



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

**MAESTRIA EN ENERGIAS RENOVABLES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN ENERGÍAS  
RENOVABLES**

**“CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO  
RENOVABLE PARA UNA FINCA AGROECOLÓGICA”**

**AUTOR: MORENO MORENO, FAUSTO ALFREDO  
DIRECTOR: NARVÁEZ MUÑOZ, CHRISTIAN PATRICIO**

**SANGOLQUÍ**

**2016**

## CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



### VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA MAESTRÍA EN ENERGIAS RENOVABLES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE PARA UNA FINCA AGROECOLÓGICA**” realizado por el señor **FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO** para que lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 20 de Julio del 2016**



CHRISTIAN PATRICIO NARVÁEZ MUÑOZ  
DIRECTOR

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



### VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA MAESTRÍA EN ENERGIAS RENOVABLES

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO**, con cédula de identidad N° 0601888, declaro que este trabajo de titulación “**CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE PARA UNA FINCA AGROECOLÓGICA**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Sangolquí, 20 de Julio del 2016**



FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO

C.C. 060188811-8

## AUTORIZACIÓN



### VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA MAESTRÍA EN ENERGIAS RENOVABLES

#### AUTORIZACIÓN

Yo, **FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**CARACTERIZACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVABLE PARA UNA FINCA AGROECOLÓGICA**” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Sangolquí, 20 de Julio del 2016**

FAUSTO ALFREDO MORENO MORENO

C.C. 060188811-8

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a todas las personas que he tenido la oportunidad de conocer durante el camino emprendido en mi vida, con ellos he formado una comunidad de amigos y han sido parte de este importante proceso de investigación al brindarme su apoyo, conocimientos, comentarios y tiempo. Quiero dedicar esta tesis a mi familia: Carito, Andrés y Cumandá con ustedes comparto la alegría y la esperanza de la vida con la comida y experiencias de la vida en la finca.

## **AGRADECIMIENTO**

En esta investigación me han acompañado personas muy valiosas. Es por esto que aprovecho estas líneas para agradecer:

A mi familia ampliada: Hilda, Patricia, Angelina, Mercedes, Daniel, Andrea, Micaela, Mauro, Carlos y Fausto, ellos me han enseñado que lo sencillo es hermoso.

A mis amigos: Margarita, Ria, Hedwig, Kayapa y Lilian con quienes he caminado y me han acompañado en este bosque.

Y a todos los campesinos e indígenas que me han abierto las puertas de su casa y de su corazón haciéndome sentir como parte de su familia.

## INDICE

<b>CERTIFICADO DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>III</b>
<b>AUTORIZACIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Antecedentes.....</i>	<i>1</i>
1.1 <i>Definición del problema .....</i>	<i>4</i>
1.2 <i>Objetivo .....</i>	<i>6</i>
1.3 <i>Justificación .....</i>	<i>7</i>
1.4 <i>Alcance.....</i>	<i>9</i>
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1 <b>CARACTERIZACIÓN DE LA ENERGÍA EN LA FINCA AGROECOLÓGICA –</b>	
<b>FUNDACIÓN MASHCANA.....</b>	<b>10</b>
2.1.1 <i>Energía solar.....</i>	<i>11</i>
2.1.2 <i>Energía Eólica.....</i>	<i>14</i>
2.1.3 <i>Biomasa.....</i>	<i>18</i>

2.2 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DE BALANCES	
ENERGÉTICOS .....	21
2.2.1 <i>En la vivienda</i> .....	22
2.2.2 <i>En la producción</i> .....	23
2.2.3 <i>En la transformación de productos agrícolas</i> .....	23
2.3 <i>Metodología para la recolección de datos</i> .....	24
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>27</b>
<b>CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA AGROECOLÓGICA Y AGROQUÍMICA</b>	<b>27</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA, PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN EN LA FINCA AGROQUÍMICA.....	28
3.1.1 <i>Características de la vivienda</i> .....	28
3.1.2 <i>Características de Producción</i> .....	29
3.1.3 <i>Características del proceso de transformación de productos agrícolas</i> .....	30
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA, PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN EN LA FINCA.....	30
3.2.1 <i>Características de la vivienda</i> .....	30
3.2.2 <i>Características de la producción</i> .....	32
3.2.3 <i>Características del proceso de transformación de productos agrícolas</i> .....	33
3.3 COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE VIVIENDA, PRODUCCIÓN Y TRANSFORMACIÓN EN LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	36
3.3.1 <i>Características de la vivienda</i> .....	36
3.3.2 <i>Características de la producción</i> .....	38
3.2 NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA...	39
3.2.1 <i>Cálculos previos para el cálculo de necesidades energéticas</i> .....	39
3.2.1.2 <i>Biomasa</i> .....	40
3.2.2 <i>Necesidades de energía en la vivienda, producción de maíz, y transformación en la finca agroquímica y agroecológica</i> .....	45

