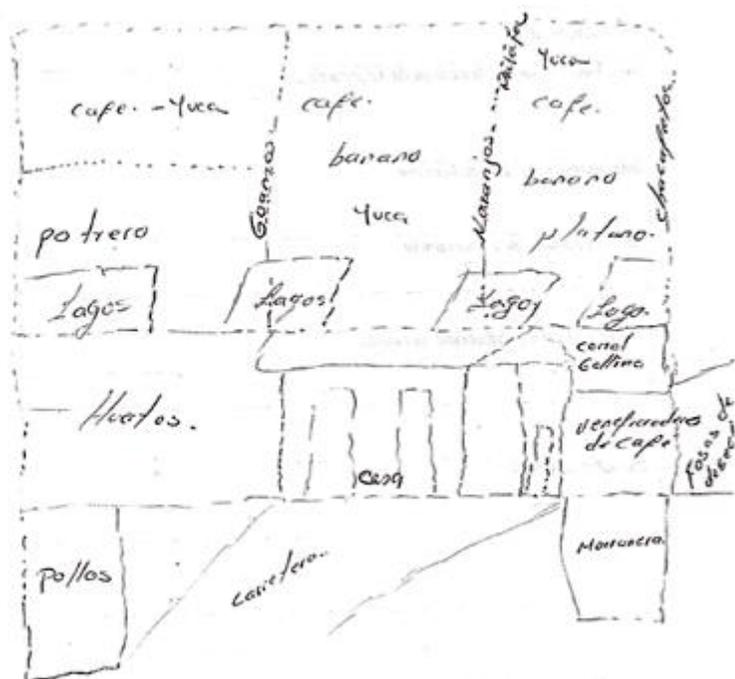
b)



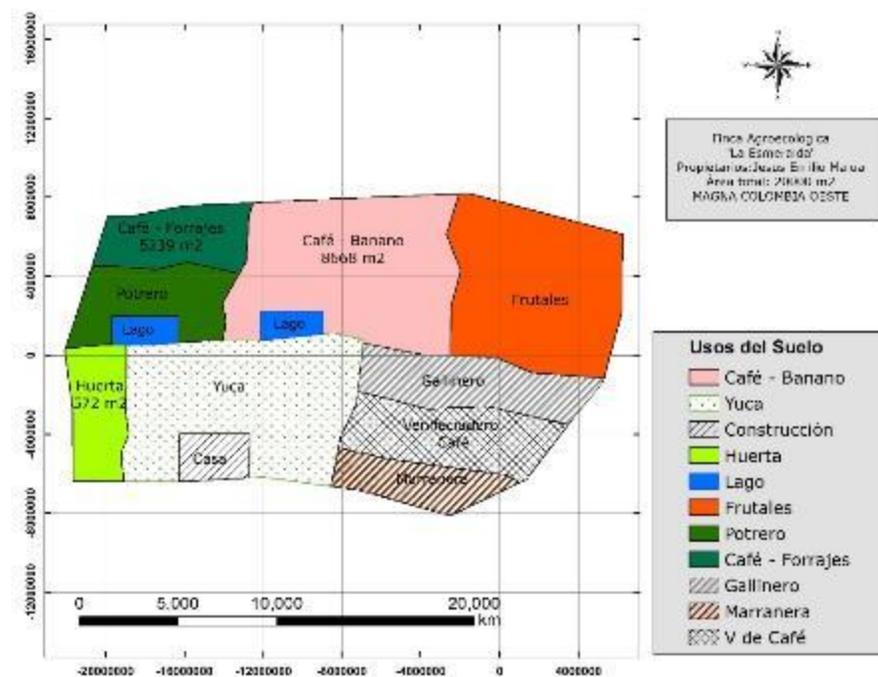
a) Mapa elaborado por la familia y el propietario Jesús Emilio Malúa, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca La Esmeralda en Sevilla Valle

a)



b)



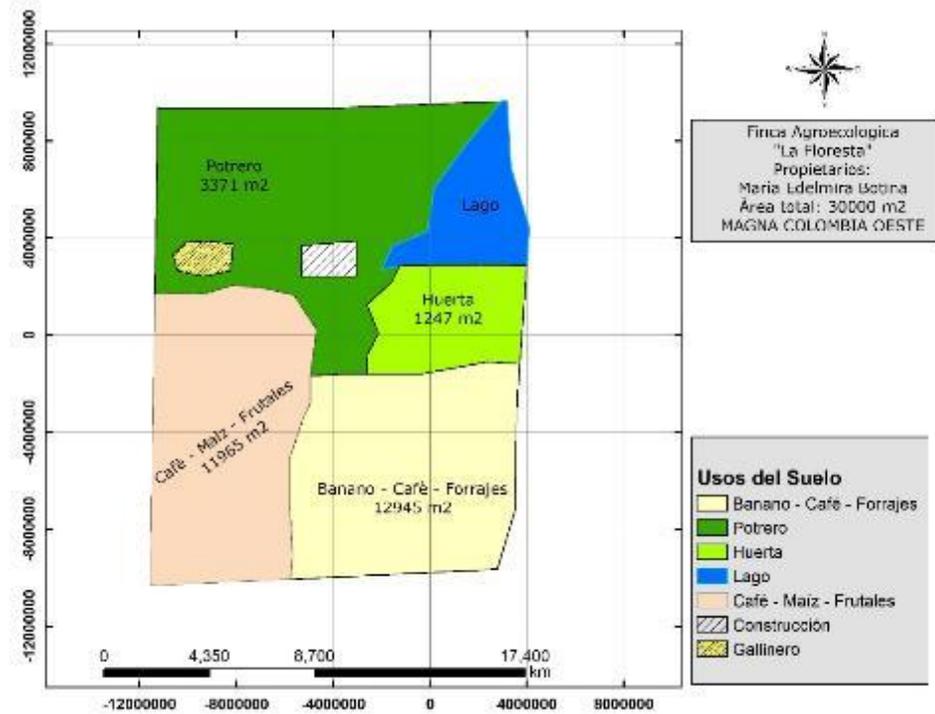
a) Mapa elaborado por la familia y el propietario Libardo Criollo, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca La Floresta en Sevilla Valle

a)

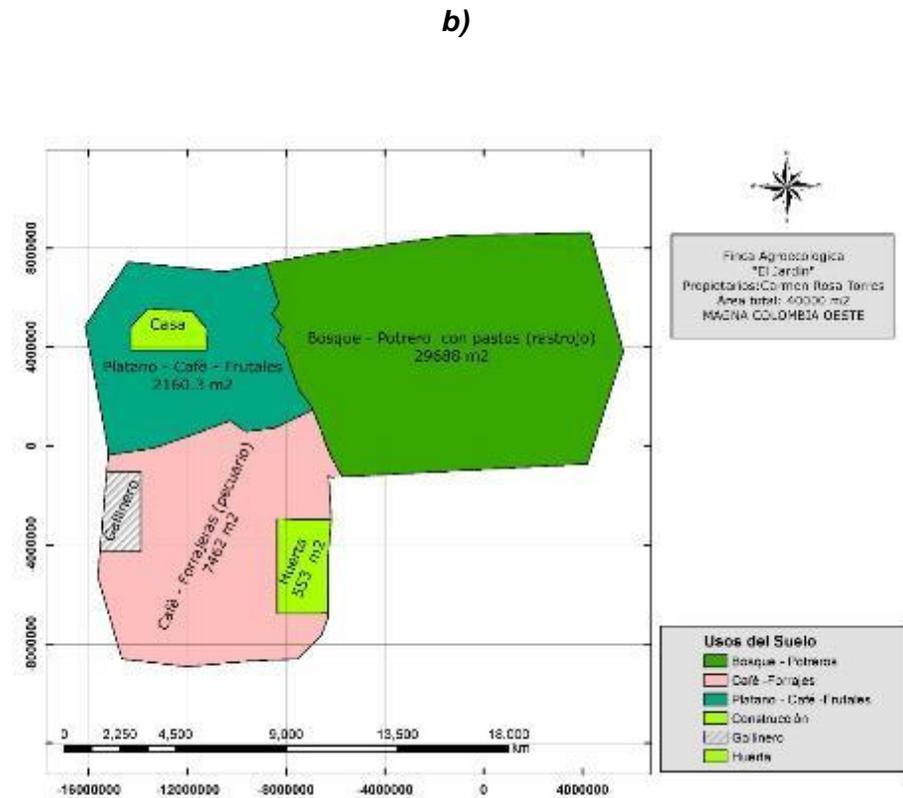
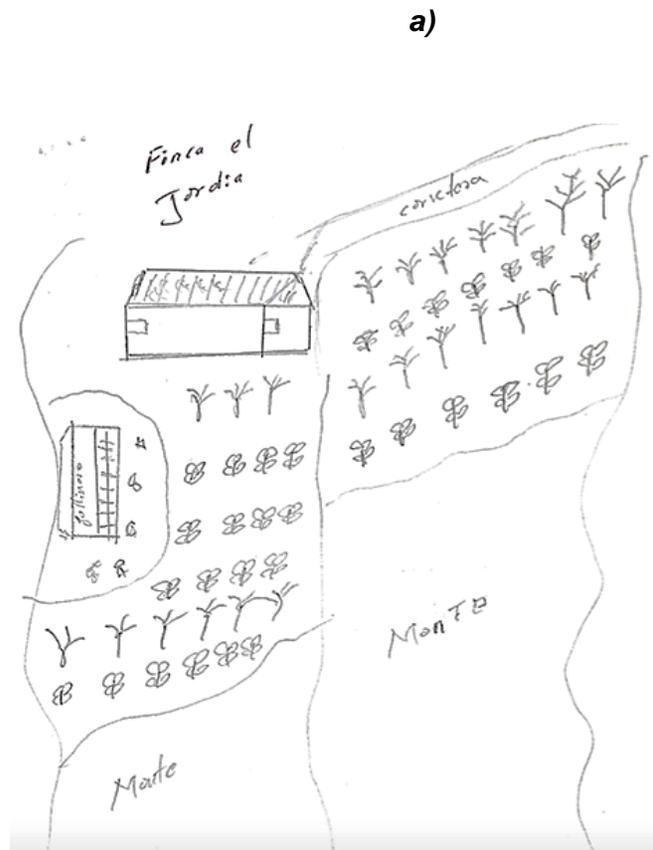


b)



a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria María Edelmir Botina, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

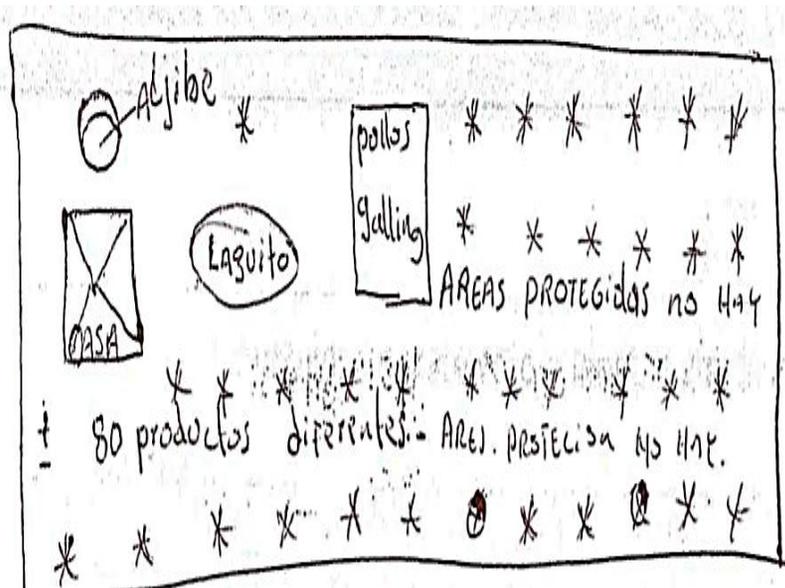
Mapas de la Finca El Jardín en Sevilla Valle



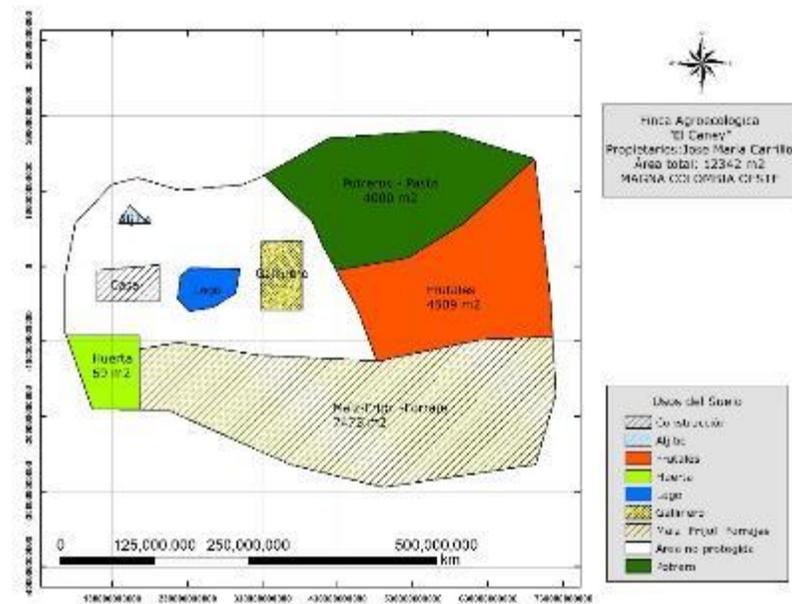
a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria Carmen Rosa Torre, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca El Caney en Tuluá Valle

a)



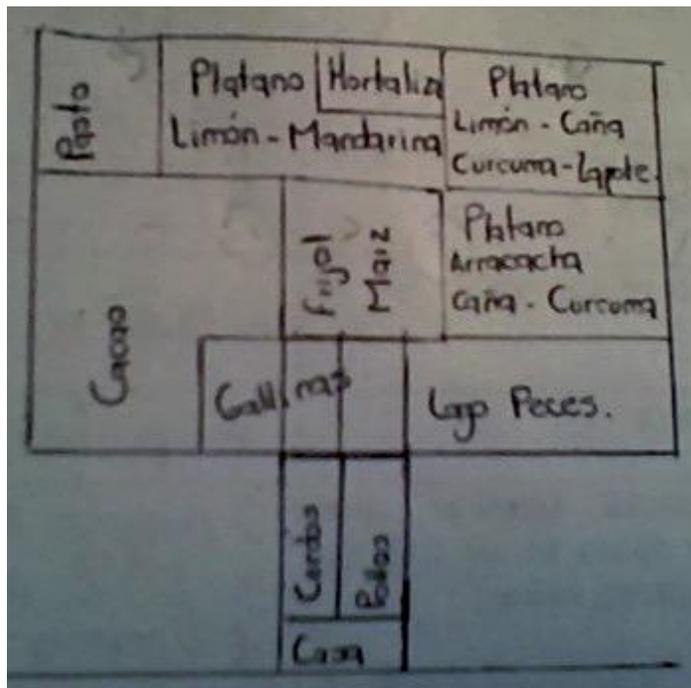
b)



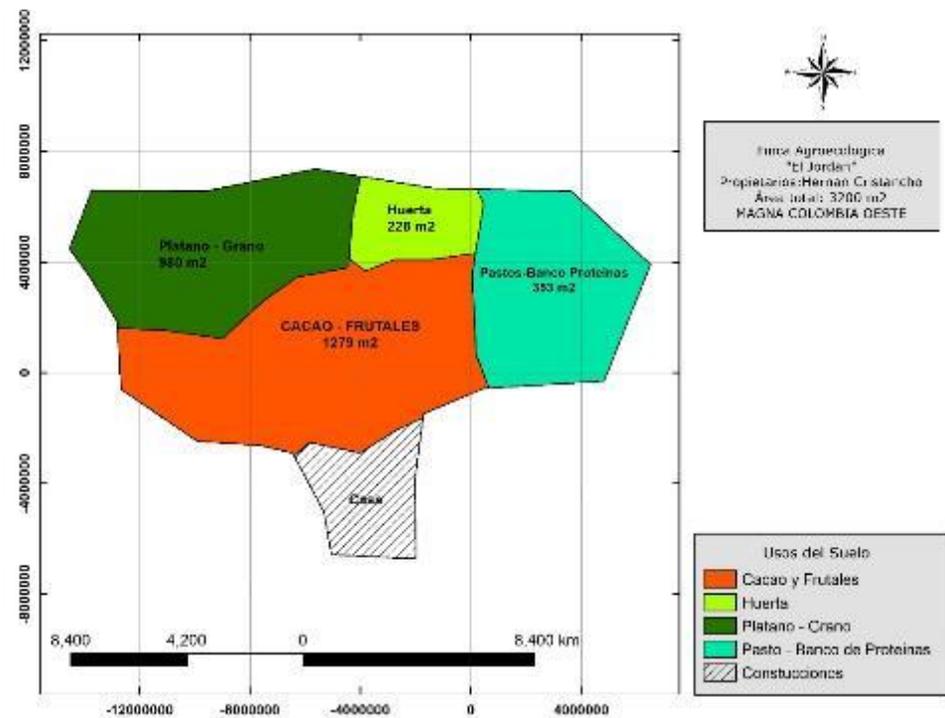
a) Mapa elaborado por la familia y el propietario José María Carrillo, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca El Jordán en Tuluá Valle

a)



b)

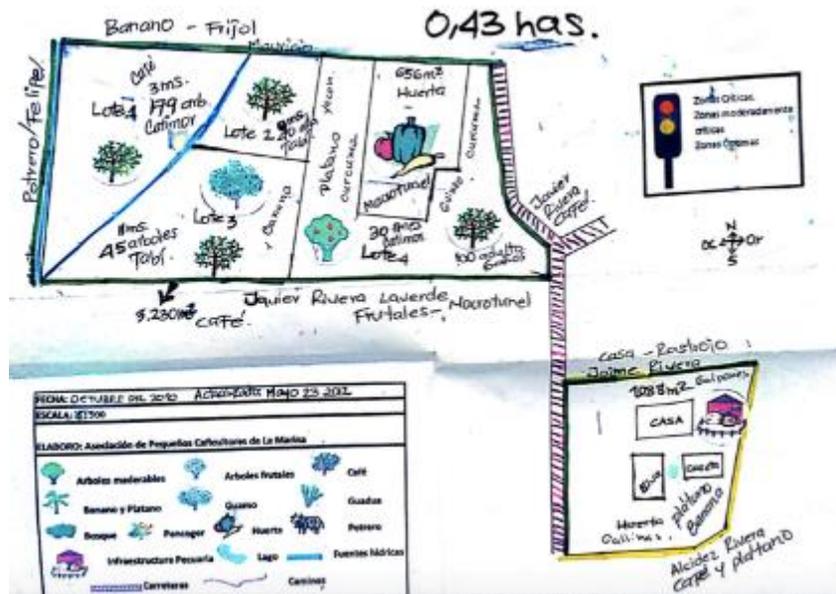


a) Mapa elaborado por la familia y el propietario Hernando Cristancho, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca La Esmeralda en Tuluá Valle

a)

b)

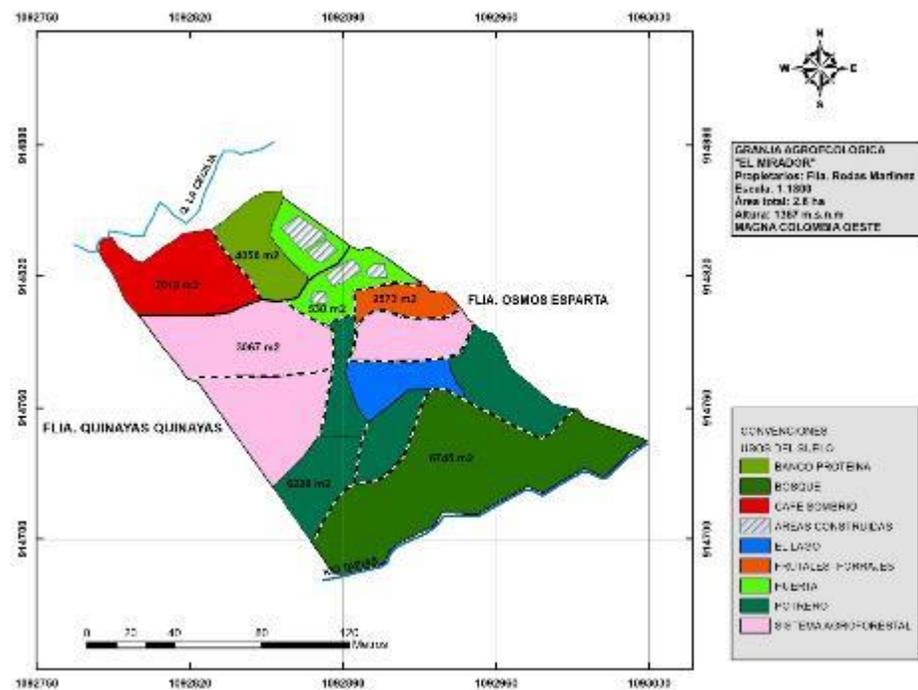
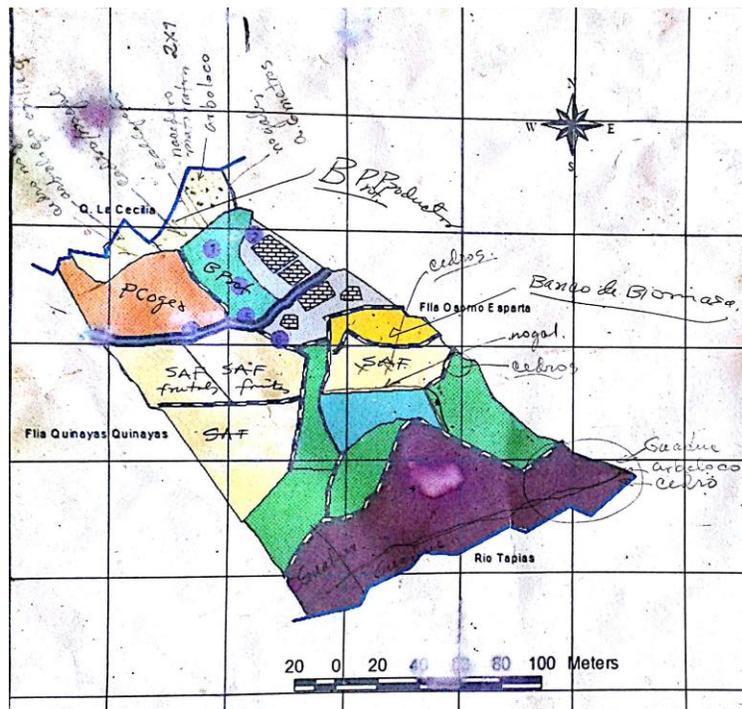


a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria María Clara Rivera, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca El Mirador en Guacarí Valle

a)

b)

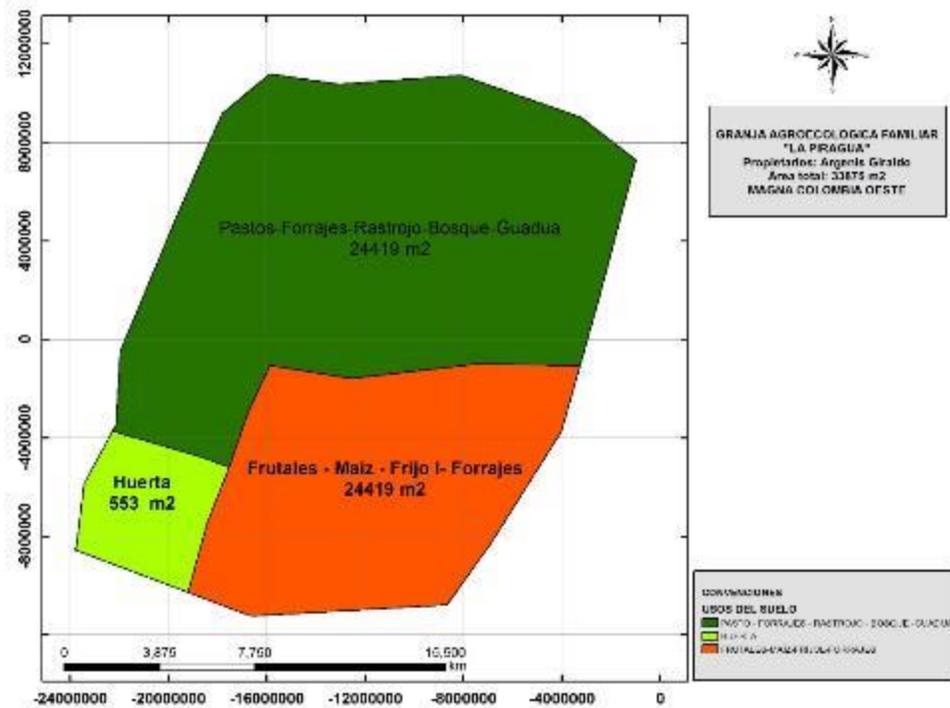
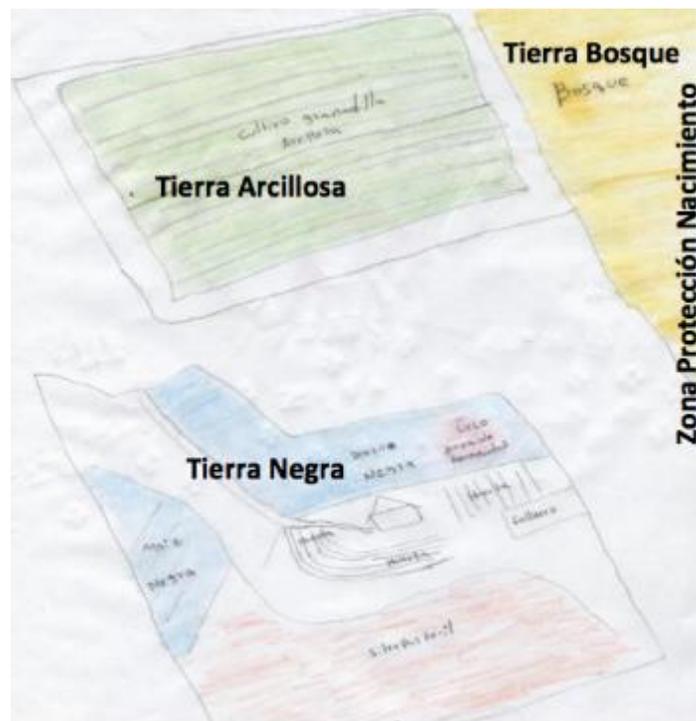


a) Mapa elaborado por los propietarios Luz Dary Martínez y Pedro Pablo Rodas, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca La Piragua en Buga Valle

a)

b)