3.2.3 <i>Residuos en la finca agroquímica y agroecológica</i> .....	54
3.2.4 <i>Emisiones en la finca agroquímica y agroecológica</i> .....	58
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>60</b>
<b>MATRIZ ENERGÉTICA</b> .....	<b>60</b>
4.1 MATRIZ ENERGÉTICA DE LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	60
4.1.1 <i>Finca agroquímica</i> .....	60
4.1.2 <i>Matriz energética de la finca agroecológica</i> .....	62
4.1.3 <i>Comparación matriz energética de la finca agroquímica y agroecológica</i> .....	67
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>69</b>
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>69</b>
5.1 APORTE ENERGÉTICO DE FUENTES RENOVABLES .....	69
5.2 ANÁLISIS DEL COSTO ECONÓMICO DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE Y NO RENOVABLE EN LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	72
5.2.1 <i>En la vivienda</i> .....	72
5.2.2 <i>En la producción</i> .....	74
5.2.3 <i>En la transformación</i> .....	75
5.3 COSTO AMBIENTAL EN LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	76
5.3 IMPLICACIONES ÉTICAS DEL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES Y NO RENOVABLES EN LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	78
5.3.1 <i>Responsabilidad ambiental</i> .....	78
5.3.2 <i>Implicaciones éticas</i> .....	79
5.4 PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA DE LA FINCA AGROQUÍMICA Y AGROECOLÓGICA .....	81
5.4.1 <i>Finca agroquímica</i> .....	81
5.4.2 <i>Finca agroecológica</i> .....	83
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>84</b>

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	84
6.2 RECOMENDACIONES .....	87
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Producción de energía anual del Ecuador.....	1
<b>Tabla 2</b> Horas de sol en el cantón Riobamba.....	13
<b>Tabla 3</b> Cálculo del poder calorífico de las especies forestales de la finca agroecológica.....	20
<b>Tabla 4</b> Análisis del flujo de energía en la vivienda.....	22
<b>Tabla 5</b> Flujo de energía en la finca agroecológica.....	23
<b>Tabla 6</b> Energía necesaria para el procesamiento de productos agrícolas.....	24
<b>Tabla 7</b> Ubicación de las ventanas.....	31
<b>Tabla 8</b> Comparación de materiales de construcción de las viviendas.....	37
<b>Tabla 9</b> Manejo de desechos en las viviendas.....	37
<b>Tabla 10</b> Comparación de cultivos y ganado en una finca agroquímica y agroecológica.....	39
<b>Tabla 11</b> Especies forestales de la finca agroecológica.....	41
<b>Tabla 12</b> Biomasa de las especies forestales de la finca agroecológica.....	41
<b>Tabla 13</b> Energía obtenida en el cultivo de maíz en la finca agroquímica.....	46
<b>Tabla 14</b> Energía utilizada en el cultivo de maíz.....	46
<b>Tabla 15</b> Consumo mensual de electricidad de la vivienda.....	51
<b>Tabla 16</b> Energía obtenida en el cultivo de maíz en la finca agroecológica.....	52
<b>Tabla 17</b> Energía utilizada en el cultivo de maíz.....	53
<b>Tabla 18</b> Emisiones de gases: finca agroecológica y agroquímica.....	59
<b>Tabla 19</b> Matriz energética vivienda de la finca agroquímica.....	60
<b>Tabla 20</b> Matriz energética producción finca agroquímica.....	61
<b>Tabla 21</b> Matriz energética vivienda de la finca agroecológica (1).....	63
<b>Tabla 22</b> Matriz energética vivienda finca agroecológica (2).....	64
<b>Tabla 23</b> Matriz energética producción finca agroecológica.....	65
<b>Tabla 24</b> Matriz energética transformación finca agroecológica.....	66
<b>Tabla 25</b> Matriz energética producción agroecológica (1,2) y agroquímica.....	67

<b>Tabla 26</b> Aporte energético de los recursos renovables en la finca agroquímica y agroecológica .....	69
<b>Tabla 27</b> Implicaciones éticas del uso de energías .....	79