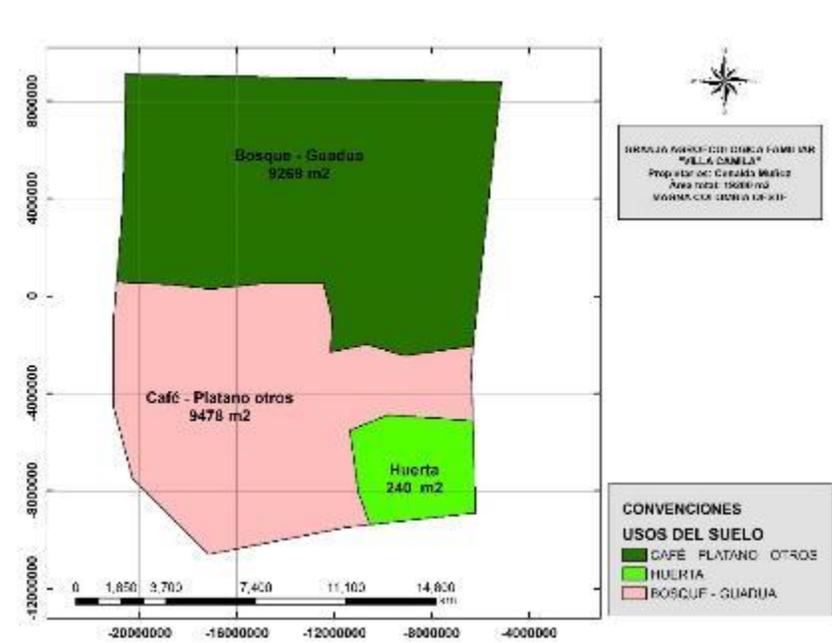
a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria Argenis Giraldo, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de la Finca Villa Camila en Buga Valle

a)



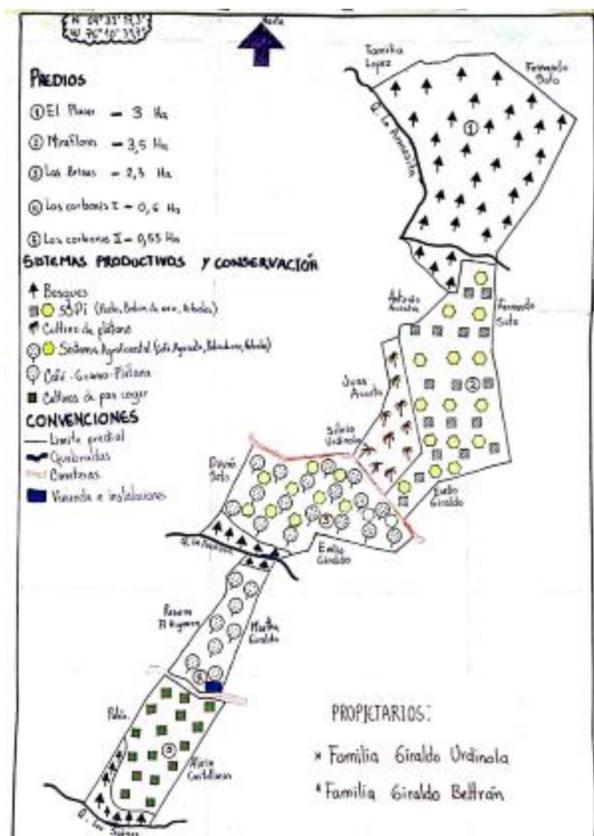
b)



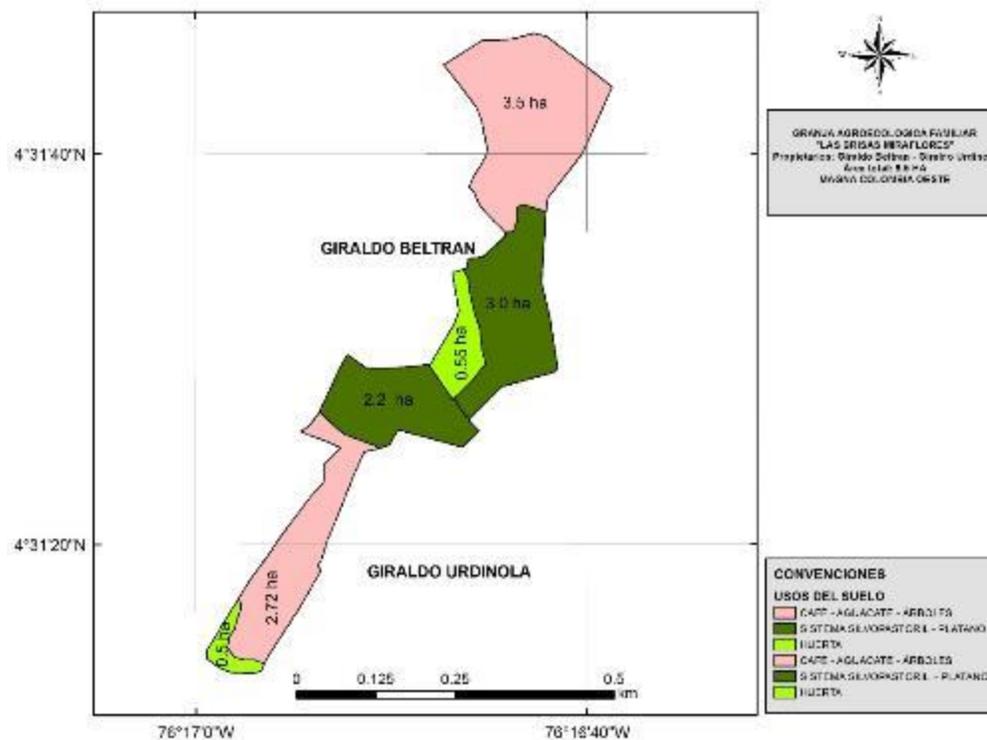
a) Mapa elaborado por la familia y la propietaria Cenida Muñoz, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

Mapas de las Fincas Las Brisas Miraflores y El Placer Corbones en El Dovio Valle

a)



b)



a) Mapa elaborado por las familias Giraldo Beltrán y Giraldo Urdinola, 2015. b) Mapa procesado por el autor en ArcGIS versión 10.6

E.Anexo: Memoria de cálculo de la Evaluación emergética de Colombia

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

1 LUZ SOLAR

Referencias:

Área Plataforma Continental =	1,68E+11	m ²	(IDEAM, 2010b)
Área terrestre =	1,14E+12	m ²	(IDEAM, 2010b)
Insolación media =	1,41E+06	kcal/m ²	(UPME & IDEAM, 2005)
Reflectividad =	0,3	% como decimal	(UPME & IDEAM, 2005)
Energía =	$(1,68E+11 \text{ m}^2 + 1,14E+12 \text{ m}^2) * (1,41E+06 \text{ kcal/m}^2) * (1 - 0,3) * 4.186 \text{ J/kcal}$		
Energía =	5,41E+21	J	
Transformidad =	1,00E+00	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

2 POTENCIAL QUÍMICO DE LLUVIA

Área Plataforma Continental =	1,68E+11	m ²	(Truque, 1997)
Área terrestre =	1,14E+12	m ²	(IDEAM, 2010b)
Precipitación =	2,86	m	(IDEAM, 2015)
Escorrentía superficial =	1,76	m	(IDEAM, 2015)
Evapotranspiración =	1,10	m	$(2,86 \text{ m}) - (1,76 \text{ m})$
Energía Química de lluvia =	4,94E+03	J/kg	Ecuación Gibbs considerando 10 ppm de sólidos en lluvia y 35.000 ppm sólidos en mar

Densidad del Agua =	1,00E+03	kg/m ³	
Energía =	$(1,68E+11 \text{ m}^2 + 1,14E+12 \text{ m}^2) * (1,1 \text{ m} * 4,94E+03 \text{ J/kg}) * 1,00E+03 \text{ kg/m}^3$		
Energía =	7,11E+18	J	
Transformidad para cálculo =	3,05 E+4	sej/J	Odum, Brown, & Brandt-williams (2000)
Transformidad =	3,1E+04	sej/J	$(3,05 \text{ E}+4 \text{ sej/J}) * 1,68$

3 GEOPOTENCIAL DE LLUVIA

Área Terrestre =	1,14E+12	m ²	(IDEAM, 2010b)
Elevación media de Relieve =	857	m	(IDEAM, 2012)
Precipitación =	2,86	m/año	(IDEAM, 2015)
Escorrentía superficial =	1,76	m/año	(IDEAM, 2015)
Tasa de escorrentía =	$(1,76 \text{ m} / 2,86 \text{ m})$		
Tasa de escorrentía =	0,62		
Energía =	$(1,14E+12 \text{ m}^2) * 2,86 \text{ m} * 0,62 * 857 \text{ m} * (9,8 \text{ m/s}^2) * (1000 \text{ kg/m}^3)$		
Energía =	1,69E+19	J	
Transformidad =	4,68E+04	sej/J	(Howard T Odum, 2000): Por interpolación según altura de relieve

4 CINÉTICA DEL VIENTO

Área terrestre =	1,14E+12	m ²	(IDEAM, 2010b)
Velocidad media de Viento =	5	m/s	Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia
Densidad del Aire =	1,23	kg/m ³	
Coeficiente Drag =	$[0,75 + (0,67 * 5 \text{ m/s})] / 1000$ (Garrat, 1977)		
Coeficiente Drag =	0,001		
Energía =	$(1,14E+12 \text{ m}^2) * (1,23 \text{ kg/m}^3) * 0,001 * (5 \text{ m/s})^3 * (3,14E+7 \text{ s/año})$		
Energía =	5,98E+18	J	

Transformidad = 2,45E+03 sej/J (Vivas & Brown, 2006)

5 OLAS

Altura de Ola = 1,2 m Dato en Anexo I

Profundidad de Ola = $1,12 * 1,2$

Profundidad de Ola = 1,31 m

Extensión de costa = 3,21E+06 m

Densidad del agua de mar = 1,03E+03 kg/m³

Energía = $1/8 * (1,03E+03 \text{ kg/m}^3) * 3,21E+06 \text{ m} * 9,8 \text{ m/s}^2 * (1,2 \text{ m})^2 * \sqrt{9,8 \text{ m/s}^2 * 1,31 \text{ m}} * 3,154E+07 \text{ s}$

Energía = 6,24E+17 J

Transformidad = 5,10E+04 sej/J (Howard T Odum et al., 2000)

6 MAREAS

Área Plataforma Continental = 1,68E+11 m²

Amplitud media de mareas = 0,5975 M Dato en Anexo I

Densidad del agua de mar = 1,03E+03 kg/m³

Número de mareas por año = $(2 \text{ mareas/d lunar}) * (352,8 \text{ d lunares})$

Número de mareas por año = 706 Marea

Energía = $0,5 * (1,68E+11 \text{ m}^2) * 706 \text{ marea} * (0,5975 \text{ m})^2 * (1,03E+03 \text{ kg/m}^3) * (9,8 \text{ m/s}^2) * 0,1$

Energía = 2,13E+16 J

Transformidad = 7,37E+04 sej/J (Howard T Odum, 2000)

7 POTENCIAL QUÍMICO DE RÍOS

Temperatura promedio país = 295,35 K (IDEAM, n.d.)

Solidos disueltos entrada ríos = 39,4 Ppm Dato en Anexo I

Solidos disueltos salida ríos = 298,2 Ppm Dato en Anexo I

Total mezcla =	1,00E+06	Ppm	
Solidos Agua Mar =	3,50E+04	Ppm	(Howard T Odum, 1996)
Concentración Agua Mar =	$(1,00E+06 \text{ Ppm}) - (3,50E+04 \text{ Ppm})$		
Concentración Agua Mar =	965.000	Ppm	(Howard T Odum, 1996)
Concentración Agua entrada Ríos =	$(1,00E+06 \text{ Ppm}) - (39,4 \text{ Ppm})$		
Concentración Agua entrada Ríos =	999.961	Ppm	
Concentración Agua salida Ríos =	$(1,00E+06 \text{ Ppm}) - (298,2 \text{ Ppm})$		
Concentración Agua salida Ríos =	999.702	Ppm	
Energía libre de Gibbs entrada =	$[(8,3143 \text{ J/gmol.K}) * (T_p) / (18 \text{ g/gmol})] * \ln (999.961 \text{ Ppm} / 965.000 \text{ Ppm})$		
Energía libre de Gibbs entrada =	4,855	J/g	
Energía libre de Gibbs salida =	$[(8,3143 \text{ J/gmol.K}) * (T_p) / (18 \text{ g/gmol})] * \ln (999.702 \text{ Ppm} / 965.000 \text{ Ppm})$		
Energía libre de Gibbs salida =	4,820	J/g	
Caudal promedio =	63.700	m ³ /s	(IDEAM, 2015)
Energía entrada =	$(63.700 \text{ m}^3/\text{s}) * (1.000 \text{ kg/m}^3) * (4,855 \text{ J/g}) * (1.000\text{g/kg}) * (3,154E+07 \text{ s/año})$		
Energía entrada =	9,74E+18	J	
Energía salida =	$(63.700 \text{ m}^3/\text{s}) * (1000 \text{ kg/m}^3) * (4,820 \text{ J/g}) * (1000\text{g/kg}) * (3,154E+07 \text{ s/año})$		
Energía salida =	9,67E+18	J	
Energía =	$(9,74E+18 \text{ J}) - (9,67E+18 \text{ J})$		
Energía =	7,09E+16	J	
Transformidad =	8,14E+04	sej/J	(Howard T Odum et al., 2000) Multiplicado por 1,68

8 GEOPOTENCIAL DE RÍOS

Caudal promedio =	63.700	m ³ /s	(IDEAM, 2015)
Elevación media de Relieve =	857	M	(IDEAM, 2012)
Energía =	$(63.700 \text{ m}^3/\text{s}) * (1000 \text{ kg/m}^3) * 857 \text{ m} * (9,8 \text{ m/s}^2) *$		

				<i>(3,154E+07 s/año)</i>
Energía =	1,69E+19	J		
Transformidad =	4,70E+04	sej/J	(Howard T Odum et al., 2000) Multiplicado por 1,68	

9 CICLO DE LA TIERRA

Área Terrestre =	1,14E+12	m ²		
Flujo de calor =	<i>(1,22 μcal/cm²) * (1,0E-06 cal/μcal) * (4,186 J/cal) * (10.000 cm²/ m²) *</i>			
	<i>(3,15E+07 s/año)</i>			
Flujo de calor =	1,61E+06	J/m ²		
Energía =	<i>(1,14E+12 m²) * (1,61E+06 J/m²)</i>			
Energía =	1,84E+18	J		
Transformidad =	5,80E+04	sej/J	(Howard T Odum, 2000)	

FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

10 HIDROELECTRICIDAD

Generación Energía Eléctrica =	6,65E+04	GWh	(UPME, 2016b)
Energía =	<i>(6,65E+04 GWh) * (3,6E+12 J/GWh)</i>		
Energía =	2,40E+17	J/año	
Transformidad =	1,59E+05	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

11 ELECTRICIDAD EÓLICA

Generación Energía. Eléctrica =	68,38	GWh	(UPME, 2016b)
Energía =	<i>(68,38 GWh) * (3,6E+12 J/GWh)</i>		
Energía =	2,46E+14	J	
Transformidad =	6,21E+04	sej/J	(M T Brown & Ulgiati, 2002)

12 CONSUMO DE MADERA

Consumo de leña por 1000 hab. =	134,6	t/1.000 hab	(DANE, 2017a)
Población Colombiana =	4,82E+07	hab	(DANE, 2017b)
Consumo de leña en Colombia =	$(134,6 \text{ t}/1.000 \text{ hab}) * (4,82E+07 \text{ hab})$		
Consumo de leña en Colombia =	6,49E+06	t	
Energía contenida =	1.0 g de biomasa = 3.6 kcal/g		
Energía =	$(6,49E+06 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (80\%) * (3,6 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal})$		
Energía =	7,82E+16	J	
Transformidad =	3,49E+04	sej/J	(Vivas & Brown, 2006)

13 PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Producción Agrícola =	2,72E+07	t	(SAC, 2016)
Energía contenida =	1.0 g de biomasa = 3.5 a 3.6 kcal/g		
Energía =	$(2,72E+07 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (3,5 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal})$		
Energía =	3,98E+17	J	
Transformidad =	2,00E+05	sej/J	(Prado-Jatar & Brown, 1997)

14 PRODUCCIÓN PECUARIA

Producción pecuaria =	4,84E+06	T	(SAC, 2016) Con 80% humedad
Energía contenida =	1.0 g de biomasa = 5 kcal/g		
Energía =	$(4,84E+06 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (20\%) * (5 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal})$		
Energía =	2,03E+16	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(Prado-Jatar & Brown, 1997)

15 PESCA

Cantidad pescada =	9,72E+04	T	(FEDEACUA, 2014) Con 80% humedad
Energía contenida =	1.0 g de biomasa= 5 kcal/g		
Energía =	$(9,72E+04 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (5 \text{ kcal/g}) * (20\%) *$ (4.186 J/kcal)		
Energía =	4,07E+14	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(Prado-Jatar & Brown, 1997)

16 PRODUCCIÓN FORESTAL Y SILVICULTURA

Producción Forestal y silvicultura =	1,40E+07	m ³	(BIRF-AIF et al., 2015)
Energía contenida =	1.0 g de biomasa = 3,6 kcal/g		
Energía =	$(1,40E+07 \text{ m}^3) * (5,0E+05 \text{ g/m}^3) * (80\%) * (3.6 \text{ kcal/g}) *$ (4.186 J/kcal)		
Energía =	8,44E+16	J	
Transformidad =	3,49E+04	sej/J	(Prado-Jatar & Brown, 1997)

17 PRODUCCIÓN DE ALCOHOL COMBUSTIBLE

Producción de Alcohol (etanol) =	2,81E+06	Bbl	(UPME, 2016b)
Producción de Alcohol (etanol) =	$(2,81E+06 \text{ bbl}) * (158,99 \text{ l/bbl})$		
Producción de Alcohol (etanol) =	4,47E+08	L	
Densidad =	0,789	kg/l	(Himemblau, 1997)
Poder Calorífico =	2,67E+07	J/kg	Calculado de (Himemblau, 1997)
Energía =	$(4,47E+08 \text{ l}) * (0,789 \text{ kg/l}) * (2,67E+07 \text{ J/kg})$		
Energía =	9,42E+15	J	
Transformidad =	6,00E+04	sej/J	(Odum, 1996. pag 311)

FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES

18 GAS NATURAL

Producción de Gas Natural =	1,00E+09	ft ³	(UPME, 2016a)
-----------------------------	----------	-----------------	---------------

Producción de Gas Natural =	$(1,00 E+09 \text{ ft}^3) * (1 \text{ m}^3 / 35,3147 \text{ ft}^3)$		
Producción de Gas Natural =	2,83E+07	m ³	
Poder Calorífico Ponderado =	986,55	BTU/ft ³	Ponderado de las producciones de gas natural, tomadas de (UPME, 2016d)
Poder Calorífico Ponderado =	$(986,55 \text{ BTU/ft}^3) * (35,3147 \text{ ft}^3/\text{m}^3) * (1.055,06 \text{ J/BTU})$		
Poder Calorífico Ponderado =	3,68E+07	J/m ³	
Energía =	$(3,68E+07 \text{ J/m}^3) * (2,83E+07 \text{ m}^3)$		
Energía =	1,04E+15	J	
Transformidad =	4,80E+04	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

19 PETROLEO

Producción de petróleo =	1,21E+07	Bbl	(UPME, 2016b)
Producción de petróleo =	$(1,21E+07 \text{ bbl}) * (0,15899 \text{ m}^3/\text{bbl})$		
Producción de petróleo =	1,92E+06	m ³	
Poder Calorífico =	1,52E+05	BTU/gal	(UPME, 2014)
Poder Calorífico =	$(4,25E+10 \text{ BTU/gal}) * (1 \text{ gal}/0,00378541 \text{ m}^3) * (1055,06 \text{ J/BTU})$		
Poder Calorífico =	4,25E+10	J/m ³	
Energía =	$(1,92E+06 \text{ m}^3) * (4,25E+10 \text{ J/m}^3)$		
Energía =	8,16E+16	J	
Transformidad =	5,30E+04	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

20 CARBÓN

Producción de carbón =	8,55E+07	T	(UPME, 2016b)
Poder Calorífico =	3,16E+01	MJ/kg	(UPME, 2016c)
Energía =	$(8,55E+07 \text{ t}) * (1000 \text{ kg/t}) * (3,16E+1 \text{ MJ/kg}) * (1,0E+6 \text{ J/MJ})$		
Energía =	2,70E+18	J	
Transformidad =	3,40E+04	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

21 MINERALES

Minerales preciosos:			(UPME, 2016b)
Oro =	59,2	t	
Plata =	10,16	t	
Platino =	0,86	t	
Minerales no metálicos:			(UPME, 2016b)
Sal terrestre =	3,39E+05	t	
Sal marina =	7,86E+04	t	
Azufre =	6,32E+04	t	
Calizas =	1,63E+07	t	
Minerales Metálicos:			(UPME, 2016b)
Cobre =	2,00E+04	t	
Hierro =	9,02E+05	t	
Níquel =	3,67E+04	t	
Esmeraldas =	2,17E+06	Quilates	
Esmeraldas =	$(2,17E+06 \text{ quilates}) * (0,2 \text{ g/quilate}) * (1,0 \text{ t}/1,0E+06 \text{ g})$		
Esmeraldas =	0,433	t	
Total Producción Minerales =	1,78E+07	t	
Total Producción Minerales =	1,78E+13	g	
Transformidad =	$(1,0E+09 \text{ sej/g}) * 1,68$		1,0E+09 sej/g tomado de (Howard T Odum, 1996)
Transformidad =	1,68E+09	sej/g	

22 PERDIDA DE SUELO

Área uso cultivos Transitorios =	9,97E+09	m ²	(DANE, 2016c)
Área uso cultivos Permanente =	7,75E+10	m ²	(DANE, 2016c)
Área de bosques =	4,64E+09	m ²	(DANE, 2016c)
Área en Pastos, forrajes, malezas y rastrojo =	2,80E+11	m ²	(DANE, 2016c)

Área Total cultivada =	$(9,97E+09 \text{ m}^2) + (7,75E+10 \text{ m}^2) + (4,64E+09 \text{ m}^2) + (2,80E+11 \text{ m}^2)$		
Área Total cultivada =	3,73E+11	m ²	
Perdida de suelo =	500	g/m ² .año	(Vivas & Brown, 2006)
Masa de suelo perdida =	$(500 \text{ g/m}^2) * (3,73E+11 \text{ m}^2)$		
Masa de suelo perdida =	1,86E+14	g	
Transformidad =	$(1,0E+09 \text{ sej/g}) * 1,68$		1,0E+09 sej/g tomado de (Howard T Odum, 1996)
Transformidad =	1,68E+09	sej/g	

23 PERDIDA DE SUELO DE CAPA SUPERFICIAL

Perdida suelo en áreas uso Cultivos Transitorio (Yuca, maíz, arracacha) =	2,61	t/ha.7 meses	(J Alexander Rodríguez et al., 2009)
Perdida suelo en áreas uso Cultivos Transitorio =	447	g/m ² .año	$(2,61 \text{ t/ha.7 meses}) * (12 \text{ meses/año}) * (1.000.000 \text{ g/t}) * (ha/10.000 \text{ m}^2)$
Área uso cultivos Transitorios =	9,97E+09	m ²	(DANE, 2016c)
Perdida suelo en áreas uso Cultivos Permanentes (Caña) =	0,73	t/ha.año	(J Alexander Rodríguez et al., 2009)
Perdida suelo en áreas uso Cultivos Permanentes (Café) =	4,51	t/ha.año	(Quiroz-marín & Hincapié-Gómez, 2007)
Porcentaje de áreas sembradas en Caña =	17,92	%	
Porcentaje de áreas sembradas en Café =	82,08	%	
Pérdida total de suelo en áreas uso Cultivos Permanentes (caña y café) =	383,3	g/m ² .año	$[(0,1792 * 0,73) + (0,8208 * 4,51)] * (1.000.000 \text{ g/t}) * (ha/10.000 \text{ m}^2)$
Área uso cultivos Permanente =	7,75E+10	m ²	(DANE, 2016c)
Perdida suelo en bosques =	20	g/m ² .año	(J Alexander Rodríguez et al., 2009); (Jose Alexander Rodríguez & García-Camargo, n.d.)
Área de bosques =	4,64E+09	m ²	(DANE, 2016c)

Perdida suelo en áreas uso Cultivos Permanentes (Nacedero) =	2,21	t/ha.año	(J Alexander Rodríguez et al., 2009)
Perdida suelo en áreas uso Cultivos Permanentes (Pastos) =	0,214	t/ha.año	(Jose Alexander Rodríguez & García-Camargo, n.d.)
Porcentaje de áreas sembradas en Nacedero =	30	%	
Porcentaje de áreas sembradas en Pastos =	70	%	
Perdida suelo en Pastos, forrajes, malezas y rastrojo =	81,2	g/m ² .año	$[(0,30 * 2,21) + (0,70 * 0,214)] * (1.000.000 \text{ g/t}) * (\text{ha}/10.000 \text{ m}^2)$
Área en Pastos, forrajes, malezas y rastrojo =	2,80E+11	m ²	(DANE, 2016c)
Porcentaje promedio Materia Orgánica =	5,3	%	(Jaramillo-Jaramillo, n.d. p. 424)
1 g de Materia Orgánica =	5,4	kcal	Energía Libre Gibbs (Kcal/g)
Energía por perdida de suelo de cuatro cultivos principales =			$[(447 \text{ g/m}^2 * 9,97\text{E}+09 \text{ m}^2) + (383,3 \text{ g/m}^2 * 7,75\text{E}+10 \text{ m}^2) + (20 \text{ g/m}^2 * 4,64\text{E}+09 \text{ m}^2) + (81,2 \text{ g/m}^2 * 2,8\text{E}+11 \text{ m}^2)] * (0,053) * (5,4 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal})$
Energía Total por perdida de suelo de cuatro cultivos principales =	6,83E+16	J	
Transformidad =	7,40E+04	sej/J	(Vivas & Brown, 2006)

24 AGUAS SUBTERRANEAS

Consumo de agua subterránea =	1,03E+09	m ³	(IDEAM, 2015)
Energía libre de Gibbs del agua =	4.940	J/kg	
Energía =	$(1,03\text{E}+09 \text{ m}^3) * (1000 \text{ kg/m}^3) * (4.940 \text{ J/kg})$		
Energía =	5,10E+15	J	
Transformidad =	1,60E+05	sej/J	(Vivas & Brown, 2006)

IMPORTACIONES

25 PRODUCTOS DE LA AGRICULTURA

Total agricultura, ganadería,	7,84E+06	t	(DIAN, 2015)
-------------------------------	----------	---	--------------

caza =			
Porcentaje de productos agrícolas =	97	%	
Materia seca (MS) productos =	80	%	
Energía contenida en productos =	3,6	kcal/g de MS	
Energía =	$(7,84E+06 \text{ t}) * 0,97 * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (3,6 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * 0,8$		
Energía =	9,17E+16	J	
Transformidad =	2,00E+05	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

26 PRODUCTOS DE LA GANADERÍA

Total Agricultura, ganadería, caza =	7,84E+06	t	(DIAN, 2015)
Porcentaje de productos ganadería =	3	%	
Proteínas en productos =	22	%	
Energía contenida en proteínas =	5,3	kcal/g de proteína	(San-Miguel & Gutierrez, 2015)
Energía =	$(7,84E+06 \text{ t}) * 0,03 * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (5,3 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * 0,22$		
Energía =	1,15E+15	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

27 PESCA

Pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas =	4,32E+02	t	(DIAN, 2015)
Proteínas en productos =	22	%	
Energía contenida =	5,3	kcal/g de proteína	(San-Miguel & Gutierrez, 2015)
Energía =	$(4,32E+02 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (5,3 \text{ kcal/g}) * (4186 \text{ J/kcal}) * 0,22$		
Energía =	2,11E+12	J	

Transformidad = 2,00E+06 sej/J (Prado-Jatar & Brown, 1997)

28 SILVICULTURA Y EXTRACCIÓN DE MADERA

Silvicultura y extracción de madera = 2,46E+03 t (DIAN, 2015)

Energía contenida = 3,6 kcal/g

Energía = $(2,46E+03 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (3,6 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal})$

Energía = 3,70E+13 J

Transformidad = 2,00E+05 sej/J (McLachlan-Karr & Odum, 2001)

29 PAPEL / CARTÓN

Importación de papel y cartón = 8,27E+05 t (DIAN, 2015)

Importación de papel y cartón = 8,27E+11 g

Transformidad = 3,60E+09 sej/g (Luchi & Ugiati, 2000)

30 GAS NATURAL

Gas natural = 10,0 T (DIAN, 2015)

Poder Calorífico Ponderado = 986,55 BTU/ft³ Ponderado de las importaciones de gas natural (UPME, 2016d)

Poder Calorífico Ponderado = $(986,55 \text{ BTU/ft}^3) * (35,3147 \text{ ft}^3/\text{m}^3) * (1055,06 \text{ J/BTU})$

Poder Calorífico Ponderado = 3,68E+07 J/m³

Poder Calorífico Ponderado = 3,68E+01 MJ/m³

Índice de Wobbe = 50 MJ/m³

Gravedad específica = $(3,68E+01 \text{ MJ/m}^3 / 50 \text{ MJ/m}^3)^{0,5}$; a una $P = 14,7 \text{ PSI}$ y $T = 60 \text{ }^\circ\text{F}$

Gravedad específica = 0,54 Adimensional

Densidad del aire = $(101,325 \text{ kPa} * 28,84 \text{ Kg/kmol}) / (8,314 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} * 288 \text{ K})$

Densidad del aire = 1,22 kg/m³

Densidad Gas Natural = $0,54 * 1,22 \text{ kg/m}^3$

Densidad Gas Natural =	0,66	kg/m ³	
Energía =	$(10\ t) * (1.000\ kg/t) * (1m^3/0,66\ kg) * (3,68E+07\ J/m^3)$		
Energía =	5,57E+11	J	
Transformidad =	4,80E+04	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

31 DERIVADOS DE DERIVADOS PETROLEO (GASOLINA)

Productos refinados del petróleo (gasolina) =	9,12E+06	T	(DIAN, 2015)
Poder Calórico Derivados =	4,83E+01	MJ/kg	<u>(UPME, 2016c)</u>
Densidad Derivados =	7,41E-01	kg/L	<u>(UPME, 2016c)</u>
Energía Derivados =	$(9,12E+06\ t) * (1000\ kg/t) * (4,83E+01\ MJ/kg) * (1,0E+06\ J/MJ)$		
Energía Derivados =	4,40E+17	J	
Transformidad =	1,11E+05	sej/J	(Odum, 1996. p. 308)

32 CARBÓN

Carbón =	5,94E+03	T	(DIAN, 2015)
Poder Calórico =	3,16E+01	MJ/kg	<u>(UPME, 2016c)</u>
Energía =	$(8,55E+07\ t) * (1000\ kg/t) * (3,16E+1\ MJ/kg) * (1,0E+6\ J/MJ)$		
Energía =	1,88E+14	J	
Transformidad =	3,40E+04	sej/J	(Howard T Odum, 1996)

33 MINERALES

Minerales metálicos y no metálicos =	4,71E+06	t	(DIAN, 2015)
Minerales metálicos y no metálicos =	4,71E+12	g	
Transformidad =	$(1,0E+09\ sej/g) * 1,68$		1,0E+09 sej/g, dato de Odum (1996)
Transformidad =	1,68E+09	sej/g	

34 METALES

Acero =	3,36E+06	T	(DIAN, 2015)
Acero =	3,36E+12	g	
Transformidad =	4,13E+09	sej/g	(Mark T Brown & Buranakarn, 2000)

35 PLÁSTICOS Y CAUCHOS

Total plásticos =	4,47E+05	t	(DIAN, 2015)
Total plásticos =	4,47E+11	g	
Transformidad =	5,85E+09	sej/g	(Mark T Brown & Buranakarn, 2000)

36 FERTILIZANTES

Abonos minerales o químicos con N, P, K =	3,75E+06	t	(DIAN, 2015)
Abonos minerales o químicos con N, P, K =	3,75E+12	g	
Transformidad =	2,19E+10	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

37 PLAGUICIDAS

Acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, insecticidas, otros =	2,33E+04	t	(ICA, 2014)
Acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, insecticidas, otros =	2,33E+10	g	
Transformidad =	2,49E+10	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

38 MAQUINARIA Y TRANSPORTE

Maquinaria y transporte =	1,31E+06	T	(DIAN, 2015)
Maquinaria y transporte =	1,31E+12	G	
Transformidad =	6,70E+09	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

39 PRODUCTOS TERMINADOS

Productos textiles, pieles, cueros, producción madera =	6,96E+05	t	(DIAN, 2015)
Energía contenida =	1,51E+04	J/g	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)
Energía =	$(6,96E+05 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (1,51E+04 \text{ J/g})$		
Energía =	1,05E+16	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

40 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Materiales de construcción =	5,01E+06	t	(DIAN, 2015)
Materiales de construcción =	5,01E+12	g	
Transformidad =	2,08E+09	sej/g	Dato en Anexo J.

41 PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES

Productos agroindustriales (alimentarios) =	1,31E+06	t	(DIAN, 2015)
Energía contenida =	1,51E+04	J/g	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)
Energía =	$(1,31E+06 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (1,51E+04 \text{ J/g})$		
Energía =	1,98E+16	J	
Transformidad =	8,50E+04	sej/J	

42 SERVICIOS

Costo de las importaciones (CIF) =	5,41E+10	US\$	(DANE, 2016b)
Porcentaje de comerciar por importación =	36,6	%	(García-García et al., 2017)
Costo de comerciar por importación =	1,98E+10	US\$	
Transformidad =	2,70E+12	sej/US\$	(NEAD, 2010)

EXPORTACIONES**43 PRODUCTOS DE LA AGRÍCOLTURA**

Total agricultura, ganadería, caza, silvicultura y extracción de madera =	2,08E+06	t	(DIAN, 2015)
Porcentaje de productos agrícolas =	87,21	%	(Campo, 2015)
Materia seca (MS) de productos =	80	%	
Energía contenida en productos =	3,6	kcal/g de MS	
Energía =	$(2,08E+06 \text{ t}) * 0,8721 * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (3,6 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * 0,8$		
Energía =	2,18E+16	J	
Transformidad =	2,00E+05	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

44 PRODUCTOS DE LA GANADERÍA

Total Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y extracción de madera =	2,08E+06	T	(DIAN, 2015)
Porcentaje de productos ganadería =	12,79	%	(Campo, 2015)
Proteínas en productos =	22	%	
Energía contenida en proteínas =	5,3	kcal/g de proteína	(San-Miguel & Gutierrez, 2015)
Energía =	$(2,08E+06 \text{ t}) * 0,1279 * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (5,3 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * 0,22$		
Energía =	1,30E+15	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

45 PESCA

Pesca, producción de peces en criaderos y granjas piscícolas =	1,34E+03	t	(DIAN, 2015)
Proteínas en productos =	22	%	

Energía contenida =	5,3	kcal/g de proteína	(San-Miguel & Gutierrez, 2015)
Energía =	$(1,34E+03 \text{ ton}) * (1,0E+06 \text{ g/t}) * (5,3 \text{ kcal/g}) * (4186 \text{ J/kcal}) * 0,22$		
Energía =	6,53E+12	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(Prado-Jatar & Brown, 1997)

46 PAPEL / CARTÓN

Papel y cartón =	2,18E+05	t	(DIAN, 2015)
Papel y cartón =	2,18E+11	g	
Transformidad =	3,60E+09	sej/g	(Luchi & Ugiati, 2000)

47 GAS NATURAL

Gas Natural =	5,12E+05	t	(DIAN, 2015)
Poder Calorífico Ponderado =	986,55	BTU/ft ³	Ponderado de las exportaciones de gas natural UPME (2016a).
Poder Calorífico Ponderado =	$(986,55 \text{ BTU/ft}^3) * (35,3147 \text{ ft}^3/1 \text{ m}^3) * (1055,06 \text{ J/BTU})$		
Poder Calorífico Ponderado =	3,68E+07	J/m ³	
Índice de Wobbe =	50	MJ/m ³ CALCU	
Gravedad específica =	$(3,68E+01 \text{ MJ/m}^3 / 50 \text{ MJ/m}^3)^2$; a una P=14,7 PSI y T= 60 °F		
Gravedad específica =	0,54	Adimensional	
Densidad del aire =	$(101,325 \text{ kPa} * 28,84 \text{ kg/kmol}) / (8,314 \text{ kPa} \cdot \text{m}^3/\text{kmol} * 288 \text{ K})$		
Densidad del aire =	1,22	kg/m ³	
Densidad Gas Natural =	$0,54 * (1,22 \text{ kg/m}^3)$		
Densidad Gas Natural =	0,66	kg/m ³	
Energía =	$(5,12E+05 \text{ t}) * (1000 \text{ kg/t}) * (1 \text{ m}^3/0,66 \text{ kg}) * (3,68E+07 \text{ J/m}^3)$		
Energía =	2,85E+16	J	

Transformidad = 4,80E+04 sej/J (Howard T Odum, 1996)

48 PETROLEO

Petróleo = 4,25E+07 t (DIAN, 2015)

Poder Calorífico = $(4,25E+10 \text{ BTU/gal}) * (1,0 \text{ gal}/0,00378541 \text{ m}^3) *$
 $(1055,06 \text{ J/BTU})$

Poder Calorífico = 4,25E+10 J/m³

Densidad petróleo = 9,41E-01 t/m³ (UPME, 2016c)

Energía = $(4,25E+07 \text{ t}) * (1,0 \text{ m}^3/9,41E-01 \text{ t}) * (4,24E+10 \text{ J/m}^3)$

Energía = 1,92E+18 J

Transformidad = 5,30E+04 sej/J (Howard T Odum, 1996)

49 DERIVADOS DEL PETROLEO (GASOLINA)

Derivados del Petróleo (gasolina) = 4,12E+06 t (DIAN, 2015)

Poder Calorífico Derivados = 4,83E+01 MJ/kg (UPME, 2016c)

Energía Derivados = $(4,12E+06 \text{ t}) * (1000 \text{ kg/t}) * (4,83E+04 \text{ MJ/kg}) *$
 $(1,0E+06 \text{ J/MJ})$

Energía Derivados = 1,99E+17 J

Transformidad = 1,11E+05 sej/J (Howard T Odum, 1996)

50 CARBON, LIGNÍTICO Y TURBA

Carbón, lignítico y turba = 7,28E+07 t (DIAN, 2015)

Poder Calorífico = 3,16E+01 MJ/kg (UPME, 2016c)

Energía = $(7,28E+07 \text{ t}) * (1000 \text{ kg/t}) * (3,16E+01 \text{ MJ/kg}) *$
 $(1,0E+6 \text{ J / MJ})$

Energía = 2,30E+18 J (Howard T Odum, 1996)

Transformidad = 3,40E+04 sej/J (Howard T Odum, 1996)

51 MINERALES PRECIOSOS

Esmeraldas = 9,53E-02 t (Dirección de Minería Empresarial, 2016a)

Oro =	36,54	t	(DIAN, 2015)
Ferroníquel =	1,29E+05	t	(Dirección de Minería Empresarial, 2016a)
Plata =	0,01498	t	(Dirección de Minería Empresarial, 2016b)
Platino =	8,61E-01	t	(Dirección de Minería Empresarial, 2016b)
Total minerales =	1,29E+05	t	
Total minerales =	1,29E+11	g	
Transformidad =	$(1,0E+09 \text{ sej/g}) * 1,68$		Dato 1,0E+09 sej/g, tomado de (Howard T Odum, 1996)
Transformidad =	1,68E+09	sej/g	

52 METALES

Cobre =	3,83E+04	t	
Cobre =	3,83E+10	g	
Transformidad =	1,66E+11	sej/g	(Howard T Odum, 1996)

53 PLÁSTICOS Y CAUCHOS

Polipropileno =	1,96E+05	t	
PVC =	2,36E+05	t	
Copolímeros de propileno =	7,91E+04	t	
Total Plásticos =	5,11E+05	t	
Total Plásticos =	5,11E+11	g	
Transformidad =	5,85E+09	sej/g	(Mark T Brown & Buranakarn, 2000)

54 FERTILIZANTES

Abonos minerales o químicos con N, P, K =	1,81E+05	t	(DIAN, 2015)
Abonos minerales o químicos con N, P, K =	1,81E+11	g	
Transformidad =	2,19E+10	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

55 PESTICIDAS Y FUNGICIDAS

Fungicidas y pesticidas =	4,10E+04	t	(DIAN, 2015)
Fungicidas y pesticidas =	4,10E+10	g	
Transformidad =	2,49E+10	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

56 MAQUINARIA Y TRANSPORTE

Maquinaria y transporte =	3,39E+04	t	(DIAN, 2015)
Maquinaria y transporte =	3,39E+10	g	
Transformidad =	6,70E+09	sej/g	(Vivas & Brown, 2006)

57 PRODUCTOS TERMINADOS

Productos terminados =	5,27E+06	t	(DIAN, 2015)
Energía contenida =	1,51E+04	J/g	(McLachlan-Karr & Odum, 2001); (Prado-Jatar & Brown, 1997)
Energía =	$(5,27E+06 \text{ t}) * (1,0E+06 \text{ g/ton}) * (1,51E+04 \text{ J/g})$		
Energía =	7,96E+16	J	
Transformidad =	2,00E+06	sej/J	(McLachlan-Karr & Odum, 2001)

58 SERVICIOS DE EXPORTACIÓN

Valor total de exportaciones =	3,6E+10	\$US FOB	<u>(DANE, 2018)</u>
Costo de comerciar para los exportadores =	16,5	% del FOB	https://www.incp.org.co
Valor servicios exportaciones =	$(3,6E+10 \text{ \$US}) * 0,165$		
Valor servicios exportaciones =	5,94E+09	\$US	
Transformidad =	3,90E+12	sej/\$US	(NEAD, 2012)

F.Anexo: Memoria cálculo Emergia de Finca La Esperanza

RECURSOS NATURALES RENOVABLES (R)

R1	Sol	Valor	Unidad	Referencias:
	Área de finca =	44.800	m ²	
	Radiación solar =	4,5	kWh/m ² .día	(IDEAM, 2014)
	Insolación media =	<i>(4,5 kWh/m².día) * (3.600.000 J/kWh) * (365 días/año)</i>		
	Insolación media =	5,91E+09	J/m ² .año	
	Albedo =	0,15	% como decimal	(UPME & IDEAM, 2005)
	Energía solar finca =	<i>(44.800 m²) * (5,91E+09 J/m².año) * (1 - 0,15)</i>		
	Energía solar finca =	2,25E+14	J/año	
	Transformidad =	1,00E+00	sej/J	(Howard T Odum, 1996)
R2	Potencial químico de lluvia			
	Área de finca =	44.800	m ²	
	Precipitación =	1,10	m/año	http://atlas.ideam.gov.co y encuesta agricultor
	Factor de la extensión (K1) =	1,30		(Juncosa, 2005)
	Factor de la lluvia media anual (K2) =	1,45		(Juncosa, 2005)
	Factor de la pendiente y de la permeabilidad del suelo (K3) =	1,20		(Juncosa, 2005)
	Coefficiente de escorrentía =	<i>0,25 * K1 * K2 * K3</i>		(Juncosa, 2005)

Coeficiente de escorrentía =	0,57		
Escorrentía superficial =	0,62	m/año	(Juncosa, 2005)
Evapotranspiración =	$(1,10 \text{ m/año}) - (0,62 \text{ m/año})$		
Evapotranspiración =	0,48	m/año	
Energía Química de Lluvia =	4,94E+03	J/kg	Ecuación Gibbs: considerando 10 ppm sólidos en lluvia y 35.000 ppm solidos disueltos en el mar
Densidad del Agua =	1,00E+03	kg/m ³	
Energía =	$(44.800 \text{ m}^2) * (0,48 \text{ m/año}) * (4,94E+03 \text{ J/kg}) * (1,00E+03 \text{ kg/m}^3)$		
Energía=	1,06E+11	J	
Transformidad=	3,1E+04	sej/J	$(3,05 \text{ E}+4 \text{ sej/J}) * 1,68$

R3 Geopotencial de Lluvia

Área Terrestre =	44.800	m ²	
Pendiente terreno =	18	%	(CVC, 2013)
Elevación media de Relieve =	38,1	M	Calculada
Precipitación =	1,10	m/año	Dato según encuesta
Escorrentía superficial =	0,62	m/año	(Juncosa, 2005. p. 72)
Tasa de escorrentía =	$(0,62 \text{ m/año}) / (1,10 \text{ m/año})$		
Tasa de escorrentía =	0,57		
Energía =	$(44.800 \text{ m}^2) * (1,10 \text{ m/año}) * 0,57 * 38,1 \text{ m} * (9,8 \text{ m/s}^2) * (1000 \text{ kg/m}^3)$		
Energía=	1,04E+10	J/año	
Transformidad=	2,9E+04	sej/J	(Howard T Odum, 2000): Para elevaciones de relieve hasta 110 m

R4 Cinética del viento

Área de finca =	44.800	m ²
-----------------	--------	----------------

Velocidad media de Viento =	2,0	m/s	http://atlas.ideam.gov.co
Temperatura =	293,15	K	Dato de encuesta
Altura =	1.700	m.s.n.m.	Dato de encuesta
Presión sobre el nivel del mar=	1,01E+02	kPa	
Constante de los gases =	8,314	N * m / g mol * K	
Presión del lugar =	$(1,01E+02 \text{ kPa}) * e^{[-0,02884 * 9,8 \text{ m/s} * 1.700 \text{ m.s.n.m.}] / (8,314 * 293,15 \text{ K})}$		
Presión del lugar =	83,20	kPa	
Densidad del Aire =	$83,20 \text{ kPa} * 28,84 / [(8,314 \text{ N} * \text{m} / \text{g mol} * \text{K}) * 293,15 \text{ K}]$		
Densidad del Aire =	0,98	kg/m ³	
Coeficiente Drag =	$[0,75 + (0,067 * 2,0 \text{ m/s})] / 1000$ (Garrat, 1977)		
Coeficiente Drag =	0,001		
Energía =	$44.800 \text{ m}^2 * 0,98 \text{ kg/m}^3 * 0,001 * (2 \text{ m/s})^3 * 3,14E+7 \text{ s/año}$		
Energía =	9,79E+09	J/año	
Transformidad =	2,45E+03	sej/J	(Vivas & Brown, 2006)

R5 Banco de semillas

Área de finca =	44.800	m ²	
Semillas requeridas en Finca =	322,8	kg/año	
Transformidad Semillas Colombia (T22) =	2,97E+14	sej/kg	Tabla 4-15

R6 Nitrógeno atmosférico almacenado en biomasa

Nitrógeno atmosférico (almacenado en biomasa) pecuario =	966	kg/año	
Nitrógeno atmosférico (almacenado en biomasa) agrícola =	660	kg/año	
Total Nitrógeno atmosférico (almacenado en biomasa)=	1626	kg/año	

	Transformidad =	4,61E+12	sej/kg	(Sarcinelli et al., 1996); Roncon (2011)
R7	Fosforo almacenado en biomasa			
	Fosforo (almacenado en biomasa) pecuario =	1537	kg/año	
	Fosforo (almacenado en biomasa) agrícola =	54	kg/año	
	Total Fosforo (almacenado en biomasa) =	1591	kg/año	
	Transformidad =	1,80E+13	sej/kg	Roncon (2011)
R8	Potasio almacenado en biomasa			
	Potasio (almacenado en biomasa) pecuario =	589	kg/año	
	Potasio (almacenado en biomasa) agrícola =	442	kg/año	
	Total Potasio (almacenado en biomasa)=	1030	kg/año	
	Transformidad =	1,70E+12	sej/kg	Roncon (2011)
R9	Biomasa Residual Agropecuaria disponible			
	Biomasa residual pecuaria =	8.554	kg/año	
	Biomasa residual agrícola =	132.304	kg/año	
	Total Biomasa Residual Agropecuaria =	140.858	kg/año	
	Transformidad (T13) =	1,76E+13	sej/kg	Tabla 4-15
R10	Abono verde			
	Biomasa abono verde =	420	kg/año	
	Transformidad colombiana (T8) =	4,53E+13	sej/kg	Tabla 4-15

R11 Productos Agropecuarios de subsistencia familia

Productos pecuarios para consumo familia =	573	kg/año	
Productos agrícolas para consumo familia =	7.346	kg/año	
Total productos agropecuarios para consumo familia =	7,92E+03	kg/año	
Transformidad (T10) =	4,04E+13	sej/kg	Tabla 4-15

R12 Agricultura de subsistencia pecuaria

Productos agrícolas para consumo pecuario =	24.449	kg/año	
Transformidad colombiana (T8) =	4,53E+13	sej/kg	Tabla 4-15

R13 Materiales Renovables para Biofábrica

Leche =	0,0	kg/año	
Transformidad =	1,09E+10	sej/kg	(Corrêa A., 2006)
Energía =	0,00E+00	sej/año	$(1,09E+10 \text{ sej/kg})^*$ $(0,0 \text{ kg/año})$
Melaza =	0,0	kg/año	
Energía Melaza =	1,31	Mcal/kg	(Tecnicaña, 2005. p.31)
Energía contenida en Melaza de finca =	$(1,31 \text{ Mcal/kg}) * (1.000.000 \text{ cal/Mcal}) * (4,184 \text{ J/cal})^*$ $(0,0 \text{ kg melaza /año})$		
Energía contenida en Melaza de finca =	0,0	J/año	
Transformidad =	4,13E+04	sej/J	(Corrêa A., 2006)
Energía =	0,00E+00	sej/año	
Tierra =	6.555	kg/año	
Transformidad =	1,68E+12	sej/año	(E. T. Campbell &

				Brown, 2012)
	Energia =	1,10E+16	sej/año	
	Microorganismos Eficientes =	21,8	kg/año	
	Transformidad =	6,30E+14	sej/kg	Roncon (2011)
	Energia =	1,37E+16	sej/año	
	Biomasa residual pecuaria para biofábrica =	13.055	kg/año	
	Biomasa residual agrícola para biofábrica =	13.055	kg/año	
	Biomasa residual agropecuaria para biofábrica =	26.110	kg/año	
	Transformidad colombiana (T13) =	1,76E+13	sej/kg	Tabla 4-15
	Energia =	4,60E+17	sej/año	
	Total materiales =	32.687	kg/año	$(6.555 + 21,8 + 13.055 + 13.055) \text{ kg/año}$
	Energia total =	4,84E+17	sej/año	$(1,10E+16 + 1,37E+16 + 4,60E+17) \text{ sej/año}$
R14	Mano de obra interna y familiar			
	Jornadas de trabajo (personal interno y familiar) =	1.152	Jornadas/año	
	Transformidad colombiana (T6) =	3,25E+14	sej/Jornada	Tabla 4-15
R15	Especies nativas pecuarias			
	Especies nativas pecuarias =	328	kg/año	
	Transformidad colombiana (T23) =	3,99E+13	sej/kg	Tabla 4-15

R Total Recursos Naturales Renovables $R = \sum R_1 + R_2 + \dots + R_{15} = 4,93E + 18 \text{ sej} / \text{año}$

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (N)

N1 Perdida de suelo

Área finca =	44.800	m ²	
Perdida de suelo =	150	t/ha	(CVC, 2013)
Perdida de suelo =	15.000	g/m ² .año	
Contenido promedio de materia orgánica =	0,03	% como decimal	
Energía =	$44.800 * (15.000 \text{ g/m}^2.\text{año}) * 0,03 * (5,4 \text{ kcal/g}) (4.186 \text{ J/kcal})$		
Energía =	4,56E+11	J/año	
Transformidad =	7,40E+04	sej/J	(Vivas & Brown, 2006)