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Incremento de producción energética en el país.....	2
<b>Figura 2</b> Incremento del uso de energías renovables en la producción energética del país.....	3
<b>Figura 3</b> Radiación solar en la provincia de Chimborazo .....	14
<b>Figura 4</b> Datos meteorológicos de la ciudad de Riobamba .....	16
<b>Figura 5</b> Histograma de la dirección del viento, Riobamba .....	16
<b>Figura 6</b> Ciclo del Carbono.....	19
<b>Figura 7</b> Sitios de medición para el cálculo de la matriz energética de la finca agroecológica y agroquímica .....	26
<b>Figura 8</b> Ubicación de las viviendas para la comparación de datos de temperatura.....	27
<b>Figura 9</b> Vivienda ubicada en la finca agroquímica.....	28
<b>Figura 10</b> Vivienda ubicada en la finca agroecológica .....	30
<b>Figura 11</b> Procesamiento de granos en la finca agroecológica.....	34
<b>Figura 12</b> Procesamiento de frutas en la finca agroecológica.....	35
<b>Figura 13</b> Procesamiento de la leche en la finca agroecológica .....	36
<b>Figura 14</b> Análisis comparativo de temperatura en las viviendas.....	38
<b>Figura 15</b> Datos de temperatura y humedad promedio de la ciudad de Riobamba, Estación meteorológica ESPOCH .....	40
<b>Figura 16</b> Biomasa obtenida de la poda de árboles frutales y arbustos de las cortinas rompe vientos.....	42
<b>Figura 17</b> Elaboración de bio-fertilizante .....	42
<b>Figura 18</b> Partes de la mazorca de maíz.....	43
<b>Figura 19</b> Distribución de peso de una mazorca de maíz tierno .....	44
<b>Figura 20</b> Proceso para calcular la biomasa .....	47
<b>Figura 21</b> Representación de datos en la cartilla psicométrica .....	49
<b>Figura 22</b> Consumo energético en la vivienda (Oct 2012 – Dic 2015) .....	51
<b>Figura 23</b> Consumo mensual de energía de la vivienda .....	52
<b>Figura 24</b> Desechos generados en la vivienda .....	56

<b>Figura 25</b> Reciclado de aguas grises .....	56
<b>Figura 26</b> Uso de los residuos en la finca agroecológica .....	57
<b>Figura 27</b> Cambios de temperatura en el proceso de obtención de abono orgánico en la compostera.....	58
<b>Figura 28</b> Matriz energética vivienda de la finca agroquímica.....	61
<b>Figura 29</b> Matriz energética producción finca agroquímica .....	62
<b>Figura 30</b> Matriz energética vivienda finca agroecológica (1) .....	63
<b>Figura 31</b> Matriz energética vivienda de la finca agroecológica (2).....	64
<b>Figura 32</b> Matriz energética cultivos finca agroecológica .....	65
<b>Figura 33</b> Matriz energética: transformación finca agroecológica .....	66
<b>Figura 34</b> Comparación matrices energéticas: finca agroquímica y agroecológica.....	68
<b>Figura 35</b> Consumo energético finca agroecológica(caso 1 y 2).....	70
<b>Figura 36</b> Aporte energético de fuentes renovables la finca agroquímica; y agroecológica (1)(2).....	71
<b>Figura 37</b> Costo energético en la vivienda de la finca agroecológica y agroquímica .....	73
<b>Figura 38</b> Costo energético de producción en la finca agroquímica y agroecológica.....	75
<b>Figura 39</b> Costo energético de la transformación en la finca agroquímica y agroecológica.....	75
<b>Figura 40</b> Emisión anual de CO <sub>2</sub> en la finca agroquímica y agroecológica .....	77
<b>Figura 41</b> Emisión total de CO <sub>2</sub> en la finca agroquímica y agroecológica .....	77
<b>Figura 42</b> Responsabilidad ambiental (en número de árboles) para la finca agroquímica y agroecológica .....	78
<b>Figura 43</b> Temperatura interna en una vivienda con y sin cocina de leña .....	82

## RESUMEN

Ecuador depende mayoritariamente de fuentes de energía renovable, siendo el uso de la energía no renovable un mínimo aporte, en 2013 representó el 1,5% del total de producción energética del país. El uso de fuentes de energía renovable crea oportunidades para alcanzar la soberanía energética del país. Este estudio visibiliza el aporte de las energías renovables como estrategia para mejorar la calidad de vida de los campesinos del sector rural. Este estudio consideró el uso energía en una finca agroecológica y agroquímica. Los parámetros para el cálculo de la energía utilizada en cada finca fueron: 1) Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ); 2) Cantidad de biomasa ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ); y 3) Cantidad de agua ( $\text{m}^3$ ) reutilizada en los cultivos. El estudio permitió identificar el aporte potencial del uso de energía renovable en una finca agroecológica: 1) En la vivienda: cada finca permite identificar un incremento de  $5^{\circ}\text{C}$  de temperatura interna. La energía aprovechada incluye: 6.25 Kg biomasa/ $\text{m}^2$  de poda de árboles; 500 Kg/año de abono orgánico de la letrina; 200 l diarios de aguas grises recicladas. 2) En la producción: en la finca agroquímica se consume 5 Kcal de energía para producir 1 Kcal de alimento, en la finca agroecológica 1.1 Kcal. Una finca agroquímica invierten 4.5 veces más recursos que una finca agroecológica. Se concluye que la diversificación en el uso de energías renovables permite mayor aporte energético mejorando la calidad de vida del campesino tanto en la producción de cultivos como en las condiciones energéticas de la vivienda alcanzando el Sumak Kausay.

### PALABRAS CLAVE

- **MATRIZ ENERGÉTICA**
- **ENERGÍAS RENOVABLES**
- **FINCA AGROECOLÓGICA**
- **BIOCLIMATISMO**
- **SOSTENIBILIDAD**

## **ABSTRACT**

Ecuador evidences a majoritarian dependence on fossil fuels to obtain energy. In 2013, the use of renewable energy was only the 1.5% of the national energy production. The use of renewable energy sources opens opportunities to achieve national energy sovereignty. The present study evidences the contribution of renewable energy to improve the life quality of peasants. This study includes the characterization and analysis of renewable energy used in an agro-ecological farm considering four renewable energy types: solar, wind, hydro and biomass. The energy consumption was measured in two farms: agro-ecological and agrochemical using three axes: house, agricultural production and transformation of products. The parameters to calculate energy use for each farm include: 1) Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ); 2) Biomass ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ); 3) Amount of water ( $\text{m}^3$ ): reused for watering crops. This data identifies the contribution of renewable energy within a farm: 1) In the house: an increase of  $5^{\circ}\text{C}$  of internal temperature. The energy use from biomass is only used in agro-ecological farm. This energy includes: 6.25Kg of biomass/square meter; 500 Kg of organic manure/year; 200l of recycled grey water/day. 2) In the agricultural production: the agrochemical farm consumes 5Kcal of energy to produce 1Kcal of food. The agro-ecological farm consumes 1.1Kcal. An agrochemical farm invests 4.5 more resources compared to an agro-ecological farm. The diversification of renewable energy sources enables a better supply of energy to improve the life quality of peasants both in their agricultural production and in their house conditions. These elements contribute to achieve their Sumak Kausay.

### **KEY WORDS**

- **ENERGY MATRIX**
- **RENEWABLE ENERGY**
- **AGRO-ECOLOGICAL FARM**
- **BIOCLIMATISM**
- **SUSTAINABILITY**

## CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

### 1.1 Antecedentes

La mayor parte de energía que se produce y consume en el país proviene de la combustión del petróleo (energía térmica). La Tabla 1 muestra la evolución del uso de energía en nuestro país. En 2013, el 50% del total de energía utilizada en el país fue obtenido de fuentes de energía térmica (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2013). Sin embargo, la energía térmica es considerada como la más contaminante en términos ambientales y sociales.

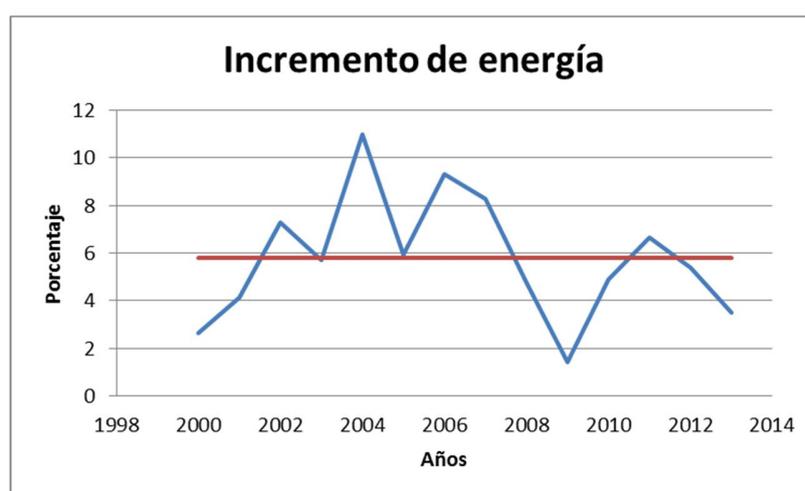
**Tabla 1**  
**Producción de energía anual del Ecuador**