N2 Nitrógeno solubilizado

Nitrógeno atmosférico (solubilizado) pecuario =	57	kg/año	
Nitrógeno atmosférico (solubilizado) agrícola =	461	kg/año	
Total Nitrógeno atmosférico (solubilizado) =	518	kg/año	
Transformidad =	4,61E+12	sej/kg	(Sarcinelli et al., 1996); Roncon (2011)

N3 Fósforo solubilizado

Fosforo solubilizado pecuario =	4	kg/año	
Fosforo solubilizado agrícola =	26	kg/año	
Total Fosforo solubilizado =	30	kg/año	

Transformidad = 1,80E+13 sej/kg Roncon (2011)

N4 Potasio solubilizado

Potasio (solubilizado) pecuario = 6 kg/año

Potasio (solubilizado) agrícola = 297 kg/año

Total Potasio (solubilizado) = 303 kg/año

Transformidad = 1,70E+12 sej/kg Roncon (2011)

N Total Recursos Naturales no Renovables

$$N = \sum N1 + N2 + N3 + N4$$

$$= 3,72E + 16 \text{ sej/año}$$

ACERVO SOCIOCULTURAL (H)

H1 Flujo Metabolismo Humano Población permanente

P Población permanente en finca = 5 habitantes/año

M Energía Metabolismo Basal Humano = 2.500 kcal/día

F Factor de conversión = 4.186 J/kcal

T Tiempo de permanencia en Agroecosistema = 365 días/año

$$\text{Energía} = (5 \text{ habitantes/año}) * (2.500 \text{ kcal/día}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (365 \text{ días/año})$$

Energía = 1,91E+10 J/año

Transformidad colombiana (T28) = 5,49E+06 sej/J Tabla 4-15

H2 Flujo por interacción social y aprendizaje Población permanente

Energía Flujo de Metabolismo Humano = 1,91E+10 J/año

Número de personas que participan en la interacción = 5 personas

Tiempo que la familia dedica a la interacción social =	29,74	horas/semana	
Tiempo que la familia dedica a la interacción social =	$(29,74 \text{ horas/semana}) / (13 \text{ horas/día})$		
Tiempo que la familia dedica a la interacción social =	2,29	días de 13 horas a la semana	
Porcentaje del metabolismo humano para la interacción social y el aprendizaje de información =	$(29,74 \text{ horas/semana}) * [100\% / (168 \text{ horas/semana})]$		
Porcentaje del metabolismo humano para la interacción social y el aprendizaje de información =	18	%	
Energía =	$(1,91E+10 \text{ J/año}) * 0,18$		
Energía =	3,38E+09	J/año	
Transformidad colombiana (T29) =	5,49E+07	sej/J	Tabla 4-15

H3 Flujo de memoria de información anual en Población permanente en finca

DNA Humano =	2,1	mg DNA/g Materia Seca Humano	(Howard T Odum, 1996)
Materia seca en Ser Humano =	0,2	Fracción	(Howard T Odum, 1996)
Peso promedio personas en finca =	55,5	kg	
Factor de conversión =	0,001	g DNA/mg DNA	
Población permanente en finca =	5	habitantes/año	
Energía disolución =	5	kcal/g	
Factor de conversión =	4.186	J/kcal	
Factor de conversión =	1.000	g Materia Seca Humano/ kg Materia Seca Humano	
Energía =	$(2,1 \text{ mg DNA/g MS}) * 0,2 * (55,5 \text{ kg}) * (0,001 \text{ g DNA/mg DNA}) * (5 \text{ hab./año}) * (5 \text{ kcal/g}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g MS/kg MS})$		
Energía =	2,44E+06	J de memoria de información de Población	

		finca /año	
Expectativa promedio de vida Colombia =	75,3	Años	(DANE, 2007)
Edad reproductiva =	16	Años	
Tiempo renovación por año =	<i>75,3 años – 16 años</i>		
Tiempo renovación por año =	59,3	años/año	
Tiempo renovación por año =	<i>1 / (59,3 años/año)</i>		
Tiempo renovación por año =	0,02	años/año	
Energía =	<i>(2,33E+06 J DNA Población /año) * (0,02 años/año)</i>		
Energía =	4,11E+04	J/año	
Transformidad colombiana (T30) =	1,89E+12	sej/J	Tabla 4-15

H4 **Apropiación de conocimiento Población Permanente en diferentes niveles educativos**

$$H4 = H4.1 + H4.2 + H4.3 + H4.4$$

H4.1 **Apropiación de conocimiento nivel Tecnólogo SENA población permanente**

Numero personas permanente sin título bachiller =	3	personas	Tabla 4-22
Transformidad colombiana (T15) =	1,45E+16	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	216	hora/año	Tabla 4-22
Flujo Emergia por apropiación nivel tecnólogo permanente =	3,13E+18	sej/año	<i>(1,45E+16 sej/hora) * (216 horas/año)</i>
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	864	hora/año	<i>(1.080 horas/año) – (216 horas/año)</i>
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo permanente =	1,25E+19	sej/año	<i>= (1,45E+16 sej/hora) * (864 horas/año)</i>

H4.2 **Apropiación de conocimiento nivel Tecnólogo Universitario población permanente**

Numero personas permanente con título bachiller =	1	personas	Tabla 4-23
---	---	----------	------------

Transformidad colombiana (T16) =	8,45E+15	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	72	hora/año	Tabla 4-23
Flujo Emergia por apropiación nivel tecnólogo permanente =	6,08E+17	sej/año	$(8,45E+15 \text{ sej/hora}) * (72 \text{ horas/año})$
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	288	hora/año	$(360 \text{ horas/año}) - (72 \text{ horas/año})$
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo permanente =	2,43E+18	sej/año	$(8,45E+15 \text{ sej/hora}) * (288 \text{ horas/año})$

H4.3 Apropiación de conocimiento nivel Pregrado población permanente

Numero personas permanente con título tecnólogo =	0	Personas	Tabla 4-23
Transformidad colombiana (T17) =	1,46E+15	sej /hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	0	hora/año	
Flujo Emergia por apropiación nivel pregrado permanente =	0,00E+00	sej/año	$(1,46E+15 \text{ sej/hora}) * (0 \text{ horas/año})$
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	0	hora/año	
Depósito Emergia por apropiación nivel pregrado permanente =	0,00E+00	sej/año	$(1,46E+15 \text{ sej/hora}) * (0 \text{ horas/año})$

H4.4 Apropiación de conocimiento nivel Especialización población permanente

Numero personas permanente con pregrado =	0	personas	Tabla 4-22
Transformidad colombiana (T18) =	2,51E+16	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	0	hora/año	
Flujo Emergia por apropiación nivel especialización permanente =	0,00E+00	sej/año	$(2,51E+16 \text{ sej/hora}) * (0 \text{ horas/año})$

Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	0	hora/año	
Depósito Emergia por apropiación nivel especialización permanente =	0,00E+00	sej/año	<i>(2,51E+16 sej/hora) *</i> <i>(0 horas/año)</i>

H5 Apropiación de conocimiento población No permanente en diferentes Niveles Educativos

$$H5 = H5.1 + H5.2 + H5.3 + H5.4$$

H5.1 Apropiación de conocimiento nivel Tecnólogo SENA población No permanente

Numero personas no permanente sin título bachiller =	2	personas	Tabla 4-23
Transformidad colombiana (T15) =	1,45E+16	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	96	hora/año	Tabla 4-23
Flujo Emergia por apropiación nivel tecnólogo No permanente =	1,39E+18	sej/año	<i>(1,45E+16 sej/hora) *</i> <i>(96 horas/año)</i>
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	576	hora/año	<i>(672 horas/año) – (96 horas/año)</i>
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo No permanente =	8,35E+18	sej/año	<i>(1,45E+16 sej/hora) *</i> <i>(576 horas/año)</i>

H5.2 Apropiación de conocimiento nivel Tecnológico Universitario población No permanente

Numero personas no permanente con título bachiller =	0	personas	Tabla 4-23
Transformidad colombiana (T16) =	8,45E+15	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	0	hora/año	
Flujo Emergia por apropiación nivel tecnólogo No permanente	0,00E+00	sej/año	

=			
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	0	hora/año	$(8,45E+15 \text{ sej/hora})^*$ (0 horas/año)
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo No permanente =	0,00E+00	sej/año	$(8,45E+15 \text{ sej/hora})^*$ (0 horas/año)

H5.3 Apropiación de conocimiento nivel Pregrado población No permanente

Numero personas no permanente con título tecnólogo =	0	personas	Tabla 4-23
Transformidad colombiana (T17) =	1,46E+15	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de dedicación/ persona año para FLUJO Emergia =	0,00	hora/año	
Flujo Emergia por apropiación nivel Pregrado No permanente =	0,00E+00	sej/año	$(1,46E+15 \text{ sej/hora})^*$ (0 horas/año)
Tiempo de dedicación/ persona año para DEPOSITO Emergia =	0,00	hora/año	
Depósito Emergia por apropiación nivel Pregrado No permanente =	0,00E+00	sej/año	$(1,46E+15 \text{ sej/hora})^*$ (0 horas/año)

H5.4 Apropiación de conocimiento nivel Profundización Técnica SENA población no permanente Visitantes

Numero personas Visitantes /año =	50	personas/año	Tabla 4-22
% de visitantes que Apropiaron Acervo agroecológico =	20	%	
Transformidad colombiana (T20) =	1,06E+15	sej/hora	Tabla 4-15
Tiempo de Apropiación /persona que Apropia Acervo agroecológico para FLUJO Emergia =	1	hora/persona	
Flujo Emergia por apropiación nivel Profundización Técnica SENA No permanente =	1,06E+16	sej/año	$(1,06E+15 \text{ sej/hora})^*$ (0 horas/año)

$$H \quad \text{Total Acervo Sociocultural} \quad H = \sum H1 + H2 + H3 + H4 + H5 = 5,51E + 18 \text{ sej/año}$$

SERVICIOS DE LA ECONOMÍA URBANA (S)

S1 Mano de obra Externa

Jornadas de trabajo =	361	Jornadas/año	
Jornadas netas de trabajo en finca =	361	Jornadas/año	
Transformidad colombiana (T6) =	3,25E+14	sej/Jornada	Tabla 4-15

S2 Electricidad

a) Trilladora/molino: No. horas de uso =	0	horas/mes	
Potencia de maquina =	0	HP	
No. trilladoras y/o molinos =	0		
Energía eléctrica Trilladoras =	<i>(0 horas/mes) * 0 HP * (kW/1,3HP) * (3.600 s/h) * (12 mes/año) * (1.000 J/kJ) * 0,0 trilladoras</i>		
Energía eléctrica Trilladoras =	0,00E+00	J/año	
b) Electrobomba: No. horas de uso =	8	horas/mes	
Potencia de maquina =	1	HP	
Numero Electrobombas =	1		
Energía eléctrica Electrobombas =	<i>(8 horas/mes) (1,0 HP * kW/1,3HP) * (3600 s/h)* (12 mes/año) * (1.000 J/kJ) * 1,0 electrobomba</i>		
Energía eléctrica Electrobombas =	2,66E+08	J/año	
c) Mezcladora: No. horas de uso =	0	horas/mes	
Potencia de maquina =	0	HP	

Numero Mezcladoras =	0		
Energía eléctrica Mezcladora =	<i>(0 horas/mes) (0,0 HP * kW/1,3HP) * (3600 s/h)* (12 mes/año) * (1.000 J/kJ) * 0,0 mezcladoras</i>		
Energía eléctrica Mezcladora =	0,00E+00	J/año	
d) Casa: Energía consumida =	140	kWh/mes	
Energía eléctrica consumida casa anual =	<i>(140 kWh/mes * 12 meses) * (3,6E+6 J/kWh)</i>		
Energía eléctrica consumida casa anual =	6,05E+09	J/año	
Energía eléctrica consumida Total anual =	<i>(Trilladoras/molinos + Electrobombas + Mezcladoras + Casa)</i>		
Energía eléctrica Total =	6,31E+09	J/año	
Transformidad colombiana (T4) =	7,78E+06	sej/J	Tabla 4-15

S3 Agua

Agua consumida bebida pecuario =	42	m ³	
Agua para beneficiadero y/o lavado pecuario =	19	m ³	
Agua beneficiadero café =	5	m ³	
Agua biofábrica =	0		
Caudal de agua Electrobomba =	90	L/min	
Tiempo de uso electrobomba =	8	horas/mes	
Agua consumida Electrobomba riego =	<i>(90 Lt/min) * (8 horas/mes) * (60 min/hora) * (12 meses/año) * (m³/1.000 L)</i>		
Agua consumida riego Electrobomba =	518,4	m ³ /año	
Agua consumida casa =	132,0	m ³ /año	
Agua total finca =	132,0	m ³ /año	

Transformidad colombiana (T7) = 2,37E+11 sej/m³ Tabla 4-15

S **Total Servicios de la Economía Urbana** $S = \sum S1 + S2 + S3 = 1,67E + 17 \text{ sej/año}$

MATERIALES DE LA ECONOMÍA URBANA O INSUMOS EXTERNOS (M)

M1 Semillas de la región para concentrados

Área finca = 44.800 m²

Semillas compradas (para uso directo pecuario y/o concentrados) = 0 kg/año

Transformidad Semillas de la región (TF1) = 2,59E+14 sej/kg Tabla 4-32 Transformidad Finca El Caney

M2 Concentrados de la región

Concentrados de la región Comprados = 0 kg/año

Transformidad Concentrados (TF10) = 3,09E+14 sej/kg Tabla 4-32 Transformidad Finca Pura Vida

M3 Plásticos y cauchos

Productos agrícolas para mercado empacados = 18.388 kg/año

Aves al mercado empacados = 416 kg/año

Huevos al mercado empacados = 168 kg/año

Bolsas para huevos al mercado = (168 kg/año) * (1,0 bolsa/kg)

Bolsas para huevos al mercado = 168 bolsas/año

Bolsas plásticas totales = $([(18.388 \text{ kg/año} + 416 \text{ kg/año}) / 2,0 \text{ kg/bolsa}] + 168 \text{ bolsas/año}) 50\% \text{ de los productos empacados en}$

				<i>bolsas plásticas * 0,01 g peso/bolsa</i>
masa de bolsas plásticas totales =	47,8	kg/año		
=				
Tanques =	32,0	kg		
Mangueras =	17,0	kg		
Bebederos y comederos =	3,6	kg		
Depreciación tanques, mangueras y bebederos (6 años) =	8,8	kg/año		$(32,0 \text{ kg} + 17,0 \text{ kg} + 3,6 \text{ kg}) / 6 \text{ años}$
Total plásticos =	56,6	kg/año		$(47,8 \text{ kg/año}) + (8,8 \text{ kg/año})$
Energía contenida por kg de plástico =	3,00E+07	J/kg		(Vivas & Brown, 2006)
Energía =	1,70E+09	J/año		$(56,6 \text{ kg/año}) * (3,00E+07 \text{ J/kg})$
Transformidad =	1,11E+05	sej/J		(Odum, 1996. p 42)
M4 Minerales, Sales y Fertilizantes de síntesis				
Boro =	0	kg/año		
Transformidad =	2,70E+13	sej/kg		(Cohen et al., 2007)
Energía =	0,00E+00	sej/año		
Sulfato de zinc - ZnSO4 =	0	kg/año		
Transformidad =	3,45E+13	sej/kg		Anexo J
Energía =	0,00E+00	sej/año		
Sulfato de magnesio - MgSO4 =	0	kg/año		
Transformidad =	8,44E+12	sej/kg		Anexo J
Energía =	0,00E+00	sej/año		
Sulfato de manganeso - MnSO4 =	0	kg/año		
Transformidad =	1,33E+14	sej/kg		Anexo J
Energía =	0,00E+00	sej/año		

Sulfato de cobre - CuSO_4 =	0	kg/año	
Transformidad =	4,44E+13	sej/kg	Anexo J
Emergia =	0,00E+00	sej/año	
Sulfato de calcio - $\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$ =	0	kg/año	
Transformidad =	7,88E+12	sej/kg	Anexo J
Emergia =	0,00E+00	sej/año	
Sulfato de cobalto - CoSO_4 =	0,000	kg/año	
Transformidad =	5,50E+13	sej/kg	Anexo J
Emergia =	0,00E+00	sej/año	
Sulfato de hierro - FeSO_4 =	0,000	kg/año	
Transformidad =	1,01E+13	sej/kg	Anexo J
Emergia =	0,00E+00	sej/año	
Trióxido de molibdeno - MoO_3 =	0,000	kg/año	
Transformidad =	4,66E+14	sej/kg	Anexo J
Emergia =	0,00E+00	sej/año	
Urea =	500	kg/año	
Transformidad =	2,19E+13	sej/kg	(Vivas & Brown, 2006)
Emergia =	1,10E+16	sej/año	
Fosforo =	150	kg/año	
Transformidad =	2,19E+13	sej/kg	(Vivas & Brown, 2006)
Emergia =	3,29E+15	sej/año	
Potasio =	150	kg/año	

Transformidad =	2,19E+13	sej/kg	(Vivas & Brown, 2006)
Energía =	3,29E+15	sej/año	
Minerales Totales =	800	kg	
Energía Total =	1,75E+16	sej/año	

M5 Combustibles

Gasto de combustible (gasolina regular) en vehículo propio =	360	gal/año	(30 gal/mes) * (12 meses/año)
Gasto de combustible (gasolina regular) en transporte público =	0	gal/mes	Para recorrer 23,6 km/semana hasta el mercado de Sevilla.
Gasto de combustible (gasolina regular) en transporte público =	0	gal/año	(0,0 gal/mes) * (12 meses/año)
Poder calorífico inferior =	117.943	BTU/gal	(UPME, 2007)
Energía =	(360 gal/año + 0,0 gal/año) * (117.943 BTU/gal) * (1.055,06 J/BTU)		
Energía =	4,48E+10	J	
Transformidad =	1,11E+05	sej/J	6,6E4 sej/J * 1,68. Dato 6,6E4 sej/J, tomado de Odum (1996) p. 308

M6 Herramientas de acero

Área finca =	44.800	m ²	
Herramientas (palas, azadón, machete, barretón, etc.) =	172,2	kg	
Área de mesón para zona de beneficio pecuario =	5,0	m ²	Para un área de 0,64 m ² se requieren 7 kg de acero inoxidable
Acero para mesón para zona de beneficio pecuario =	54,7	kg	(5,0 m ² * 7 kg acero) / 0,64 m ² Para un área de 0,64 m ² se requieren 7 kg de acero inoxidable

Herramientas depreciadas a 10 años =	22,7	kg / año	$(172,2 \text{ kg} + 54,7 \text{ kg}) / 10 \text{ años}$
Transformidad =	3,20E+09	sej / kg	Haden (2002)

M7 Construcciones varias y herramientas de madera

Área finca =	44.800	m ²	
Numero pollos manejados =	208,0	pollos/año	
Viruta para galpón =	208	kg/año	200 kg viruta como cama para 200 pollos
Madera en herramientas (palas, azadón, barretón, etc.) =	27,0	kg/año	
Materiales de madera (áreas pecuarias y salón reuniones, Biofábrica) =	1.275,8	kg/año	Se compra el 50% de la madera total utilizada
Total herramientas madera =	1302,8	kg/año	
Materiales depreciados a 10 años =	130,3	kg/año	$(1302,8 \text{ kg/año}) / 10 \text{ años}$
Transformidad =	3,20E+09	sej / kg	Haden (2002)

M8 Maquinaria y Equipo Mecánico

Peso Bomba de agua =	15	kg	
Numero de bombas =	1		
Peso Trilladora y/o molino =	850	kg	La finca no tiene trilladora
Numero de trilladoras =	0		
Peso Mezcladora =	850	kg	La finca no tiene mezcladora
Numero de mezcladoras =	0		
Peso total =	15	kg	
Maquinaria depreciada a 20 años =	0,75	kg/año	15 kg / 20 años

Transformidad Maquinaria y equipo mecánico =	4,10E+09	sej/kg	Haden (2002)
M9 Infraestructura			
Área construida casa =	90	m ²	
Área fabrica concentrados =	0		
Áreas construcción Pecuaria (Galpones, porquerizas, biofábrica) =	201	m ²	
Área construida beneficiadero pecuario =	5	m ²	
			<i>(90 m² + 0,0 m² + 5 m²) * 61.000 kg / 230 m²</i>
Concreto (Casa, fabrica concentrados, beneficiadero) =	2,52E+04	kg	Para una casa de 230 m ² se requieren 61.000 kg de concreto
Depreciación (30 años) =	8,40E+02	kg/año	2,52E+04 kg / 30 años
Transformidad Concreto =	1,54E+09	sej/kg	Haden (2002)
Emergia =	1,29E+12	sej/año	<i>(8,40E+02 kg/año) * (1,54E+09 sej/kg)</i>
Ladrillos casa y beneficiadero pecuario =	1,20E+04	Unidades	<i>(90 m²+0,0 m² +5 m²) * (29.054 ladrillos / 230 m²)</i>
Masa ladrillos totales =	3,00E+04	kg	<i>(1,20E+04 ladrillos) * (2,5 kg/ladrillo)</i>
Depreciación (30 años) =	1,00E+03	kg/año	<i>(3,00E+04 kg) / 30 años</i>
Transformidad ladrillos cocidos =	2,32E+09	sej/kg	Haden (2002)
Emergia =	2,32E+12	sej / año	<i>(1,00E+03 kg/año) * (2,32E+09 sej/kg)</i>

			$(90 \text{ m}^2 + 0,0 \text{ m}^2 + 201 \text{ m}^2) * (432 \text{ kg} / 160 \text{ m}^2)$
Zinc (Casa, fabrica concentrados, pecuario) =	786	kg	Para 160 m ² de área se requiere 432 kg de zinc.
Depreciación (20 años) =	3,93E+01	kg/año	$(786 \text{ kg}) / 20 \text{ años}$
Transformidad aluminio =	1,25E+13	sej/kg	(Mark T Brown & Buranakarn, 2000)
Emergia =	4,91E+14	sej/año	$(3,93E+01 \text{ kg/año}) * (1,25E+13 \text{ sej/kg})$
Madera casa=	1,99E+03	kg	$(90 \text{ m}^2) * (5.085,5 \text{ kg} / 230 \text{ m}^2)$. Para 230 m ² se requieren 5.085,5 kg de madera
			$(1,99E+03 \text{ kg}) * 0,05$
Madera comprada =	9,95E+02	kg	Se compra el 50% del total de la madera utilizada
Depreciación (30 años) =	3,32E+01	kg/año	$(9,95E+02 \text{ kg}) / 30 \text{ años}$
Transformidad madera =	8,80E+08	sej/kg	Haden (2002)
Emergia =	2,92E+10	sej/año	$(3,32E+01 \text{ kg/año}) * (8,80E+08 \text{ sej/kg})$
Total materiales Infraestructura =	1,91E+03	kg/año	$(8,40E+02 \text{ kg/año}) + (1,00E+03 \text{ kg/año}) + (3,93E+01 \text{ kg/año}) + (3,32E+01 \text{ kg/año})$
Emergia Total =	4,95E+14	sej/año	$(1,29E+12 \text{ sej/año}) + (2,32E+12 \text{ sej/año}) + (4,91E+14 \text{ sej/año}) + (2,92E+10 \text{ sej/año})$

M10 Crías pecuarias

Pollitos comprados =	208	pollitos/año	
Masa inicial pollitos =	12,69	kg/año	$(208 \text{ pollitos/año}) * (0,061 \text{ kg/pollito})$

Energía =	$(145 \text{ kcal}/100 \text{ g carne pollo}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g/kg}) * (12,69 \text{ kg/año})$		
Energía =	7,70E+07	J/año	
Transformidad colombiana (T24) =	2,16E+08	sej/J	Tabla 4-15
Energía =	1,66E+16	sej/año	$(7,70E+07 \text{ J/año}) * (2,16E+08 \text{ sej/J})$
Cerda comprada =	1	cabezas/año	
Masa inicial cerda =	50	kg/año	$(200 \text{ kg/cabeza cerda}) * (1 \text{ cabezas cerda /año}) / 4 \text{ años vida útil cerda}$
Energía =	$(588,5 \text{ kcal}/100 \text{ g carne cerda}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g/kg}) * (50 \text{ kg/año})$		
Energía =	1,23E+09	J/año	
Transformidad colombiana (T25) =	2,44E+08	sej/J	Tabla 4-15
Energía =	3,01E+17	sej/año	$(1,23E+09 \text{ J/año}) * (2,44E+08 \text{ sej/J})$
Lechones comprados =	0	Cabeza /año	
Masa inicial lechones =	0,0	kg/año	$(20 \text{ kg/lechón}) * (0 \text{ lechones/año})$
Energía =	$(588,5 \text{ kcal}/100 \text{ g carne cerdo}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g/kg}) * (0,0 \text{ kg/año})$		
Energía =	0,0	J/año	
Transformidad colombiana (T25) =	2,44E+08	sej/J	Tabla 4-15
Energía =	0,0	sej/año	$(0,0 \text{ J/año}) * (2,44E+08 \text{ sej/J})$
Terneros =	0	Cabeza /año	
Masa inicial terneros =	0,0	kg/año	$(80 \text{ kg/ternero}) * (0 \text{ terneros/año})$

Energía =	$(177 \text{ kcal}/100 \text{ g carne bovino}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g/kg}) * (0,0 \text{ kg/año})$		
Energía =	0,0	J/año	
Transformidad colombiana (T27) =	3,29E+08	sej/J	Tabla 4-15
Energía =	0,0	sej/año	$(0,0 \text{ J/año}) * (3,29E+08 \text{ sej/J})$
Alevinos =	0	Alevinos/año	
Masa inicial alevinos =	0,0	kg/año	$(0,0051 \text{ kg/alevino}) * (0 \text{ alevinos/año}) * 1,15$ Mortalidad del 15%
Energía =	$(226 \text{ kcal}/100 \text{ g carne alevino}) * (4.186 \text{ J/kcal}) * (1.000 \text{ g/kg}) * (0,0 \text{ kg/año})$		
Energía =	0,0	J/año	
Transformidad colombiana (T26) =	1,91E+09	sej/J	Tabla 4-15
Energía =	0,0	sej/año	$(0,0 \text{ J/año}) * (3,29E+08 \text{ sej/J})$
Total energía =	1,31E+09	J/año	
Energía Total =	3,17E+17	sej/año	

M Total Materiales de la Economía Urbana o Insumos Externos

$$\begin{aligned}
 M &= \sum M1 + \dots + M10 \\
 &= 3,40E + 17 \text{ sej/año}
 \end{aligned}$$

EMERGIA TOTAL DE LA FINCA (Y)

Total Emergia finca =	1,10E+19	sej/año	$ \begin{aligned} Y &= \sum R + N + H \\ &\quad + S \\ &\quad + M \end{aligned} $
-----------------------	----------	---------	---

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (SE)

SE1 Provisión: Forestal

Provisión Forestal (guadua, nogal, cedro, otros forestales =	31.737	kg/año	
Emergia finca La Esperanza (Y) =	1,10E+19	sej/año	
Transformidad finca (T5) =	8,62E+13	sej/kg	(1,10E+19 sej/año) * (31.737 kg/año)
Emergia por SE1 =	2,73E+18	sej/año	

SE2 Regulación: Captura de CO₂

Área finca =	44.800	m ²	
Capacidad de captura de carbono en sistemas de manejo agroecológico a 1.700 m.s.n.m. =	25,78	t de C/ha	(Sánchez, 2016)
Trayectoria en agricultura agroecológica =	20	Años	
Capacidad de captura de carbono anual en sistemas de manejo agroecológico a 1.700 m.s.n.m. =	0,129	kg de C/m ² .año	(25,78 t de C/ha) * (1.000 kg/t) * (1,0 ha/10.000 m ²) / (20 años)
Captura de carbono en finca =	5.775	kg de C/año	(44.800 m ²) * (0,129 kg de C/m ² .año)
Equivalencia de CO ₂ en relación al Carbono =	4	kg CO ₂ / kg C	
Potencial de Captura de CO ₂ equivalente en finca =	23.099	kg CO ₂ eq./año	(5.774,7 kg de C/año) * (4 kg CO ₂ / kg C)
Emergia finca (Y)=	1,10E+19	sej/año	
Transformidad CO ₂ capturado finca (T8) =			(23.099 kg CO ₂ eq./año) / (1,10E+19 sej/año)
Transformidad CO ₂ capturado finca (T8) =	4,76E+14	sej/ CO ₂ eq.	
Área de guadua =	4.521	m ²	
Capacidad de fijación de CO ₂ de guadua =	76.000	kg CO ₂ / ha en 7 años	(Camargo et al., 2011)

Capacidad de fijación de CO ₂ de guadua =	10.857	kg CO ₂ / ha.año	<i>(76.000 kg CO₂/ ha) / (7 años)</i>
Captura de CO ₂ por guadua en finca =	<i>(10.857 kg CO₂/ ha.año) * (1,0 ha/10.000 m²) * (4.521 m²)</i>		
Captura de CO ₂ por guadua en finca =	4,91E+03	kg CO ₂ /año	
<hr/>			
Área de guamo =	17.247	m ²	
Capacidad de fijación de C del guamo =	55,3	t de C/ha en 6,5 años	Camargo, Rodríguez, & Arango, 2011)
Capacidad de fijación de CO ₂ de guamo =	<i>(55,3 t de C / ha) (1.000 kg de C / t de C) * (4 kg CO₂ / kg C) / (6,5 años)</i>		
Capacidad de fijación de CO ₂ de guamo =	34.031	kg CO ₂ / ha.año	
Captura de CO ₂ por guamo en finca =	<i>(34.031 kg CO₂/ ha.año) * (1,0 ha/10.000 m²) * (17.247 m²)</i>		
Captura de CO ₂ por guamo en finca =	5,87E+04	kg CO ₂ /año	
<hr/>			
Área de cacao =	0	m ²	
Capacidad de fijación de C cacao =	4,09	t de C/ha en 6 años	Camargo, Rodríguez, & Arango, 2011)
Capacidad de fijación de CO ₂ de cacao =	2.727	kg CO ₂ / ha.año	<i>(4,09 t de C/ha) * (1.000 kg de C / t de C) * (4 kg CO₂ / kg C) / (6 años)</i>
Captura de CO ₂ por cacao en finca =	<i>(2.727 kg CO₂/ ha.año) * (1,0 ha/10.000 m²) * (0,0 m²)</i>		
Captura de CO ₂ por cacao en finca =	0,00E+00	kg CO ₂ /año	
<hr/>			
Área de café =	16.586	m ²	
Capacidad de fijación de C de café =	4,12	t de C/ha en 6,5 años	Camargo, Rodríguez, & Arango, 2011)

Capacidad de fijación de CO ₂ de café =	2.535	kg CO ₂ / ha.año	(4,12 t de C/ha) * (1.000 kg de C / t de C) * (4 kg CO ₂ / kg C) / (6,5 años)
Captura de CO ₂ por café en finca =	(2.535 kg CO ₂ / ha.año) * (1,0 ha/10.000 m ²) * (16.586 m ²)		
Captura de CO ₂ por café en finca =	4.205	kg CO ₂ /año	
<hr/>			
Área de SAF =	0,0	m ²	
Capacidad de fijación de C de SAF =	118	t de C/ha en 6,5 años	Camargo, Rodríguez, & Arango, 2011)
Capacidad de fijación de CO ₂ de SAF =	72.615	kg CO ₂ / ha.año	(118 t de C/ha) * (1.000 kg de C / t de C) * (4 kg CO ₂ / kg C) / (6,5 años)
Captura de CO ₂ por SAF en finca =	(72.615 kg CO ₂ / ha.año) * (1,0 ha/10.000 m ²) * (0,0 m ²)		
Captura de CO ₂ por SAF en finca =	4.205	kg CO ₂ /año	
<hr/>			
Área de bosque =	3.648	m ²	
Capacidad de captura de carbono en sistemas de manejo agroecológico a 1.700 m.s.n.m. =	25,78	t de C/ha	(Sánchez, 2016)
Trayectoria en agricultura agroecológica =	20	años	
Capacidad de captura de carbono anual en sistemas de manejo agroecológico a 1.700 m.s.n.m. =	0,129	kg de C/m ² .año	(25,78 t de C/ha) * (1.000 kg/t) * (1,0 ha/10.000 m ²) / (20 años)
Captura de CO ₂ por bosque en finca =	1.881	kg CO ₂ /año	(0,129 kg de C/m ² .año) * (3.648 m ²) * (4 kg CO ₂ / kg C)
<hr/>			
Total captura de CO ₂ en Finca =	69.689	kg CO ₂ /año	
Transformidad finca (T8) =	4,76E+14	sej/ CO ₂ eq.	Calculo al inicio de esta subsección SE2

SE3 Cultural: Educación a visitantes

Visitantes que recibieron el Servicio =	50	personas/año	
Tiempo efectivo de formación en visita =	4	hora/persona	
Tiempo de formación a visitantes totales =	200	horas/año	
Transformidad colombiana (T20) =	1,06E+15	sej/hora	Tabla 4-15
Emergía SE3=	2,12E+17	sej/año	(200 horas/año) * (1,06E+15 sej/hora)

DEPÓSITOS POR RECURSOS RENOVABLES (DR)**DR_B Biodiversidad**

Número de especies en finca =	100	Especies (sp)	
Biodiversidad especies en el territorio Colombiano =	64.239	especies (sp)	(SIB, 2016)
Emergía Recursos Renovables Colombia =	1,01E+24	sej/año	Tabla 4-13
Tiempo de reposición de la Finca =	20	años	
Transformidad finca (T11) =	3,14E+20	sej/sp	(1,01E+24 sej/año) * (20 años) / (64.239 sp)

DR_F Forraje

Forraje deposito =	11.945	kg/año	
Transformidad colombiana (T8) =	4,53E+13	sej/kg	Tabla 4-15

DEPÓSITOS POR APROPIACIÓN DE CONOCIMIENTO SEGÚN NIVEL EDUCATIVO (DH)**H4.1 y H5.1 Tecnólogo SENA población permanente y no permanentes**

Tiempo de dedicación/ persona año para Depósito Emergia =	1.440	horas/año	(864 horas de H4.1) + (576 horas de H5.1) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo SENA =	8,35E+18	sej/año	(1,25E+19 sej de H4.1) + (8,35E+18 sej de H5.1) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)

H4.2 y H5.2 Tecnólogo Universitario población permanente y no permanentes

Tiempo de dedicación/ persona año para Depósito Emergia =	288	horas/año	(288 horas de H4.2) + (0 horas de H5.2) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)
Depósito Emergia por apropiación nivel tecnólogo Universitario =	2,43E+18	sej/año	(2,43E+18 sej de H4.2) + (0 sej de H5.2) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)

H4.3 y H5.3 Pregrado población permanente y no permanentes

Tiempo de dedicación/ persona año para Depósito Emergia =	0	horas/año	(0 horas de H4.3) + (0 horas de H5.3) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)
Depósito Emergia por apropiación nivel pregrado =	0	sej/año	(0 sej de H4.3) + (0 sej de H5.3) Ver en sección Acervo Sociocultural (H)

H4.4 Especialización población permanente

Tiempo de dedicación/ persona año para Depósito Emergia =	0	horas/año	Ver en sección Acervo Sociocultural (H)
Depósito Emergia por apropiación nivel especialización =	0	sej/año	(Ver en sección Acervo Sociocultural (H)

G. Anexo: Tiempo de formación en profesiones de Colombia

Profesiones en Colombia Nivel Tecnológico

Programa de formación	Tiempo de trabajo durante la formación	
Tecnólogo SENA (NTS) ^a en:	No. Trimestres	Horas
Producción agropecuaria	7	5.920
Acuicultura	7	5.920
Agrobiotecnología	7	5.920
Promedio	7	5.920
Tecnólogo Universidad (NTU) ^b en:	No. Semestres	Horas
Hotelería	6	4848
Electrónica	6	4224
Sistemas	6	4368
Agroambiental	6	4320
Construcción para la conservación del patrimonio cultural cafetero	6	4416
Alimentos	6	4224
Agroforestería	6	4608
Alimentos	6	4224
Promedio	6	4.390

Notas:

- a) Horas de trabajo y tiempo de duración de los programas de formación Tecnólogos en el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (NTS), según Circular No. 0346 del SENA (2012): $(440 \text{ horas presencial} + 280 \text{ horas independiente}) * 7 \text{ Trimestres} = 5.040 \text{ horas}$.
- b) Horas de trabajo y tiempo de duración del programa Tecnólogo en la Universidad del Valle, según la Resolución No. 027 de la Universidad del Valle (2001)

Profesiones en Colombia Nivel Pregrado y Especialización

Programa de formación	Tiempo de trabajo durante la formación	
	No. Semestres	Horas
Pregrado (NP)		
Ingeniería Agrícola ^a	10	8.016
Administración de empresas ^a	10	7.680
Ingeniería Industrial ^a	10	7.872
Ingeniería Ambiental ^a	10	8.688
	10	8.256
Ingeniería Agronómica ^b	10	8.208
Ingeniería Ambiental ^b	10	8.016
Ingeniería Agroindustrial ^b	10	8.304
Ingeniería Agrícola ^b	10	7.680
Ingeniería industrial ^c	10	8.352
Ingeniería Ambiental ^d	10	8.073
Promedio		8.073
Especialización (NE) ^c	No. Semestres	Horas
Especialización Gerencia	2	1.248
Especialización Gerencia de proyectos	2	1.248
Promedio		1.248

Notas:

- a) Universidad del Valle Sedes Cali, Buga, Caicedonia y Cartago, teniendo en cuenta que 1 Crédito = 48 horas de trabajo por estudiante en un periodo académico (Universidad del Valle, 2001).
- b) Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, teniendo en cuenta que 1 Crédito = 48 horas de trabajo por estudiante en un periodo académico según Acuerdo No. 037 de la Universidad Nacional de Colombia (2005).
- c) Universidad Pontificia Bolivariana <https://www.upb.edu.co/es/home>
- d) Universidad Autónoma de Occidente <http://www.uao.edu.co/>

H.Anexo: Variables del Análisis de componentes principales

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
No_Polls	Número de pollos manejados ^b	Forraj_D	Masa de forraje disponible como depósito después de satisfacer las necesidades de la actividad pecuaria
No_Galli	Número de gallinas manejadas ^a	Tiemp_DB	Tiempo de reconversión agroecológica de la finca
No_Cerds	Número de cerdos manejados ^a	hD_EB_H4	Horas de depósito de población permanente en nivel de educación básica
No_Bovin	Número de bovinos manejados ^a	hD_EM_H4	Horas de depósito de población permanente en nivel de educación media
No_Pecs	Número de peces manejados ^b	hD_ET_H4	Horas de depósito de población permanente en nivel de educación tecnológica
Pec_Auto	Masa de productos pecuarios destinados para el autoconsumo interno de la familia	hD_Pr_H4	Horas de depósito de población permanente en nivel de educación pregrado
Pec_Merc	Masa de productos pecuarios destinados para la venta en el mercado	hD_EB_H5	Horas de depósito de población No permanente en nivel de educación básica
Bosq_m2	Área territorial de bosque	hD_EM_H5	Horas de depósito de población No permanente en nivel de educación media
Guad_m2	Área territorial de guadua	kg_Fores	Masa de madera por especies forestales potencial disponible
Guad_kg	Masa de guadua potencial disponible	kg_CO2	Masa de CO2 capturado
Mader_m2	Área territorial de especies maderables	h_Educac	Horas útiles de educación a visitantes

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
Mader_kg	Masa de madera potencial disponible	R1_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Sol
Cafe_kg	Masa de café (cps) producido ^c	R2_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Potencial quimico de Lluvia
Banan_kg	Masa de banano producido	R3_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Geopotencial de lluvia
Platn_kg	Masa de plátano producido	R4_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Cinética del Viento
Cana_kg	Masa de caña producida	R5_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Banco de semillas
Zanah_kg	Masa de zanahoria producida	R6_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Nitrógeno atmosférico (almacenado en biomasa)
Curcu_kg	Masa de cúrcuma producida	R7_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable almacenado en biomasa
Cacao_kg	Masa de cacao producido	R8_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Potasio almacenado en biomasa
M_F_S_kg	Masa de maíz, frijol y soya producidos	R9_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Biomasa Residual Agropecuaria disponible
Fruta_kg	Masa de frutas producidas	R10_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Abono verde
Pancg_kg	Masa de pancoger producido	R11_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Productos Agropecuarios de subsistencia familia
Grans_kg	Masa de granos producidos	R12_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Agricultura de subsistencia pecuaria
Huert_kg	Masa de productos de huerta producidos	R13_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Materiales Renovables para Biofábrica
Agr_auto	Masa de productos agrícolas destinados para el autoconsumo interno de la familia	R14_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Mano de obra interna y familiar
AgMer_kg	Masa de productos agrícolas destinados para la venta en el mercado	R15_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural Renovable Especies nativas pecuarias
Pers_H1	Número de personas permanentes en finca	RTot_Emg	Flujo de emergia total dado por los Recursos Naturales Renovables totales

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
Tiem_H1	Tiempo de permanencia en la finca	N1_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural No Renovable Perdida de suelo
Pers_H2	Número de personas permanentes en finca	N2_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural No Renovable Nitrógeno solubilizado
poc_Inter	Porcentaje de interacción	N3_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural No Renovable Fosforo solubilizado
No_Nin	Número de niños permanentes en finca	N4_Emg	Flujo de emergia dado por el Recurso Natural No Renovable Potasio solubilizado
No_Hom	Número de hombres permanentes en finca	NTot_Emg	Flujo de emergia total dado por los Recursos Naturales No Renovables totales
No_Muj	Número de mujeres permanentes en finca	H1_Emg	Flujo de emergia por Acervo Sociocultural: Metabolismo Humano Población Permanente
Peso_fam	Peso promedio de la familia	H2_Emg	Flujo de emergia por Acervo Sociocultural: interacción social y aprendizaje Población Permanente
PerEB_H4	Número de personas de la población permanente con nivel de educación básica	H3_Emg	Flujo de emergia por Acervo Sociocultural: Memoria de información en Población Permanente en finca
hF_EB_H4	Horas flujo de población permanente en nivel de educación básica	H4_Emg	Flujo de emergia por Acervo Sociocultural: Apropiación de conocimiento Población Permanente en diferentes niveles educativos
PerEM_H4	Número de personas de la población permanente con nivel de educación media	H5_Emg	Flujo de emergia por Acervo Sociocultural: Apropiación de conocimiento población No permanente en diferentes Niveles Educativos
hF_EM_H4	Horas flujo de población permanente en nivel de educación media	HTot_Emg	Flujo de emergia total dado por el Acervo Sociocultural total
Pers_ET	Número de personas de la población permanente con nivel de educación tecnológica	S1_Emg	Flujo de emergia por el Servicio externo Mano de obra Externa
hF_ET_H4	Horas flujo de población permanente en nivel de educación tecnológica	S2_Emg	Flujo de emergia por el Servicio Público de Electricidad
PerPrH4	Número de personas de la población permanente con nivel de educación pregrado	S3_Emg	Flujo de emergia por el Servicio Público de Agua
hF_Pr_H4	Horas flujo de población permanente en nivel de educación pregrado	STot_Emg	Flujo de emergia total dado por los Servicios externos

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
No_Trabj	Número de trabajadores contratados	M1_Emg	Flujo de emergencia por el Material o Insumo externo: Semillas de la región para concentrados
PerEB_H5	Número de personas de la población No permanente con nivel de educación básica	M2_Emg	Flujo de emergencia por el Material o Insumo externo: Concentrados de la región
hF_EB_H5	Horas flujo de población No permanente en nivel de educación básica	Mmat_Emg	Flujo de emergencia por el Material o Insumo externo de construcción e insumos comprados
PerEM_H5	Número de personas de la población No permanente con nivel de educación media	M5_Emg	Flujo de emergencia por el Material o Insumo externo: Combustibles
hF_EM_H5	Horas flujo de población No permanente en nivel de educación media	M10_Emg	Flujo de emergencia por el Material o Insumo externo: Crías pecuarias
No_Visit	Número de visitantes	MTot_Emg	Flujo de emergencia total por Materiales o Insumos externos totales
Sem_Comp	Masa de semillas de la región compradas	SE1_Emg	Flujo de emergencia por el Servicio Ecosistémico de Provisión: Forestal
Concent	Masa de concentrados de la región comprados	SE2_Emg	Flujo de emergencia por el Servicio Ecosistémico de Regulación: Fijación de Carbono
Otrs_Mat	Materiales de construcción e insumos comprados	SE3_Emg	Flujo de emergencia por el Servicio Ecosistémico de Cultural: Educación a visitantes
Combs	Combustible (gasolina) comprado	DB_Emg	Depósitos de emergencia por Biodiversidad
Poll_Com	Número de pollitos comprados	DF_Emg	Depósitos de emergencia por Forrajes depósito
Cerd_Com	Número de cerdas para gestación compradas	DH_Emg	Depósitos de emergencia por Acervo Sociocultural
Lech_Com	Número de lechones comprados	Y_Emg	Energía total
Tern_Com	Número de terneros comprados	Yden_Emg	Energía total absoluta
Alev_Com	Número de alevinos (crías de peces) comprados	Porc_R	Porcentaje de Renovabilidad
Area	Área territorial de finca	Porc_H	Porcentaje de Acervo Sociocultural
Precipit	Precipitación promedio anual en finca	EYR	Índice Rendimiento Emergético
Evapot	Evapotranspiración promedio anual en finca	ELR	Índice de Carga Ambiental incluyente
EMT	Elevación media del terreno de finca	ESI	Índice de Sostenibilidad
Pendient	Pendiente en porcentaje de finca	Pro_Tran	Masa de productos transitorios
altura	Altura sobre el nivel del mar de finca	T1_Emg	Transformidad de productos Transitorios
Temp	Temperatura promedio anual en finca	Prod_Pec	Masa de Productos Pecuarios

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
Vel_Vie	Velocidad del viento promedio en finca	T2_Emg	Transformidad de productos Pecuarios
Bco_Semi	Masa de semillas almacenadas en banco para siembra	BR_Tot	Masa de Biomasa Residual total producida
N_Fija	Masa de Nitrógeno almacenado en biomasa en productos agropecuarios	T3_Emg	Transformidad de productos pecuarios
P_Sub	Masa de Fosforo del almacenado en biomasa en productos agropecuarios	Pr_FF_AV	Masa de pastos, forrajes y abonos verdes
K_Sub	Masa de Potasio del almacenado en biomasa en productos agropecuarios	T4_Emg	Transformidad de pastos, forrajes y abonos verdes
BRP_disp	Masa Biomasa Residual Pecuaria disponible en finca	A_FF_P_F	Masa de Productos agrícolas incluyendo forraje, pastos y forestal
BRA_disp	Masa Biomasa Residual Agrícola disponible en finca	T5_Emg	Transformidad de productos agrícolas incluyendo forraje, pastos y forestal
Abo_V	Masa de Abonos verdes presentes en finca	Ag_Pc	Masa de productos agropecuarios
P_Agr_F	Masa de productos agrícolas destinados para el autoconsumo interno de la familia	T6_Emg	Transformidad de Productos agropecuarios
P_Pec_F	Masa de productos pecuarios destinados para el autoconsumo interno de la familia	P_Agric	Masa de productos agrícolas
P_Agr_P	Masa de productos agrícolas destinados para el autoconsumo interno del subsistema pecuario	T7_Emg	Transformidad de Productos agrícolas
BRAcac_B	Masa Biomasa Residual Agrícola de café utilizada en la Biofábrica	T8_Emg	Transformidad de CO ₂ equivalente capturado
BRA_B	Masa Biomasa Residual Agrícola total utilizada en la Biofábrica	Bioprera	Masa de biopreparados elaborados
BRP_B	Masa Biomasa Residual Pecuaria total utilizada en la Biofábrica	T9_Emg	Transformidad de productos Pecuarios emergia
Jorn_F	Número de jornadas de trabajo familiar	Concentr	Masa de Concentrados elaborados
Aves_N	Número de aves nativas	T10_Emg	Transformidad de Concentrados elaborados
Curies	Número de curíes	T11_Emg	Transformidad de Biodiversidad
Conejos	Número de conejos	Ag_Pe_ha	Masa de Productos agropecuarios
Cabras	Número de cabras	GB_m2	Área territorial de guamo y bosque

Variable	Nombre de la variable	Variable	Nombre de la variable
Psuelo	Pérdida de suelo (toneladas por hectárea al año)	GB_tnCO2	Masa de CO ₂ capturado por guamo y bosque
Per_Suel	Pérdida de suelo (kg por año)	GmC_m2	Área territorial de guamo y café
N_Solub	Masa de Nitrógeno solubilizados en productos agropecuarios que salen de la finca	GmC_tCO2	Masa de CO ₂ capturado por guamo y café
P_Solub	Masa de Fosforo solubilizados en productos agropecuarios que salen de la finca	Cco_m2	Área territorial de cacao
K_Solub	Masa de Potasio solubilizados en productos agropecuarios que salen de la finca	Cc_tnCO2	Masa de CO ₂ capturado por cacao
No_Jorn	Número de jornadas de trabajo de población externa contratada	SAF_m2	Área territorial de Sistema Agroforestal
Elect	Energía eléctrica consumida	SAFtnCO2	Masa de CO ₂ capturado por Sistema Agroforestal
Agua	Volumen de agua consumido		

I. Anexo: Datos para cálculos de Emergia Colombia

Altitud y solidos suspendidos en Cuencas Colombia

Cuenca ^a	Salida/cuenca baja (ppm)	Altitud (m)	Entrada/cuenca alta (ppm)	Altitud (m)
Magdalena	500	5	23,4	1590
Atrato	246,7	27	-	-
Sinú	169,5	17	-	-
Ranchería	264,2	76	21,3	400
Patía	1297,7	-	92,3	
San Juan	-	-	84,1	1600
Mira	-	-	22,5	1181
Guaviare	170	94	88	-
Meta	157	70	-	-
Vichada	23,8	76	-	-
Amazonas	102	120	-	-
Putumayo	-	-	4,5	2875
Caquetá	-	-	4,5	-
Vaupés	4,8	180	-	-
Zulia	345	67	14	303
Promedio cuencas	298,2	73,2	39,4	1324,8

Nota:

- a) Datos sobre altura sobre el nivel del mar y solidos suspendidos a la entrada y salida de las cuencas, consultados en IDEAM (2012)

Altura significativa de las olas de Colombia

Mar	Boya	Altura de la ola según la época (m)		
		Seca	Transición	Húmeda
Mar caribe ^a	Boya Turbo	1,7	1,3	0,8
	Boya San Andrés	-	1,5	-
	Boya Barranquilla	-	-	1,1
Mar Pacífico ^b	Tumaco	0,95	-	-
	Gorgona	0,77	-	-
	Golfo Panamá	1,1	-	-
	Jurado	1,1	-	-
	Mapelo	1,6	-	-
	Cabo corrientes	-	-	1,0
	Buenaventura	-	-	0,95
	Estación 1	-	-	1,12
Estación 2	-	-	1,40	
Promedio altura			1,2	

Notas:
 a) Datos encontrados en CIOH (2015)
 b) Datos encontrados en CCCP (2012)

Amplitud de las mareas de Colombia

Zonas principales para las mareas	Amplitud de la marea ^a (m)
Buenaventura	1,74
Tumaco	1,25
Juanchaco	1,13
Cartagena	0,24
Islas Rosario	0,14
Puerto Bolívar	0,08
Capurgana	0,09
San Andrés	0,11
Promedio amplitud	0,5975

Nota:
 a) Datos encontrados en IDEAM (2010)

J. Anexo: Transformidades usadas de diferentes autores

Transformidad del Sulfato de zinc - ZnSO₄

Peso molecular compuesto ZnSO ₄ =	161,4	g/gmol	
Transformidad Zn =	7,20E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Zn en compuesto =	0,405	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,198	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,397	% como decimal	
Transformidad ZnSO ₄ =	$(7,20E+10 \text{ sej/g} * 0,405) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,198) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,397) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad ZnSO ₄ =	3,45E+13	sej/kg	

Transformidad Sulfato de magnesio - MgSO₄

Peso molecular compuesto MgSO ₄ =	120,3	g/gmol	
Transformidad Mg =	6,10E+09	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Mg en compuesto =	0,201	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,266	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,532	% como decimal	
Transformidad MgSO ₄ =	$(6,10E+09 \text{ sej/g} * 0,201) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,266) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,532) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad MgSO ₄ =	8,44E+12	sej/kg	

Transformidad Sulfato de manganeso - MnSO₄

Peso molecular compuesto MnSO ₄ =	150,9	g/gmol	
Transformidad Mn =	3,50E+11	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Mn en compuesto =	0,363	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,212	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,424	% como decimal	
Transformidad MnSO ₄ =	$(3,50E+11 \text{ sej/g} * 0,363) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,212) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,424) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad MnSO ₄ =	1,33E+14	sej/kg	

Transformidad Sulfato de cobre - CuSO₄

Peso molecular compuesto CuSO ₄ =	159,5	g/gmol	
Transformidad Cu =	9,80E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Cu en compuesto =	0,398	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,200	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,401	% como decimal	
Transformidad CuSO ₄ =	$(9,80E+10 \text{ sej/g} * 0,398) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,200) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,401) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad CuSO ₄ =	4,44E+13	sej/kg	

Transformidad Sulfato de calcio - Ca(SO₄)₂

Peso molecular compuesto Ca(SO ₄) ₂ =	232,0	g/gmol	
Transformidad Ca =	2,50E+09	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Ca en compuesto =	0,172	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,275	% como decimal	

Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,551	% como decimal	
Transformidad Ca(SO ₄) ₂ =	$(2,50E+09 \text{ sej/g} * 0,172) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,275) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,551) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad Ca(SO ₄) ₂ =	7,88E+12	sej/kg	

Transformidad Sulfato de calcio - CoSO₄

Peso molecular compuesto CoSO ₄ =	154,9	g/gmol	
Transformidad Co =	1,30E+11	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Co en compuesto =	0,380	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,206	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,413	% como decimal	
Transformidad CoSO ₄ =	$(1,30E+11 \text{ sej/g} * 0,380) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,206) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,413) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad CoSO ₄ =	5,50E+13	sej/kg	

Transformidad Sulfato de calcio - FeSO₄

Peso molecular compuesto FeSO ₄ =	151,8	g/gmol	
Transformidad Fe =	1,20E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Fe en compuesto =	0,367	% como decimal	
Transformidad S =	2,70E+10	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de S en compuesto =	0,210	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₄ en compuesto =	0,421	% como decimal	
Transformidad CoSO ₄ =	$(1,20E+10 \text{ sej/g} * 0,367) + (2,70E+10 \text{ sej/g} * 0,210) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,421) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad FeSO ₄ =	1,01E+13	sej/kg	

Transformidad Trióxido de molibdeno - MoO₃

Peso molecular compuesto MoO ₃ =	144,0	g/gmol	
Transformidad Mo =	7,00E+11	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de Mo en compuesto =	0,666	% como decimal	
Transformidad O =	5,20E+07	sej/g	(Cohen et al., 2007)
Fracción de O ₃ en compuesto =	0,333	% como decimal	
Transformidad MoO ₃ =	$(7,00E+11 \text{ sej/g} * 0,666) + (5,20E+07 \text{ sej/g} * 0,333) * (1.000 \text{ g/kg})$		
Transformidad MoO ₃ =	4,66E+14	sej/kg	

Transformidad de materiales construcción

Material de construcción	Cantidad en un sistema industrial (kg)	% en sistema	Transformidad ^a E+9 (sej/g)	Transformidad final E+9 (sej/g)
		Yi	Ti	T = Ti * Yi
Agregados triturados	536,5	42,4	2,32	0,98
Arena de río	440,9	34,9	1,54	0,54
Cemento gris	160,9	12,7	1,97	0,25
Roca muerta - tierra de excavación	40,6	3,2	2,32	0,07
Cerámica cocida	43,9	3,5	3,06	0,11
Acero	29,5	2,3	4,13	0,10
Madera	5,4	0,4	0,88	0,00
Teja fibrocemento	3,1	0,2	5,85	0,01
Otros (PVC, Cu, cemento blanco, pinturas)	3,4	0,3	5,85	0,02
Total	1.264,2	100	-	2,08

Notas:

- a) Datos de Transformidades de materiales tomados de Brown & Buranakarn (2000)
 b) Transformidad de materiales construcción: 2,08E+09 sej/g

K.Anexo: Emergia total, Capital Natural y de Información para las fincas de Sevilla

No.	Flujos parciales de emergia	Valor del flujo					Unidad /año ^a	Transfor midad (sej/unid)	Ref. ^f	Emergia (sej/año)					sej/año ^a E+__
		La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín				La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	
	Área (m ²):	44.800	20.000	25.600	30.000	26.000									
Recursos Naturales Renovables (R)															
R1	Sol	22,5	10,1	12,9	15,1	18,8	E+13 J	1,00E+00	1	22,50	10,05	12,87	15,08	18,76	E+13
R2	Potencial químico lluvia	1,06	0,79	1,01	1,19	2,44	E+11 J	3,10E+04	2 ^b	328,0	244,3	313,5	367,4 0	757,1	E+13
R3	Geopotencial de lluvia	0,10	0,04	0,02	0,08	0,22	E+11 J	2,90E+04	3 ^b	30,20	12,07	6,29	22,17	63,31	E+13
R4	Cinética del viento	0,10	0,04	0,06	0,07	0,01	E+11 J	2,45E+03	2 ^b	2,40	1,08	1,37	1,63	0,25	E+13
R5	Banco de semillas	3,23	0,17	6,16	3,75	0,19	E+02 kg	2,97E+14	5	95,90	5,10	183,0	111,4	5,57	E+15
R6	N ₂ atmosférico, almacenado en biomasa	16,26	33,55	22,76	18,21	3,21	E+02 kg	4,61E+12	6	7,49	15,47	10,49	8,39	1,48	E+15
R7	P almacenado en biomasa	15,91	16,05	6,56	4,84	0,41	E+02 kg	1,80E+13	6	28,60	28,89	11,81	8,71	0,74	E+15
R8	K almacenado en biomasa	10,30	10,34	5,87	6,33	0,65	E+02 kg	1,70E+12	6	1,75	1,76	1,00	1,08	0,11	E+15
R9	BR ^c agropecuaria disponible	140,9	54,65	29,06	71,89	21,35	E+03 kg	1,76E+13	5	248,0	96,2	51,1	126,5	37,6	E+16
R10	Abono verde	4,20	12,11	2,77	18,90	0,00	E+02 kg	4,53E+13	5	19,00	54,86	12,54	85,62	0,00	E+15

No.	Flujos parciales de energía	Valor					Unidad /año ^a	Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Energía (sej/año)					sej/año ^a E+__
		La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín				La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	
Área (m ²):		44.800	20.000	25.600	30.000	26.000									
Recursos Naturales Renovables (R)															
R11	Productos de subsistencia familia	79,18	32,85	33,20	58,40	13,91	E+02 kg	4,04E+13	5	320,0	132,7	134,1	235,9	56,21	E+15
R12	Agricultura de subsistencia pecuaria	24,45	28,58	11,91	14,43	0,37	E+03 kg	4,53E+13	5	111,0	129,5	53,9	65,4	1,7	E+16
R13	Materiales para Biofábrica	32,68	13,01	14,98	25,53	3,26	E+03 kg	Varias	7; 5	48,4	18,4	23,7	28,2	4,7	E+16
R14	Mano de obra familiar	11,52	5,76	14,40	11,52	5,76	E+02 Jornadas	3,25E+14	5	37,4	18,7	46,8	37,4	18,7	E+16
R15	Especies nativas pecuarias	32,77	59,94	22,97	24,82	0,00	E+01 kg	3,99E+13	5	13,10	23,92	9,17	9,90	0,00	E+15
R	Total Recursos Naturales Renovables												493,0	289,3	212,1
Recursos Naturales No Renovables (N)															
N1	Pérdida de suelo	45,57	40,69	26,04	61,03	81,38	E+10 J	7,40E+04	4	3,37	3,01	1,93	4,52	6,02	E+16
N2	N ₂ solubilizado	51,76	9,51	14,80	20,43	1,42	E+01 kg	4,61E+12	6	2,39	0,44	0,68	0,94	0,07	E+15
N3	P solubilizado	2,97	0,60	0,92	1,41	0,21	E+01 kg	1,80E+13	6	0,54	0,11	0,17	0,25	0,04	E+15
N4	K solubilizado	30,28	5,42	7,67	9,79	0,81	E+01 kg	1,70E+12	6	0,52	0,09	0,13	0,17	0,01	E+15
N	Total Recursos Naturales No Renovables									3,72	3,07	2,02	4,65	6,03	E+16
Acervo Sociocultural (H)															
H1	Metabolismo Humano PP ^d	190,99	76,39	190,99	267,38	76,39	E+08 J	5,49E+06	5	10,50	4,19	10,49	14,68	4,19	E+16
H2	Interacción social y aprendizaje PP ^d	33,81	4,85	52,57	81,38	3,41	E+08 J	5,49E+07	5	18,60	2,66	28,86	44,68	1,87	E+16
H3	Memoria Información PP ^d	41,14	22,24	46,03	47,47	21,46	E+03 J	1,89E+12	5	7,77	4,20	8,70	8,97	4,06	E+16
H4	Apropiación de conocimiento PP ^d	288,00	207,00	168,00	240,00	6,21	Horas	T15 a T18	5	374,00	300,15	214,56	304,44	9,00	E+16
H5	Apropiación de conocimiento PNP ^e	97,00	49,00	49,00	49,00	2,20	horas	T15 a T18	5	140,00	70,02	70,66	70,87	1,85	E+16
H	Total Acervo Sociocultural									551,0	381,2	333,3	443,6	21,0	E+16

No.	Flujos parciales de emergencia	Valor					Unidad /año ^a	Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Emergencia (sej/año)					
		La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín				La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	44.800	20.000	25.600	30.000	26.000									
Servicios de la Economía Urbana (S)															
S1	Mano de obra externa	361,0	72,00	288,0	144,0	72,00	Jornadas	3,25E+14	5	11,73	2,34	9,36	4,68	2,34	E+16
S2	Servicio público: Electricidad	6,31	6,31	6,31	6,31	6,31	E+09 J	7,78E+06	5	49,12	49,12	49,12	49,12	49,12	E+15
S3	Servicio Público: Agua	7,16	7,12	6,89	6,89	12,01	E+02 m ³	2,37E+11	5	0,17	0,17	0,16	0,16	0,28	E+15
S	Total Servicios de la Economía Urbana									16,66	7,27	14,29	9,61	7,28	E+16
Materiales de la Economía Urbana (M) o Insumos externos															
M1	Semillas región consumo pecuario	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg	2,59E+14	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	E+15
M2	Concentrados de la región	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg	3,09E+14	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	E+15
M3	Plásticos, cauchos	1,70	0,58	0,78	1,09		E+09 J	1,11E+05	1	0,19	0,06	0,09	0,12	0,02	E+15
M4	Minerales y otros	800,0	0,00	0,00	0,00	611,0	kg	Varias	4; 5	17,52	0,00	0,00	0,00	13,38	E+15
M5	Combustibles	44,80	37,45	37,45	44,91	0,00	E+09 J	1,11E+05	10 ^b	4,97	4,15	4,15	4,98	0,00	E+15
M6	Herramientas de acero	22,69	20,62	20,62	20,62	12,23	kg	3,20E+09	11	7,26	6,60	6,60	6,60	3,91	E+10
M7	Construcciones y herramientas de madera	130,3	141,3	81,05	111,6	9,84	kg	3,20E+09	11	41,69	45,21	25,94	35,69	3,15	E+10
M8	Maquinaria-Equipo Mecánico	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	kg	4,10E+09	11	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	E+10
M9	Infraestructura	19,12	27,03	26,99	27,15	13,96	E+02 kg	Varias	11	0,49	0,51	0,46	0,66	0,18	E+15
M10	Crías pecuarias	1,31	6,18	4,11	1,49	0,00	E+09 J	T24 a T27	5	31,7	150,7	99,8	40,6	0,0	E+16
M	Total Materiales de la Economía Urbana									34,03	151,2	100,3	41,18	1,34	E+16
Y	Emergencia Total (Y = R + N + H + S + M)									109,9	83,2	66,2	80,3	10,6	E+17
Yabs	Emergencia Total absoluta (Yabs = Y / área) (sej/ha.año)									24,5	41,6	25,9	26,8	2,6	E+17

No.	Flujos parciales de energía	Valor					Unidad /año ^a	Transformidad (sej/unid)	Ref. ^f	Energía (sej/año)					sej/año ^a E+__
		La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda	La Floresta	El Jardín				La Esperanza	La Fortuna	La Esmeralda (Sevilla)	La Floresta	El Jardín	
Área (m ²):		44.800	20.000	25.600	30.000	26.000									
Servicios Ecosistémicos															
SE1	Provisión: Forestal	317,4	98,14	164,0	51,25	5,39	E+02 kg	De finca	12	273,0	118,4	115,4	72,13	0,89	E+16
SE2	Regulación: Captura CO ₂	696,9	287,8	149,6	559,8	179,5	E+02 kg CO ₂	De finca	12	332,0	116,1	37,52	145,3	4,51	E+17
SE3	Cultural: Educación visitantes	200,0	80,0	200,0	240,0	20,0	horas	1,06E+15	5	21,20	8,48	21,20	25,44	2,12	E+16
Depósitos															
DR _F	Forrajes	11,95	14,34	28,05	12,30	43,73	E+03 kg	4,53E+13	5	54,1	65,0	127,0	55,7	198,0	E+16
DR _B	Biodiversidad	100	100	100	100	100	Especies	De finca	12	314,5	157,2	157,0	157,2	236,0	E+20
DH	Apropiación de Conocimiento	1.728	864,0	1.604	1.604	286	horas	Varias	5	233,1	125,0	197,0	197,0	41,5	E+17

Notas:

- a) Los valores de cada fila se encuentran multiplicados por el exponente de la columna (i.e. Valor y energía para R2 en la finca La Esperanza son 1,06E+11 J/año y 3,28E+13 sej/año respectivamente)
- b) Las Transformidad de las referencias 2, 3 y 10, se encuentran actualizadas a la línea de base de energía total para la biosfera de 15,83E+24 sej/año (Howard T Odum et al., 2000).
- c) BR: Biomasa Residual
- d) PP: Población Permanente o familia
- e) PNP: Población No Permanente
- f) Referencias de Transformidades: 1) (Howard T Odum, 1996), 2) Odum et al. (2000), 3) (Howard T Odum, 2000), 4) (Vivas & Brown, 2006), 5) Tabla 4-15, 6) Roncon (2011), 7) Anexo J, 8) Transformidad TF1 de la finca El Caney en Tabla 4-32, 9) Transformidad T10 de la finca Pura Vida en Tabla 4-32, 10) Brandt-Williams (2002), 11) Haden (2002) 12) Tabla 4-32

L.Anexo: Emergencia total, Capital Natural y de Información para las fincas de Tuluá, Andalucía y Guacarí

No.	Flujos parciales de emergencia	Valor del flujo					Unidad /año ^a	Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Emergencia (sej/año)					sej/año ^a E+__
		EI Caney	EI Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	EI Mirador				EI Caney	EI Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	EI Mirador	
	Área (m ²):	10.000	3.200	4.318	5.740	26.000									
Recursos Naturales Renovables (R)															
R1	Sol	5,6	1,6	2,2	3,2	13,1	E+13 J	1,00E+00	1	5,58	1,61	2,17	3,21	13,07	E+13
R2	Potencial químico lluvia	0,40	0,13	0,23	0,23	1,21	E+11 J	3,10E+04	2 ^b	122,0	39,20	72,10	70,30	376,3	E+13
R3	Geopotencial de lluvia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	E+11 J	2,90E+04	3 ^b	0,26	0,05	0,99	0,11	14,80	E+13
R4	Cinética del Viento	0,09	0,03	0,02	0,03	0,35	E+11 J	2,45E+03	2 ^b	2,09	0,67	0,48	0,67	8,66	E+13
R5	Banco de semillas	1,87	0,11	0,04	1,92	5,24	E+02 kg	2,97E+14	5	55,50	3,15	1,14	57,15	155,7	E+15
R6	N ₂ atmosférico, almacenado en biomasa	7,04	6,46	6,74	8,78	22,77	E+02 kg	4,61E+12	6	3,25	2,98	3,11	4,05	10,50	E+15
R7	P almacenado en biomasa	3,69	5,77	3,47	9,39	14,45	E+02 kg	1,80E+13	6	6,64	10,40	6,24	16,91	26,01	E+15
R8	K almacenado en biomasa	1,56	2,56	2,54	5,15	8,68	E+02 kg	1,70E+12	6	0,27	0,44	0,43	0,88	1,48	E+15
R9	BR ^c agropecuaria disponible	42,70	14,50	13,00	4,02	82,68	E+03 kg	1,76E+13	5	75,2	25,6	22,9	7,1	145,5	E+16
R10	Abono verde	17,80	1,17	0,83	20,13	12,60	E+02 kg	4,53E+13	5	80,50	5,30	3,74	91,19	57,08	E+15

No.	Flujos parciales de emergia	Valor					Unidad /año ^a	Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Emergia (sej/año)					
		El Caney	El Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	El Mirador				El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	10.000	3.200	4.318	5.740	26.000									
Recursos Naturales Renovables (R)															
R11	Productos de subsistencia familia	35,70	23,50	34,90	47,58	69,10	E+02 kg	4,04E+13	5	144,0	95,00	141,0	192,2	279,2	E+15
R12	Agricultura de subsistencia pecuaria	6,05	14,20	11,70	11,87	42,90	E+03 kg	4,53E+13	5	27,4	64,2	52,8	53,8	194,3	E+16
R13	Materiales para Biofábrica	4,90	2,04	4,96	25,33	22,50	E+03 kg	Varias	7; 5	6,4	3,4	7,4	105,3	41,0	E+16
R14	Mano de obra familiar	5,76	10,10	13,00	8,64	10,08	E+02 Jornadas	3,25E+14	5	18,7	32,8	42,1	28,1	32,8	E+16
R15	Especies nativas pecuarias	27,00	25,90	6,40	30,60	44,66	E+01 kg	3,99E+13	5	10,80	10,33	2,55	12,21	17,82	E+15
R	Total Recursos Naturales Renovables									158,0	139,0	141,0	231,7	468,8	E+16
Recursos Naturales No Renovables (N)															
N1	Pérdida de suelo	0,34	0,11	8,78	0,19	52,89	E+10 J	7,40E+04	4	0,03	0,01	0,65	0,01	3,91	E+16
N2	N ₂ solubilizado	25,30	7,66	12,00	22,96	15,39	E+01 kg	4,61E+12	6	1,17	0,35	0,56	1,06	0,71	E+15
N3	P solubilizado	4,29	0,45	0,82	6,67	1,17	E+01 kg	1,80E+13	6	0,77	0,08	0,15	1,20	0,21	E+15
N4	K solubilizado	11,10	1,14	2,84	2,14	3,97	E+01 kg	1,70E+12	6	0,19	0,02	0,05	0,04	0,07	E+15
N	Total Recursos Naturales No Renovables									0,24	0,05	0,73	0,24	4,01	E+16
Acervo Sociocultural (H)															
H1	Metabolismo Humano PP ^d	115,0	229,0	229,0	114,59	229,2	E+08 J	5,49E+06	5	6,29	12,60	12,60	6,29	12,58	E+16
H2	Interacción social y aprendizaje PP ^d	25,20	41,00	58,20	33,25	84,57	E+08 J	5,49E+07	5	13,80	22,50	32,00	18,26	46,43	E+16
H3	Memoria Información PP ^d	31,10	37,10	48,30	33,35	49,70	E+03 J	1,89E+12	5	5,88	7,02	9,12	6,30	9,39	E+16
H4	Apropiación de conocimiento PP ^d	144,0	142,6	126,0	192,0	312,0	horas	T15 a T18	5	54,60	246,0	108,0	90,62	329,2	E+16
H5	Apropiación de conocimiento PNP ^e	49,00	17,80	17,80	97,00	97,00	horas	T15 a T18	5	73,50	26,50	30,70	114,7	160,4	E+16
H	Total Acervo Sociocultural									154,0	314,0	192,0	236,2	558,0	E+16

No.	Flujos parciales de emergencia	Valor						Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Emergencia (sej/año)					
		El Caney	El Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	El Mirador	Unidad /año ^a			El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	10.000	3.200	4.318	5.740	26.000									
Servicios de la Economía Urbana (S)															
S1	Mano de obra externa	201,6	54,00	48,00	54,00	144,0	Jornada:	3,25E+14	5	6,55	1,76	1,56	1,76	4,68	E+16
S2	Servicio público: Electricidad	33,40	6,31	6,31	14,00	6,58	E+09 J	7,78E+06	5	260,0	49,10	49,10	108,9	51,19	E+15
S3	Servicio Público: Agua	96,91	8,70	6,83	27,23	13,21	E+02 m ³	2,37E+11	5	2,30	0,21	0,16	0,65	0,31	E+15
S	Total Servicios de la Economía Urbana									32,80	6,69	6,49	12,71	9,83	E+16
Materiales de la Economía Urbana (M) o Insumos externos															
M1	Semillas región consumo pecuario	0,00	546,0	0,00	5455,8	0,00	kg	2,59E+14	8	0,00	141,0	0,00	1.413,0	0,00	E+15
M2	Concentrados de la región	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	kg	3,09E+14	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	E+15
M3	Plásticos, cauchos	0,96	0,37	0,68	1,40	0,47	E+09 J	1,11E+05	1	0,11	0,04	0,08	0,15	0,05	E+15
M4	Minerales y otros	7,93	7,93	119,0	1.074,4	15,85	kg	Varias	4; 5	0,23	0,23	27,40	0,12	0,46	E+15
M5	Combustibles	7,47	114,0	20,50	64,71	59,75	E+09 J	1,11E+05	10 ^b	0,83	12,60	2,28	7,17	6,62	E+15
M6	Herramientas de acero	12,80	12,80	67,50	14,12	20,62	kg	3,20E+09	11	4,10	4,10	21,60	4,52	6,60	E+10
M7	Construcciones y herramientas de madera	44,40	134,0	143,0	314,0	303,5	kg	3,20E+09	11	14,20	42,90	45,70	100,5	97,13	E+10
M8	Maquinaria y Equipo Mecánico	44,00	0,75	0,75	85,50	1,50	kg	4,10E+09	11	18,00	0,31	0,31	35,06	0,62	E+10
M9	Infraestructura	25,90	21,00	36,80	58,36	27,23	E+02 kg	Varias	11	0,36	0,44	0,68	1,21	0,77	E+15
M10	Crías pecuarias	0,12	3,63	0,58	6,97	10,04	E+09 J	T24 a T27	5	2,6	92,8	12,6	167,1	260,6	E+16
M	Total Materiales de la Economía Urbana									2,79	108,0	15,60	309,3	261,4	E+16
Y	Emergencia Total (Y = R + N + H + S + M)									34,8	56,8	35,6	79,0	130,2	E+17
Yabs	Emergencia Total absoluta (Yabs = Y / área) (sej/ha.año)									34,8	178,0	82,5	138,0	50,1	E+17

No.	Flujos parciales de emergía	Valor					Unidad /año ^a	Transformidad (sej/unid)	Ref. ^f	Emergía (sej/año)					
		El Caney	El Jordán	La Esmeralda	Pura Vida	El Mirador				El Caney	El Jordán	La Esmeralda (Tuluá)	Pura Vida	El Mirador	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	10.000	3.200	4.318	5.740	26.000									
Servicios Ecosistémicos															
SE1	Provisión: Forestal	10,70	10,00	0,00	0,00	222,9	E+02 kg	De finca	12	10,80	25,70	0,00	0,00	173,2	E+16
SE2	Regulación: Captura de CO ₂	0,96	0,35	62,94	24,63	392,4	E+02 kg CO ₂	De finca	12	0,68	1,69	33,00	79,02	190,6	E+17
SE3	Cultural: Educación a visitantes	740,0	400,0	1.200,0	3.600,0	4.000,0	horas	1,06E+15	5	78,40	42,40	127,00	381,60	424,0	E+16
Depósitos															
DR _F	Forrajes	4,74	1,17	4,16	1,68	82,47	E+03 kg	4,53E+13	5	21,50	5,29	18,80	7,59	373,6	E+16
DR _B	Biodiversidad	100	100	100	375	100	Especies	De finca	12	236,0	314,0	157,0	1.000,0	157,2	E+20
DH	Apropiación de Conocimiento	2.998	2.075	1.252	5.736	9.500	horas	Varias	5	196,0	409,0	132,0	816,0	904,1	E+17

Notas:

- a) Los valores de cada fila se encuentran multiplicados por el exponente de la columna (i.e. Valor y emergía para R2 en la finca El Caney son 0,40E+11 J/año y 122,0E+13 sej/año respectivamente)
- b) Las Transformidad de las referencias 2, 3 y 10, se encuentran actualizadas a la línea de base de emergía total para la biosfera de 15,83E+24 sej/año (Howard T Odum et al., 2000).
- c) BR: Biomasa Residual
- d) PP: Población Permanente o familia
- e) PNP: Población No Permanente
- f) Referencias de Transformidades: 1) (Howard T Odum, 1996), 2) Odum et al. (2000), 3) (Howard T Odum, 2000), 4) (Vivas & Brown, 2006), 5) Tabla 4-15, 6) Roncon (2011), 7) Anexo J, 8) Transformidad TF1 de la finca El Caney en Tabla 4-32, 9) Transformidad T10 de la finca Pura Vida en Tabla 4-32, 10) Brandt-Williams (2002), 11) Haden (2002) 12) Tabla 4-32

M. Anexo: Emergia total, Capital Natural y de Información para las Fincas de Buga y El Dovio

No.	Flujos parciales de emergia	Valor del flujo				Unidad /año ^a	Transfor midad (sej/unid)	Ref. ^f	Emergia (sej/año)				
		La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones				La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	33.875	19.200	58.551	41.449								
Recursos Naturales Renovables (R)													
R1	Sol	17,0	9,7	29,4	20,8	E+13 J	1,00E+00	1	17,00	9,65	29,40	20,80	E+13
R2	Potencial químico lluvia	2,07	1,17	2,52	1,79	E+11 J	3,10E+04	2 ^b	641,0	363,0	782,0	554,0	E+13
R3	Geopotencial de lluvia	0,05	0,04	0,08	0,05	E+11 J	2,90E+04	3 ^b	14,80	10,50	23,70	14,10	E+13
R4	Cinética del Viento	0,15	0,04	0,26	0,18	E+11 J	2,45E+03	2 ^b	3,60	1,02	6,36	4,50	E+13
R5	Banco de semillas	1,14	0,32	1,53	2,57	E+02 kg	2,97E+14	5	34,00	9,42	45,40	76,40	E+15
R6	N ₂ atmosférico almacenado en biomasa	20,90	4,06	29,30	10,60	E+02 kg	4,61E+12	6	9,64	1,87	13,50	4,89	E+15
R7	P almacenado en biomasa	6,60	1,58	4,74	5,10	E+02 kg	1,80E+13	6	11,90	2,84	8,53	9,18	E+15
R8	K almacenado en biomasa	8,31	2,39	6,80	2,94	E+02 kg	1,70E+12	6	1,41	0,41	1,16	0,50	E+15
R9	BR ^c agropecuaria disponible	102,0	40,10	96,20	90,00	E+03 kg	1,76E+13	5	180,0	70,5	169,0	158,0	E+16
R10	Abono verde	53,40	12,90	42,30	9,60	E+02 kg	4,53E+13	5	242,0	58,40	192,0	43,50	E+15

No.	Flujos parciales de energía	Valor					Unidad /año ^a	Transformación (sej/unid)	Ref. ^f	Energía (sej/año)				
		La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	Área (m ²):				La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	sej/año ^a E+__
Recursos Naturales Renovables (R)														
R11	Productos de subsistencia familia	59,00	67,10	70,40	54,70	E+02 kg	4,04E+13	5	238,0	271,0	284,0	221,0	E+15	
R12	Agricultura de subsistencia pecuaria	95,80	4,06	94,30	50,30	E+03 kg	4,53E+13	5	434,0	18,4	427,0	228,0	E+16	
R13	Materiales para Biofábrica	5,21	10,30	57,04	10,91	E+03 kg	Varias	7; 5	18,9	16,3	92,8	19,7	E+16	
R14	Mano de obra familiar	8,64	4,32	5,76	5,76	E+02 Jornadas	3,25E+14	5	28,1	14,0	18,7	18,7	E+16	
R15	Especies nativas pecuarias	25,10	26,90	10,50	10,50	E+01 kg	3,99E+13	5	10,01	10,70	4,19	4,19	E+15	
R	Total Recursos Naturales Renovables								716,0	155,0	763,0	461,0	E+16	
Recursos Naturales No Renovables (N)														
N1	Pérdida de suelo	23,00	13,00	59,60	42,20	E+10 J	7,40E+04	4	1,70	0,96	4,41	3,12	E+16	
N2	N ₂ solubilizado	10,00	4,79	10,90	6,88	E+01 kg	4,61E+12	6	0,46	0,22	0,50	0,32	E+15	
N3	P solubilizado	0,77	0,41	0,77	0,51	E+01 kg	1,80E+13	6	0,14	0,07	0,14	0,09	E+15	
N4	K solubilizado	2,81	3,67	5,43	3,25	E+01 kg	1,70E+12	6	0,05	0,06	0,09	0,06	E+15	
N	Total Recursos Naturales No Renovables								1,76	1,00	4,48	3,17	E+16	
Acervo Sociocultural (H)														
H1	Metabolismo Humano PP ^d	153,0	76,40	76,40	153,0	E+08 J	5,49E+06	5	8,39	4,19	4,19	8,39	E+16	
H2	Interacción social y aprendizaje PP ^d	27,30	8,59	8,21	18,90	E+08 J	5,49E+07	5	15,00	4,71	4,51	10,40	E+16	
H3	Memoria Información PP ^d	41,50	19,20	21,50	30,40	E+03 J	1,89E+12	5	7,84	3,64	4,06	5,74	E+16	
H4	Apropiación de conocimiento PP ^d	252,0	144,0	108,0	108,0	horas	T15 a T18	5	365,0	165,0	157,0	180,0	E+16	
H5	Apropiación de conocimiento PNP ^e	49,00	10,60	151,0	61,00	horas	T15 a T18	5	70,70	14,80	222,0	91,20	E+16	
H	Total Acervo Sociocultural								467,0	193,0	391,0	296,0	E+16	

No.	Flujos parciales de emergia	Valor				Unidad /año ^a	Transfor midad (sej/unid)	Ref. ^f	Emergia (sej/año)				
		La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones				La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	33.875	19.200	58.551	41.449								
Servicios de la Economía Urbana (S)													
S1	Mano de obra externa	60,00	36,00	240,0	192,00	Jornadas	3,25E+14	5	1,95	1,17	7,80	6,24	E+16
S2	Servicio público: Electricidad	6,31	6,05	7,00	6,18	E+09 J	7,78E+06	5	49,10	47,10	54,50	48,10	E+15
S3	Servicio Público: Agua	7,46	6,58	7,49	7,25	E+02 m ³	2,37E+11	5	0,18	0,16	0,18	0,17	E+15
S	Total Servicios de la Economía Urbana								6,88	5,89	13,30	11,10	E+16
Materiales de la Economía Urbana (M) o Insumos externos													
M1	Semillas región consumo pecuario	0,00	0,00	0,00	0,00	kg	2,59E+14	8	0,00	0,00	0,00	0,00	E+15
M2	Concentrados de la región	453,0	334,0	0,00	0,00	kg	3,09E+14	9	140,0	103,0	0,00	0,00	E+15
M3	Plásticos, cauchos	0,57	0,42	0,69	0,49	E+09 J	1,11E+05	1	0,06	0,05	0,08	0,05	E+15
M4	Minerales y otros	142,0	80,20	1.190,0	524,0	kg	Varias	4; 5	415,0	0,50	347,0	149,0	E+15
M5	Combustibles	7,62	0,14	35,00	35,00	E+09 J	1,11E+05	10 ^b	0,85	0,02	3,89	3,89	E+15
M6	Herramientas de acero	20,60	20,60	17,20	15,20	kg	3,20E+09	11	6,60	6,60	5,51	4,85	E+10
M7	Construcciones y herramientas de madera	53,00	31,60	122,0	102,0	kg	3,20E+09	11	17,00	10,10	38,90	32,70	E+10
M8	Maquinaria y Equipo Mecánico	0,75	0,00	43,30	0,75	kg	4,10E+09	11	0,31	0,00	17,70	0,31	E+10
M9	Infraestructura	26,90	20,90	20,10	20,10	E+02 kg	Varias	11	0,39	0,28	0,43	0,43	E+15
M10	Crías pecuarias	4,76	0,00	5,65	1,25	E+09 J	T24 a T27	5	156,0	0,1	173,0	30,5	E+16
M	Total Materiales de la Economía Urbana								212,0	10,50	208,0	45,90	E+16
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)								140,0	36,5	138,0	81,7	E+17
Yabs	Emergia Total absoluta (Yabs = Y / área) (sej/ha.año)								41,5	19,0	23,6	19,7	E+17

No.	Flujos parciales de emergia	Valor				Unidad /año ^a	Transformidad (sej/unid)	Ref. ^f	Emergia (sej/año)				
		La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones				La Piragua	Villa Camila	Las Brisas Miraflores	El Placer Corbones	sej/año ^a E+__
	Área (m ²):	33.875	19.200	58.551	41.449								
Servicios Ecosistémicos													
SE1	Provisión: Forestal	174,7	218,0	50,00	253,0	E+02 kg	De finca	12	75,20	148,0	18,70	155,0	E+16
SE2	Regulación: Captura de CO ₂	62,01	293,0	1700,0	329,0	E+02 kg CO ₂	De finca	12	99,70	54,00	1.170,00	188,0	E+17
SE3	Cultural: Educación a visitantes	200,0	160,0	800,0	800,0	horas	1,06E+15	5	21,20	17,00	84,80	84,80	E+16
Depósitos													
DR _F	Forrajes	191,0	15,14	245,0	43,40	E+03 kg	4,53E+13	5	867,0	68,6	1.110,0	196,0	E+16
DR _B	Biodiversidad	100	100	100	100	Especies	De finca	12	629,0	157,0	472,0	472,0	E+20
DH	Apropiación de Conocimiento	1.028	1.028	1.028	1.192	horas	Varias	5	149,0	130,0	249,0	199,0	E+17
<i>Notas:</i>													
a) Los valores de cada fila se encuentran multiplicados por el exponente de la columna (i.e. Valor y emergia para R2 en la finca La Piragua son 2,07E+11 J/año y 641,0E+13 sej/año respectivamente)													
b) Los valores de transformidad de las referencias 2, 3 y 10 utilizados en la tabla están actualizados a la línea de base de emergía total para la biosfera de 15,83E+24 sej/año - Howard T. Odum, Mark T. Brown, Sherry Brandt-Williams.													
c) BR: Biomasa Residual													
d) PP: Población Permanente o familia													
e) PNP: Población No Permanente													
f) Referencias de Transformidades: 1) (Howard T Odum, 1996), 2) Odum et al. (2000), 3) (Howard T Odum, 2000), 4) (Vivas & Brown, 2006), 5) Tabla 4-15, 6) Roncon (2011), 7) Anexo J, 8) Transformidad TF1 de la finca El Caney en Tabla 4-32, 9) Transformidad T10 de la finca Pura Vida en Tabla 4-32, 10) Brandt-Williams (2002), 11) Haden (2002) 12) Tabla 4-32													

N.Anexo: Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas en las fincas de estudio

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca La Fortuna (Sevilla)

Abreviación	Flujos parciales de emergia	Emergia (sej / año)					
		Musáceas - Café (13.205 m ²)	Huerta (500 m ²)	Frutales (2.670 m ²)	Galpones (14 m ²)	Porcícola (125 m ²)	Biofábrica (30 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	2,70E+18	3,01E+18	1,31E+17	1,02E+18	1,63E+18	2,70E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	7,97E+14	4,04E+15	2,46E+13	3,98E+14	4,52E+13	7,97E+14
H	Acervo Sociocultural	3,11E+18	3,81E+18	1,87E+17	1,31E+18	2,51E+18	3,11E+18
S	Servicios externos	5,92E+15	1,53E+15	4,71E+15	1,29E+16	7,03E+14	5,92E+15
M	Materiales o Insumos externos	8,38E+14	4,33E+14	4,52E+15	1,26E+18	1,83E+14	8,38E+14
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	5,82E+18	6,82E+18	3,28E+17	3,61E+18	4,14E+18	5,82E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas					
%R	Renovabilidad	46,4	44,1	40	28,2	39,3	46,4
%H	Índice Acervo Sociocultural	53,5	55,8	57,2	36,5	60,68	53,5
%M	% Materiales o Insumos externos	0,00	0,00	0,00	1,40	34,90	0,00
%S	% Servicios externos	0,20	0,10	0,00	1,40	0,40	0,00

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca La Esmeralda (Sevilla)

Abreviación	Flujos parciales de emergencia	Emergia (sej / año)						
		Café - Banano <i>(8.668 m²)</i>	Huerta <i>(572 m²)</i>	(Café-Forraje) + (Potrero-Lago-Bosque) <i>(10.937 m²)</i>	Frutales <i>(5.122 m²)</i>	Galpones <i>(70 m²)</i>	Porcícola <i>(48 m²)</i>	Biofábrica <i>(20 m²)</i>
R	Recursos Naturales Renovables	4,01E+18	1,67E+18	3,59E+18	1,65E+18	2,48E+17	4,20E+17	2,04E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	6,72E+15	4,41E+14	8,23E+15	4,09E+15	2,51E+14	1,68E+14	1,52E+13
H	Acervo Sociocultural	3,33E+18	2,23E+18	3,33E+18	1,59E+18	6,00E+17	1,19E+18	2,29E+18
S	Servicios externos	2,39E+16	2,87E+16	2,39E+16	1,92E+16	7,06E+15	2,36E+15	3,71E+11
M	Materiales o Insumos externos	8,56E+14	1,05E+15	6,45E+14	7,04E+14	3,36E+16	9,62E+17	8,43E+13
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	7,37E+18	3,94E+18	6,96E+18	3,27E+18	8,88E+17	2,57E+18	4,33E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas						
%R	Renovabilidad	99,22	98,23	99,09	98,57	85,83	30,31	47,14
%H	Índice Acervo Sociocultural	45,2	56,68	47,9	48,74	67,5	46,2	52,85
%M	% Servicios externos	0,00	0,00	0,00	0,00	3,80	37,40	0,00
%S	% Materiales o Insumos externos	0,30	0,70	0,30	0,60	0,80	0,10	0,00

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca La Floresta (Sevilla)

Abreviación	Flujos parciales de emergia	Emergia (sej / año)				
		Café, maíz, frutales (11.965 m ²)	Huerta (417 m ²)	Banano, café, maíz (12.945 m ²)	Galpones (175 m ²)	Biofábrica (70 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	5,06E+18	1,43E+18	5,27E+18	1,63E+18	1,79E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	1,90E+16	6,52E+14	2,49E+16	7,85E+14	1,06E+14
H	Acervo Sociocultural	4,44E+18	1,65E+18	4,44E+18	1,74E+18	1,81E+18
S	Servicios externos	2,43E+16	1,41E+16	9,38E+15	7,07E+15	9,37E+14
M	Materiales o Insumos externos	1,52E+15	1,50E+15	1,03E+15	9,38E+16	2,13E+14
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	9,54E+18	3,09E+18	9,74E+18	3,47E+18	3,60E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas				
%R	Renovabilidad	53,05	46,1	54,1	46,9	49,67
%H	Índice Acervo Sociocultural	46,48	53,4	45,5	50,1	50,3
%M	% Servicios externos	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00
%S	% Materiales o Insumos externos	0,30	0,50	0,10	0,20	0,00

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca El Jardín (Sevilla)

Abreviación	Flujos parciales de emergia	Emergia (sej / año)		
		Agrícola (2.713 m ²)	Café abonado (7.462 m ²)	Biofábrica (28 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	9,40E+17	4,00E+17	1,35E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	4,16E+15	1,13E+16	4,29E+13
H	Acervo Sociocultural	2,10E+17	2,10E+17	1,80E+17
S	Servicios externos	1,00E+16	1,32E+16	2,47E+15
M	Materiales o Insumos externos	2,65E+14	1,37E+16	2,37E+11
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	1,16E+18	6,47E+17	3,17E+17

Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas		
%R	Renovabilidad	80,75	61,72	42,55
%H	Índice Acervo Sociocultural	18,01	32,39	56,66
%M	% Servicios externos	0,00	2,10	0,00
%S	% Materiales o Insumos externos	0,90	2,00	0,80

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación Emergética de los subsistemas evaluados en la Finca El Caney (Tuluá)

Abreviación	Flujos parciales de emergencia	Emergia (sej / año)			
		Maíz-Frijol (6.400 m ²)	Frutales (4.009 m ²)	Galpones (82,4 m ²)	Biofábrica (12,5 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	2,96E+18	1,58E+18	4,85E+17	3,01E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	2,03E+15	1,94E+14	2,11E+14	3,14E+11
H	Acervo Sociocultural	1,54E+18	1,54E+18	1,14E+18	4,40E+17
S	Servicios externos	2,74E+17	2,85E+15	7,08E+15	2,82E+14
M	Materiales o Insumos externos	6,38E+14	9,59E+13	2,67E+16	2,60E+14
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	4,78E+18	3,13E+18	1,65E+18	7,41E+17
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas			
%R	Renovabilidad	61,93	50,62	29,3	40,58
%H	Índice Acervo Sociocultural	32,27	49,28	68,65	59,35
%M	% Servicios externos	0,01	0,00	1,62	0,04
%S	% Materiales o Insumos externos	5,7	0,1	0,4	0,0

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca El Jordán (Tuluá)

Abreviación	Flujos parciales de energía	Energía (sej / año)					
		Huerta (228 m ²)	Plátano, granos, Pastos (1.333 m ²)	Cacao, frutales (1.279 m ²)	Galpones (86 m ²)	Porcícola (48 m ²)	Biofábrica (22 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	1,58E+18	2,94E+18	2,56E+18	9,62E+17	1,09E+18	5,93E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	1,46E+13	5,79E+13	1,15E+14	1,52E+14	1,01E+14	5,52E+11
H	Acervo Sociocultural	1,43E+18	2,05E+18	2,09E+18	1,11E+18	1,22E+18	5,74E+17
S	Servicios externos	1,85E+15	7,04E+15	7,56E+15	8,29E+15	9,00E+15	1,77E+14
M	Materiales o Insumos externos	3,80E+14	3,95E+14	4,00E+14	7,41E+16	8,93E+17	2,90E+14
Y	Energía Total (Y = R + N + H + S + M)	3,01E+18	5,00E+18	4,65E+18	2,16E+18	3,22E+18	1,17E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas					
%H	Índice Acervo Sociocultural	47,55	41,06	44,86	51,6	38	49,17
%M	% Servicios externos	0,01	0,01	0,01	3,43	27,73	0,02
%S	% Materiales o Insumos externos	0,1	0,1	0,2	0,4	0,3	0,0

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca La Esmeralda (Tuluá)

Abreviación	Flujos parciales de emergencia	Flujos parciales de emergencia				
		Huerta (680 m ²)	Café Sombra (1.721 m ²)	Frutales (1.334 m ²)	Galpones (227 m ²)	Biofábrica (44 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	1,15E+18	2,93E+18	1,72E+18	1,88E+18	8,65E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	1,03E+15	2,66E+15	2,08E+15	8,85E+14	6,59E+13
H	Acervo Sociocultural	1,03E+18	1,92E+18	1,92E+18	1,92E+18	1,09E+18
S	Servicios externos	6,85E+15	4,00E+15	2,89E+15	9,88E+15	1,25E+15
M	Materiales o Insumos externos	6,45E+14	5,11E+14	4,91E+14	1,15E+17	2,75E+16
Y	Energía Total (Y = R + N + H + S + M)	2,19E+18	4,86E+18	3,65E+18	3,93E+18	1,98E+18
Abreviación	Índice	Índice				
%R	Renovabilidad	52,40	60,25	47,20	47,80	43,66
%H	Índice Acervo Sociocultural	47,21	39,60	52,66	49,00	54,88
%M	% Servicios externos	0,03	0,01	0,01	2,93	1,39
%S	% Materiales o Insumos externos	0,31	0,08	0,08	0,25	0,06

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca Pura Vida (Andalucía)

Abreviación	Flujos parciales de energía	Energía (sej / año)						
		Agrícola (4.088 m ²)	Frutales (482 m ²)	Huerta (135 m ²)	Fábrica concentrados (115 m ²)	Galpones (161 m ²)	Porcícola (115 m ²)	Biofábrica (57 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	1,74E+18	1,35E+18	2,79E+18	3,54E+18	3,63E+18	1,51E+18	7,18E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	1,03E+14	9,43E+14	1,68E+13	3,60E+07	9,14E+14	1,82E+14	1,44E+12
H	Acervo Sociocultural	2,36E+18	9,17E+17	1,94E+18	1,67E+18	2,29E+18	1,60E+18	2,36E+18
S	Servicios externos	2,87E+16	5,79E+15	1,27E+16	1,71E+16	1,58E+16	2,47E+13	9,26E+10
M	Materiales o Insumos externos	1,17E+13	7,60E+14	9,76E+14	1,41E+18	2,35E+17	1,44E+18	8,06E+14
Y	Energía Total (Y = R + N + H + S + M)	4,13E+18	2,28E+18	4,75E+18	6,64E+18	6,17E+18	4,55E+18	9,55E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas						
%R	Renovabilidad	42,10	59,4	58,8	53,37	58,77	33,19	75,3
%H	Índice Acervo Sociocultural	57,20	40,2	40,9	25,09	37,15	35,08	24,7
%M	% Servicios externos	0,000	0,033	0,021	21,3	3,8	31,7	0,0
%S	% Materiales o Insumos externos	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca El Mirador (Guacará)

Abreviación	Flujos parciales de energía	Emergia (sej / año)							
		SAF (3.067 m ²)	Huerta (530 m ²)	Café Sombra (2.018 m ²)	Potrero + banco Proteínas (10.284 m ²)	Frutales (2.573 m ²)	Galpones (144 m ²)	Porcícola (119 m ²)	Biofábrica (57 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	3,32E+18	7,95E+17	3,10E+18	7,10E+18	1,89E+18	3,28E+17	9,72E+17	2,78E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	4,68E+15	8,03E+14	3,15E+15	1,55E+16	3,91E+15	3,33E+14	5,37E+14	8,65E+13
H	Acervo Sociocultural	4,12E+18	1,02E+18	4,12E+18	4,12E+18	2,23E+18	9,66E+17	1,62E+18	3,43E+18
S	Servicios externos	9,15E+15	7,15E+15	8,90E+15	9,46E+15	7,63E+15	1,03E+16	1,27E+16	1,15E+13
M	Materiales o Insumos externos	6,74E+14	8,01E+14	6,72E+14	1,20E+15	6,75E+14	1,93E+16	2,41E+18	1,24E+15
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	7,46E+18	1,82E+18	7,23E+18	1,13E+19	4,13E+18	1,32E+18	5,01E+18	6,21E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas							
%R	Renovabilidad	44,49	43,6	42,8	63,1	45,74	24,80	19,40	44,8
%H	Índice Acervo Sociocultural	55,32	55,9	57,0	36,7	53,96	73,00	32,30	55,2
%M	% Servicios externos	0,009	0,044	0,009	0,011	0,0	1,5	48,0	0,0
%S	% Materiales o Insumos externos	0,1	0,4	0,1	0,1	0,2	0,8	0,3	0,0

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación energética de los subsistemas evaluados en la Finca La Piragua (Buga)

Abreviación	Flujos parciales de energía	Energía (sej / año)					
		Huerta (541 m ²)	Forrajes, bosque, guadua (24.419 m ²)	Frutales (8.567 m ²)	Galpones (75 m ²)	Bovino (115 m ²)	Biofábrica (20 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	2,69E+18	9,41E+18	4,11E+18	2,07E+17	3,93E+18	5,68E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	3,90E+14	1,23E+16	4,44E+15	7,69E+13	2,25E+14	1,00E+13
H	Acervo Sociocultural	2,59E+18	4,33E+18	4,33E+18	6,60E+17	3,62E+18	8,47E+17
S	Servicios externos	6,29E+15	4,78E+15	8,68E+15	7,06E+15	1,97E+15	2,17E+11
M	Materiales o Insumos externos	2,22E+14	1,86E+14	3,62E+14	1,40E+17	1,57E+18	5,57E+14
Y	Energía Total (Y = R + N + H + S + M)	5,29E+18	1,38E+19	8,45E+18	1,01E+18	9,12E+18	1,42E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas					
%R	Renovabilidad	50,95	68,41	48,63	20,4	43,1	40,15
%H	Índice Acervo Sociocultural	48,92	31,47	51,21	65,1	39,7	59,81
%M	% Servicios externos	0,00	0,00	0,00	13,80	17,23	0,04
%S	% Materiales o Insumos externos	0,119	0,04	0,103	0,70	0,02	0,00

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca Villa Camila (Bugá)

Abreviación	Flujos parciales de energía	Energía (sej / año)				
		Huerta (240 m ²)	Forrajes, bosque, guadua (9.269 m ²)	Café –plátano - otros (9.478 m ²)	Galpones (29 m ²)	Biofábrica (32 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	5,13E+17	1,43E+18	4,36E+18	1,53E+17	6,95E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	1,40E+14	4,65E+15	5,05E+15	2,96E+13	1,61E+13
H	Acervo Sociocultural	7,26E+17	2,63E+18	1,93E+18	3,16E+17	8,82E+17
S	Servicios externos	3,54E+15	1,87E+14	8,28E+15	7,06E+15	6,26E+11
M	Materiales o Insumos externos	9,53E+12	8,74E+12	3,66E+13	8,59E+14	5,63E+14
Y	Energía Total (Y = R + N + H + S + M)	1,24E+18	4,07E+18	6,30E+18	4,78E+17	1,58E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas				
%R	Renovabilidad	41,31	35,25	69,21	32,08	44,07
%H	Índice Acervo Sociocultural	58,39	64,63	30,58	66,26	55,90
%M	% Servicios externos	0,00	0,00	0,00	0,18	0,0357
%S	% Materiales o Insumos externos	0,28	0,00	0,13	1,48	0,0000

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca Las Brisas-Miraflores (El Dovio)

Abreviación	Flujos parciales de emergia	Emergia (sej / año)					
		SAF (23.000 m ²)	Huerta (416 m ²)	SSPi - Plátano (34.586 m ²)	Bovino (110 m ²)	Porcícola (36 m ²)	Biofábrica (105 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	8,10E+18	2,21E+18	1,00E+19	3,60E+18	1,36E+17	4,54E+18
N	Recursos Naturales No Renovables	1,78E+16	3,18E+14	2,61E+16	2,58E+14	8,82E+13	7,92E+13
H	Acervo Sociocultural	3,91E+18	1,77E+18	3,91E+18	3,91E+18	4,31E+17	3,91E+18
S	Servicios externos	2,39E+16	2,03E+16	1,98E+16	9,06E+15	1,31E+16	3,90E+15
M	Materiales o Insumos externos	2,71E+16	8,54E+14	6,15E+15	7,85E+14	3,61E+17	5,71E+14
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	1,21E+19	4,00E+18	1,40E+19	7,53E+18	9,41E+17	8,45E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas					
%R	Renovabilidad	67,04	55,19	71,69	47,90	14,40	53,68
%H	Índice Acervo Sociocultural	32,39	44,28	27,94	52,00	45,80	46,27
%M	% Servicios externos	0,20	0,00	0,00	0,00	38,40	0,00
%S	% Materiales o Insumos externos	0,20	0,50	0,10	0,10	1,40	0,00

Fuente: Elaboración propia

Consolidado Evaluación emergética de los subsistemas evaluados en la Finca El Placer-Corbones (El Dovio)

Abreviación	Flujos parciales de emergencia	Emergia (sej / año)					
		Café, guamo, plátano (6.000 m ²)	Huerta (500 m ²)	Frutales, pancoger (5.000 m ²)	Bovino (50 m ²)	Porcícola (65 m ²)	Biofábrica (20 m ²)
R	Recursos Naturales Renovables	2,31E+18	5,77E+17	4,30E+18	2,78E+18	3,93E+17	7,67E+17
N	Recursos Naturales No Renovables	4,66E+15	1,52E+17	3,84E+15	9,34E+13	1,60E+14	1,52E+13
H	Acervo Sociocultural	2,96E+18	1,61E+18	2,96E+18	1,94E+18	1,13E+18	1,13E+18
S	Servicios externos	1,92E+16	2,66E+14	2,04E+16	2,51E+15	2,50E+15	3,30E+11
M	Materiales o Insumos externos	8,55E+15	9,79E+14	4,05E+15	5,56E+14	3,01E+17	3,15E+14
Y	Emergia Total (Y = R + N + H + S + M)	5,30E+18	2,34E+18	7,29E+18	4,72E+18	1,82E+18	1,90E+18
Abreviación	Índice	Valor Índice de subsistemas					
%R	Renovabilidad	43,59	24,62	58,99	58,80	21,50	40,48
%H	Índice Acervo Sociocultural	55,80	68,87	40,63	41,10	61,80	59,50
%M	Servicios externos	0,20	0,00	0,10	0,00	16,50	0,00
%S	Materiales o Insumos externos	0,40	0,00	0,30	0,10	0,10	0,00

Fuente: Elaboración propia

Bibliografía

- Abel, T. (2000). *Ecosystems, Sociocultural Systems, and Ecological Economics for Understanding Development: The Case of Ecotourism on the Island of Bonaire, N.A.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Abel, T. (2010). *Human transformities in a global hierarchy : Emergy and scale in the production of people and culture.* *Ecological Modelling*, 221(17), 2112–2117. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.05.014>
- Abel, T. (2013). *Emergy evaluation of DNA and culture in “information cycles.”* *Ecological Modelling*, 251, 85–98. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.11.027>
- Acevedo Latorre, E. (1954). *Panorama geo-económico del departamento del Valle del Cauca.* *Revista del departamento administrativo nacional de estadística.*
- Agostinho, F., & Ortega, E. (2012). *Integrated food, energy and environmental services production as an alternative for small rural properties in Brazil.* *Energy*, 37(1), 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.003>
- Alcaldía de Andalucía. (n.d.). *Alcaldía de Andalucía.* Retrieved March 2, 2018, from <http://www.valledelcauca.com/andalucia.php>
- Alcaldía de El Dovio. (2012). *Plan de Desarrollo El Dovio 2012 - 2015.* <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos PDF/el dovio valle del cauca pd 2012 - 2015.pdf>
- Alcaldía de Guacarí. (n.d.). *Alcaldía de Guacarí.* Retrieved March 2, 2018, from <http://www.guacari-valle.gov.co/>
- Alcaldía de Guadalajara de Buga. (n.d.). *Alcaldía de Guadalajara de Buga.* Retrieved March 2, 2018, from <http://www.guadalaradebuga-valle.gov.co/>
- Alcaldía de Sevilla. (n.d.). *Municipio de Sevilla.* Retrieved March 1, 2018, from <http://www.sevilla-valle.gov.co>
- Altieri, M. A. (2011). *Agroecology: the science of sustainable agriculture.* In *Introducción a la Agroecología.*
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable (1st ed.).*
- Altieri, M.A. (2018). *Agroecología, capitalismo y cambio climático.* In *La Jornada* (pp. 1–

3).

Altieri, M.A., Funes, F., Petersen, P., Tomic, T., & Medina, C. (2011). *Sistemas agrícolas ecológicamente eficientes para los pequeños agricultores* (p. 27).

Altieri, M.A., & Nicholls, C. I. (2007). *Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción : teoría, estrategias y evaluación*. 16(1), 3–12.

Altieri, Miguel. (2010). *Vertientes del pensamiento agroecológico: Fundamentos y Aplicaciones*. 293.

Altieri, Miguel A. (1995). *El “estado del arte de la agroecología y su contribución al desarrollo rural en America Latina*. In A. Cardenas Marín (Ed.), *Agricultura y desarrollo sostenible* (pp. 149–203).

Alvarez, S., Lomas, P. L., Martín, B., Rodríguez, M., & Montes, C. (n.d.). *La Síntesis Emergética (“Emergy Synthesis”)*. *Integrando Energía, Ecología y Economía* (Issue January).

Asoporcicultores - FNP. (2016). *Análisis de coyuntura del sector porcicultor año 2015*. 57(66), 16.
http://porcicol.org.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2015/Inf_Economico2015.pdf

Ávila, F. (2016). *Balance Avícola 2015 y expectativas 2016*.
[http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234_Balanc e \(1\).pdf](http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234_Balanc e (1).pdf)

Bastianoni, S., & Marchettini, N. (2000). *The problem of co-production in environmental accounting by emergy analysis*. *Ecological Modelling*, 129(2–3), 187–193.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00232-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00232-5)

Bastianoni, S., Morandi, F., Flaminio, T., Pulselli, R. M., & Tiezzi, E. B. P. (2011). *Emergy and emergy algebra explained by means of ingenuous set theory*. *Ecological Modelling*, 222(16), 2903–2907. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.05.013>

Bergquist, D. A., Ingwersen, W., & Liebenow, D. K. (2011). *Emergy in Labor – Approaches for Evaluating Knowledge*. *Emergy Synthesis* 6, December, 501–508.

BIRF-AIF, DNP, MADR, & PROFOR. (2015). *COLOMBIA: Potencial de Reforestación Comercial*. 1, 53.

Brandt-Williams, S. L. (2002). *Folio # 4 (2nd printing) Emergy of Florida Agriculture* (Vol. 4, Issue September).

Brown, M. T., & McClanahan, T. R. (1996). *EMergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals*. *Ecological Modelling*, 91(1–3), 105–130.
[https://doi.org/10.1016/0304-3800\(95\)00183-2](https://doi.org/10.1016/0304-3800(95)00183-2)

Brown, M.T., & Ulgiati, S. (2010). *Putting metabolic patterns of society within a larger perspective*. In J. Ramos-Martín, M. Giampietro, S. Ulgiati, & S. G. F. Bukkens

- (Eds.), *Can we break the addiction to fossil energy?* (Universita, pp. 7–16).
- Brown, M T, & Ulgiati, S. (1997). *Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation*. 9, 51–69.
- Brown, M T, & Ulgiati, S. (2002). *Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems*. 10, 321–334.
- Brown, M T, & Ulgiati, S. (2004). *Emergy, transformity and ecosystem health*. *Handbook of Ecosystem Health*, December 2015, 331–350.
- Brown, Mark T., Campbell, D. E., De Vilbiss, C., & Ulgiati, S. (2016). *The geobiosphere emergy baseline: A synthesis*. *Ecological Modelling*, 339, 92–95.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.03.018>
- Brown, Mark T., & Ulgiati, S. (2004). *Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems*. *Ecological Modelling*, 178(1–2), 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.03.002>
- Brown, Mark T., & Ulgiati, S. (2010). *Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: A review and refinement of the emergy baseline*. In *Ecological Modelling* (Vol. 221, Issue 20). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.06.027>
- Brown, Mark T, & Buranakarn, V. (2000). *Emergy Evaluation of Material Cycles and Recycle Options*. In *Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology*.
- Brown, Mark T, & Herendeen, R. A. (1996). *Embodied energy analysis and EMERGY analysis: a comparative view*. *Ecological Economics*, 19(3), 219–235.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00046-8)
- Buitrago Soto, C. E. (2014). *Sostenibilidad del Páramo de Guerrero. Una aproximación desde la emergía*. 170. <http://www.bdigital.unal.edu.co/40028/>
- Cámara de Comercio de Tuluá. (n.d.). *Camara de Comercio de Tuluá*.
https://camaratulua.org/area_influencia/tulua/%0A
- Camargo, J. C., Rodríguez, J. A., & Arango, A. M. (2011). *Crecimiento y fijación de carbono en una plantación de guadua en la zona cafetera de Colombia*. *Recursos Naturales y Ambiente*, 61, 86–94.
- Campbell, D. E. (1998). *Emergy analysis of human carrying capacity and regional sustainability: An example using the State of Maine*. In *Environmental Monitoring and Assessment* (Vol. 51, Issues 1–2, pp. 531–569).
<https://doi.org/10.1023/A:1006043721115>
- Campbell, D. E. (2016). *Emergy baseline for the Earth: A historical review of the science and a new calculation*. *Ecological Modelling*, 339, 96–125.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.12.010>

- Campbell, E. T., & Brown, M. T. (2012). *Environmental accounting of natural capital and ecosystem services for the US National Forest System*. *Environment, Development and Sustainability*, 14(5), 691–724. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9348-6>
- Campbell, E. T., & Tilley, D. R. (2016). *Relationships between renewable energy storage or flow and biodiversity: A modeling investigation*. *Ecological Modelling*, 340, 134–148. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.08.004>
- Campo, M. para la T. del. (2015). *Política Nacional de Promoción de Exportaciones Agropecuarias (Informe para la Misión para la Transformación del Campo)*.
- Castiblanco, C. (2007). *La economía ecológica: Una disciplina en busca de autor*. 10(3).
- Cavalett, O., Queiroz, J. F. De, & Ortega, E. (2006). *Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil*. *Ecological Modelling*, 193(3–4), 205–224. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.07.023>
- CCCP. (2012). *Boletín meteomarinero mensual del Pacífico colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinámica (Séptima ed)*.
- CIOH. (2015). *Caracterización de las condiciones meteorológicas y oceanográficas en el Caribe colombiano 2014*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe. 1–63.
- Coelho, O., Ortega, E., & Comar, V. (1998). *Balanço De Emergia Do Brasil*.
- Cohen, M. J., Sweeney, S., & Brown, M. T. (2007). *Computing the Unit Emergy Value of Crustal Elements*. In *Emergy synthesis 4: Theory and Applications of the Emergy Methodology (Issue December, pp. 16.1-16.12)*.
- CORPOICA. (2008). *Tecnología para el Cultivo del Aguacate*.
- Corrêa, T. (2006). *Avaliação emergética de propriedades agrosilvipastoris do Brasil e da Colômbia*. 194.
- Costanza, R., Arge, R., Groot, R. De, Farber, S., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., & Neill, R. V. O. (1997). *The Value of the World 's Ecosystem Services and Natural Capital by*. *Nature*, 387, 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- CVC. (2013). *Geoportal de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC*. <http://www.geo.cvc.gov.co/visor/>
- DANE. (2007). *Proyecciones de población 2005-2020. Colombia. Tablas abreviadas de mortalidad nacionales y departamentales 1985-2020*. In *Proyecciones de población 2005-2020 (pp. 4–22)*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/8Tablasvid a1985_2020.pdf

- DANE. (2015). *Boletín Técnico. Mercado Laboral por Sexo* (pp. 1–24).
- DANE. (2016a). *Boletín Técnico. Cuentas Departamentales - Colombia*.
- DANE. (2016b). *Boletín técnico Comercio Exterior – Importaciones*. 1–27.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/importaciones/bol_impo_dic15.pdf
- DANE. (2016c). *Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2015* (pp. 1–25).
- DANE. (2016d). *Ganadería bovina para la producción de carne en Colombia, bajo las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG). Boletín Mensual Insumos y Factores Asociados a La Producción Agropecuaria*, 2–4.
http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8170/1/Bol_Insumos_feb_2016.pdf%0Ahttps://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_feb_2016.pdf
- DANE. (2017a). *Cuenta ambiental y económica: flujos de productos del bosque 2014 – 2015*.
<http://www.dian.gov.co/dian/14cifrasgestion.nsf/e7f1561e16ab32b105256f0e00741478/a02b47038628e5610525733e0059549a?OpenDocument>
- DANE. (2017b). *Indicadores Coyunturales*.
- DANE. (2018). *Colombia, exportaciones según capítulos del arancel 2008-2018*.
- DIAN. (2015). *Anexos Boletín Enero Diciembre 2014 2015*.
- Díaz G., R. (2010). *Huellas destructivas de la agricultura comercial en el paisaje del valle del cauca, Colombia, 1950-1975*. *Entramado*, 6, 140–156.
- Dirección de Minería Empresarial. (2016a). *Análisis de las exportaciones mineras del mes de diciembre de 2015* (pp. 1–25).
- Dirección de Minería Empresarial. (2016b). *Producción y exportaciones de metales preciosos en Colombia 2015*.
- Doherty, S. J., Murphy, R. C., Odum, H. T., & Smith, G. A. (1993). *Emergy Synthesis Perspectives, Sustainable Development and Public Policy Options for Papua New Guinea*. <http://ufdc.ufl.edu//AA00004018/00001>
- Escola Paulista de Medicina/Unifesp. (2014). *Tabela de Composição Química dos Alimentos*. <http://tabnut.dis.epm.br/>
- FEDEACUA. (2014). *Producción de la acuicultura Colombiana 2004-2014*. *Federación Colombiana de Acuicultores* (pp. 1–2).
- Franzese, P. P., Rydberg, T., Russo, G. F., & Ulgiati, S. (2009). *Sustainable biomass production: A comparison between Gross Energy Requirement and Emergy Synthesis methods*. *Ecological Indicators*, 9(5), 959–970.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.11.004>

- García-García, J., Collazos, M. M., López, D. C., & Montes-Uribe, E. (2017). *Los Costos de Comerciar en Colombia – Resultados de la Encuesta de Comercio Exterior del Banco de la República* (p. 52).
http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/borradores_de_economia_1015.pdf
- Garrat, J. R. (1977). *Review of Drafc Coefficients over Oceans and Continents*. *Monthly Weather Review*, 915–929.
- Gliessman, S.R. (2015). *Agroecology; the ecology of sustainable food systems*.
- Gliessman, Stephen R. (2015). *Agroecology. The Ecology of Sustainable Food Systems* (C. Press (ed.); Third Edit).
- Gudynas, E. (2000). *Los límites de la sustentabilidad débil, y el tránsito desde el capital natural al patrimonio ecológico*. 4(11), 7–11.
- Haden, A. C. (2002). *Emergy Analysis of Food Production at S & S Homestead Farm*. S&S Center for Sustainable Agriculture.
- Himemblau, D. M. (1997). *Principios Básicos y Cálculos de Ingeniería Química* (6a ed.). Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuter Company.
- ICA. (2014). *Estadísticas de comercialización de plaguicidas químicos de uso agrícola 2013*. www.ica.gov.co
- IDEAM. (n.d.). *Promedios Climatológicos 1981 - 2010*.
<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- IDEAM. (2010a). *Régimen de la marea en diferentes puntos de las costas colombianas*. In *Ideam* (Vol. 64, Issue 6, p. 21). <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- IDEAM. (2010b). *Sistemas morfogénicos del Territorio Colombiano*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2012). *Sólidos Suspendidos Totales, por años, según corriente*. Instituto de Hidrología Meterorología y Estudios Ambientales de Colombia. www.ideam.gov.co
- IDEAM. (2014). *IRRADIACIÓN GLOBAL HORIZONTAL MEDIO DIARIO ANUAL* (p. 78).
<http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/RadiacionSolar13.pdf>
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. In *Estudio Nacional del Agua 2014*.
- Jaramillo-Jaramillo, D. F. (n.d.). *La ciencia del suelo*.
- Juncosa, R. (2005). *Capítulo 5. Escorrentía*. In *Hidrología I: Ciclo Hidrológico* (pp. 65–84).
- Kangas, P. C. (2002). *Folio # 5 Emergy of Landforms*. *Agriculture*, 4(September), 1–40.
- León, T y Altieri, A. (2010). *Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un Programa de Doctorado Latinoamericano en Agroecología*. In

- Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones (Primera ed, pp. 1–32).*
- Liu, G., Yang, Z., Chen, B., & Zhang, L. (2011). Analysis of resource and emission impacts: An emergy-based multiple spatial scale framework for urban ecological and economic evaluation. *Entropy*, 13(3), 720–743. <https://doi.org/10.3390/e13030720>
- Lomas, P. L., & Martín-lópez, M. B. (2005). El Sistema de Evaluación Emergética (*Emergy Synthesis*). *Integrando Energía , Ecología y Economía*. January.
- Luchi, F., & Ugiati, S. (2000). *Energy and Emergy Assessment of Municipal Waste Collection. A case study.*
- Martínez Alier, J. (1999). *Introducción a la economía ecológica.*
- McLachlan-Karr, J., & Odum, H. T. (2001). *Evaluation of Ecotourism and Resources use in Cuba.*
- Miller, G. R. (1966). The flux of tidal energy out of the deep oceans. *Journal of Geophysical Research*, 71(10), 2485–2489. <https://doi.org/10.1029/JZ071i010p02485>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, & Mesa Técnica de Agricultura Familiar y Campesina. (2017). *lineamientos estratégicos de política pública.*
- Ministerio de Educación. (2016). *Estadísticas de Educación Superior.* https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjoioLp7JbYAhUJ6CYKHS2SA8UQFggxMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.mineducacion.gov.co%2Fsistemasdeinformacion%2F1735%2Farticles-212350_Estadisticas_de_Educacion_Superior_.xl
- Muñoz C., J. S. (2018). *Renovabilidad en elaboración de Biopreparados en Fincas Familiares Agroecológicas Campesinas. Casos de estudio - Valle del Cauca.*
- National Agricultural Library. (n.d.). *National Nutrient Database for Standard - USDA.* Retrieved September 25, 2017, from <http://tabnut.dis.epm.br/alimento>
- NEAD. (2010). *NOTES AND CALCULATIONS FOR NEAD (TABLE 1).* <https://cep.ees.ufl.edu/nead/metadata.php>
- NEAD. (2012). *National Environmental Accounting Database.*
- Odum, E. P., & Warrett, G. W. (2006). *Fundamentos de Ecología (Thomson).*
- Odum, H.T. (1989). *Ecological Engineering and Self-Organizations (Jhon Wiley).*
- Odum, H.T., & Odum, E. C. (2012). *O Declínio Próspero, Principios y políticas.*
- Odum, Howard T. (1971). *Environment, power and society (Wiley & So).*
- Odum, Howard T. (1995). *Self-Organization and Maximum Empower. In Maximum Power.*

- Odum, Howard T. (1996). Scales of ecological engineering. *Ecological Engineering*, 6(1–3), 7–19. [https://doi.org/10.1016/0925-8574\(95\)00049-6](https://doi.org/10.1016/0925-8574(95)00049-6)
- Odum, Howard T. (1973). *Energy, Ecology, and Economics*. *Ambio*, 2(6), 220–227. <http://www.jstor.org/stable/4312030>
- Odum, Howard T. (1975). *Energy quality and carrying capacity of the earth*. *Tropical Ecology*, 16(1), 14.
- Odum, Howard T. (1988). *Self-Organization, Transformity, and Information*. *Science*, 242(4882), 1132–1139.
- Odum, Howard T. (1996). *Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making* (J. Wiley & I. Sons (eds.)).
- Odum, Howard T. (2000). *Folio # 2 Emergy of Global Processes (Issue May)*.
- Odum, Howard T. (2007). *Environment, Power and Society for the Twenty-First Century: The Hierarchy of Energy*. *Energy*, 50(2), 432. <https://doi.org/10.7312/odum12886>
- Odum, Howard T., Brown, M. T., & Brandt-williams, S. (2000). *Folio # 1 Introduction and Global Budget*.
- Odum, Howard T., & Odum, E. C. (1983). *Energy Analysis Overview of Nations*. IISA, September, WP-83-82. <http://webarchive.iiasa.ac.at/Admin/PUB/Documents/WP-83-082.pdf>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2005). *Energy use in agriculture: an overview*. *LEISA Indian*, 7(1), 5–7.
- Prado-Jatar, M. A., & Brown, M. T. (1997). *Interface ecosystems with an oil spill in a Venezuelan tropical savannah*. *Ecological Engineering*, 8(1), 49–78. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(96\)00252-2](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(96)00252-2)
- Presidencia de República de Colombia. (1996). *Decreto 114 del 15 de enero de 1996 (pp. 2–5)*.
- Quiroz-marín, T., & Hincapié-Gómez, E. (2007). *Pérdidas de suelo por erosión en sistemas de producción de café con cultivos intercalados*. 58(3), 227–235.
- Reina Valera. (1960). *Santa Biblia. Antigua Versión de Casiodoro de Reina (1569)*.
- Rodríguez, J Alexander, Sepúlveda, I. C., Camargo, J. C., & Galvis, J. H. (2009). *Pérdidas de suelo y nutrientes bajo diferentes coberturas vegetales en la zona Andina de Colombia cafetera de Colombia*. *Acta Agronómica*, 58, 160–166.
- Rodríguez, Jose Alexander, & García-Camargo, J. C. (n.d.). *Erosión y escorrentía: indicadores de respuesta temprana del suelo a distintas coberturas en la zona cafetera de Colombia*. *Recursos Naturales y Ambiente*, 58, 25–31.
- Rodríguez Salcedo, J. (2005). *Propuesta metodológica para realizar Balances de masa y energéticos en una región agroecológica*. Universidad del Valle Cali Colombia.

- Roncon, T. J. (2011). *VALORAÇÃO ECOLÓGICA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.
- SAC. (2016). *Situación y perspectivas del Agro Colombiano*. Sociedad de Agricultores de Colombia (pp. 1–39). www.sac.org.co
- San-Miguel, G., & Gutierrez, F. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética (Mundi-Pren)*.
- Sánchez, D. I. (2016). *Evaluación De Servicios Ecosistémicos Generados En La Agricultura Familiar Agroecológica Campesina (Afac) Del Centro Del Departamento Del Valle Del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sarandon, S., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. In *Agroecología : bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. <https://doi.org/E-Book>
- Sarandón, S. J., & Flores, C. C. (2014). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de los Agroecosistemas sustentables* (S. J. Sarandón & C. C. Flores (eds.); 1a ed.). <https://doi.org/E-Book>
- Sarcinelli, O., Reydon, B., & Ortega, E. (1996). *ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA E ECOLÓGICA DA CAFEICULTURA PARA PEQUENAS PROPRIEDADES*.
- Sclater, J. G., Jaupart, C., & Galson, D. (1980). *The Heat Flow Through Oceanic and Continental Crust and the Heat Loss of the Earth*. *Review of Geophysics and Space Physics*, 18(1), 269–311.
- SENA. (2012). *Circular No. 0346 de 2012 Competencias Básicas*. Servicio Nacional de Aprendizaje. 8.
- SENA. (2016). *Reporte de datos de formación profesional en Colombia 2016*.
- SIB. (2016). *Biodiversidad en Cifras*.
- Sotomayor, E. (2013). *Análisis emergético y territorial de agroecosistemas campesinos. Estudio de caso Hijueta N°5 Pilolcura, Valdivia*. *In Vitro*, 3, 1–115. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/myaccess.library.utoronto.ca/pubmed/11720961>
- Stewart, D. A. W., F., M. J., & Levy-Tacher, and S. (2005). *Emergy Evaluation of Lacandon Maya Agroforestry in Chiapas, Mexico*. In *EMERGY SYNTHESIS 3* (Issue November, pp. 465–487).
- Suárez P., A. C. (2014). *Evaluación de la Agrobiodiversidad en fincas campesinas agroecologicas y conveniconales en el centro del departamento del Valle del Cauca, Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Suarez R., G. (n.d.). *Red de Mercados Agroecológicos Campesinos del Valle del Cauca, Colombia*.

- Sweeney, S., Cohen, M. J., King, D., & Brown, M. T. (2007). *Creation of a Global Emergy Database for Standardized National Emergy Synthesis*. In *Emergy Synthesis 4: Theory and Applications of the Emergy Methodology (Issue December)*. The Center for Environmental Policy.
- Tecnicaña. (2005). *Notas Técnicas*. In *Tecnicaña (Vol. 9, Issue 17, p. 40)*.
- Truque, G. F. (1997). *Mares y Fronteras*. 1–8. www.sogeocol.edu.co
- Ulgiati, S., Odum, H. T., & Bastianoni, S. (1994). *Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy*. In *Ecological Modelling (Vol. 73, Issues 3–4, pp. 215–268)*. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(94\)90064-7](https://doi.org/10.1016/0304-3800(94)90064-7)
- Universidad del Valle. (2001). *Resolución No. 027 de Marzo 8 de 2001 (Issue 027)*. <http://www.univalle.edu.co/>
- Universidad Nacional de Colombia. (2005). *Acuerdo No. 037*. http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=34914
- Universidad Nacional de Colombia. (2017). *Acuerdo 033 de 2017*.
- Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. (2010). *Resolución 21 de 2010*.
- UPME. (2007). *Balance energético nacional 1975-2006*. 39.
- UPME. (2014). *CAPACIDAD INSTALADA DE AUTOGENERACIÓN Y COGENERACIÓN EN SECTOR DE INDUSTRIA , PETRÓLEO , COMERCIO Y PÚBLICO DEL PAÍS INFORME FINAL Presentado a : UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA-UPME (p. 237)*.
- UPME. (2016a). *Balance de Gas Natural en Colombia 2016-2025. Unidad de Planeación Minero Energética (Issue 69, p. 33)*. www.upme.gov.co
- UPME. (2016b). *Boletín Estadístico de Minas y energía 2012 – 2016*.
- UPME. (2016c). *Calculadora FECOC*. http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html
- UPME. (2016d). *Plan transitorio de abastecimiento de gas natural (p. 169)*.
- UPME, & IDEAM. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*.
- UPME, & IDEAM. (2006). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Unidad de Planeación Minero Energética & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (p. 169)*. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- UPME, IDEAM, COLCIENCIAS, & UIS. (2013). *Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia*. In *Journal of Chemical Information and Modeling (Vol. 53, Issue 9)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Villalobos, I. D. L., & Salcedo, J. R. (2013). *Análisis energético de la sostenibilidad*

- ambiental del municipio de Palmira (Colombia). Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 4(2), 67–96. <https://doi.org/10.22490/21456453.977>*
- Vivas, M. B., & Brown, M. T. (2006). *Areal Empower Density and landscape Development Intensity (LDI) Indices for Wetlands of the Bayou Meto Watershed, Arkansas. October.*