AÑO	TOTAL ENERGÍA	VARIACIÓN	BIOMASA	EÓLICA	HIDRAÚLICA	INTERCONEXIÓN	SOLAR	TÉRMICA
1999	10331,88				7176,73	23,76		3131,39
2000	10612,44	2,64			7611,23			3001,21
2001	11072,03	4,15			7070,65	22,23		3979,15
2002	11943,86	7,30			7524,26	56,30		4363,30
2003	12665,74	5,70			7180,42	1119,61		5169,90
2004	14226,46	10,97	3,24		7411,79	1641,61		5169,90
2005	15127,47	5,96	102,86		6882,62	1723,45	0,01	6418,51
2006	16686,32	9,34	145,56		7129,49	1570,47	0,01	7840,79
2007	18197,52	8,30	218,75	0,96	9037,66	860,87	0,02	8079,27
2008	19108,69	4,77	208,32	2,68	11293,33	500,16	0,03	7104,16
2009	19385,37	1,43	216,52	3,20	9225,41	1120,75	0,01	8819,48
2010	20382,76	4,89	235,56	3,43	8636,40	872,90	0,00	10634,46
2011	21838,73	6,67	278,20	3,34	11133,09	1294,59	0,06	9129,45
2012	23086,16	5,40	296,35	2,40	12237,72	238,20	0,33	10311,16
2013	23922,75	3,50	295,79	56,70	11038,82	662,34	3,66	11865,42

**Fuente:** (CONELEC, 2014)

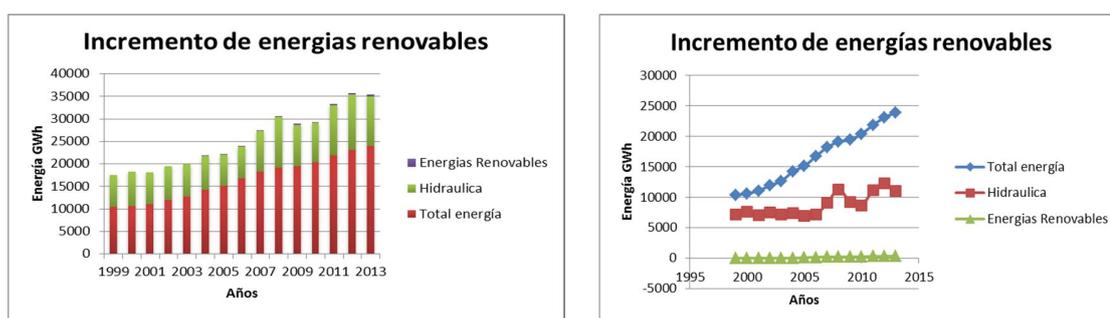
La Tabla 1 muestra que en el período 1999 - 2013 se registra un incremento en el uso de energía de fuentes hídricas. El uso de esta fuente de energía genera menos impactos en comparación con la energía térmica.

En Ecuador, el gobierno actual tiene como objetivo ampliar el abastecimiento energético en base al uso de fuentes hídricas. Por esta razón, se ha creado un subsidio de 80 KW h con el objeto de reducir la dependencia del uso de combustibles fósiles (e.j. Gas Liquado de Petróleo - GLP). Una de las políticas para el cambio de consumo energético ha sido la creación de incentivos para el cambio de cocinas de gas por cocinas de inducción (Ministerio de Ambiente, Ministerio de Electricidad, Ministerio de Energías Renovables, 2012). Dentro de la misma línea existen varios proyectos de transporte masivo para Quito y Cuenca con el uso de energía de fuentes hídricas. En la última década, el incremento promedio de consumo energético fue de 5,6% anuales (Figura 1). Sin embargo, este porcentaje no considera el aumento de consumo que se generaría con la instalación de cocinas de inducción y el proyecto de transporte para Quito y Cuenca (Muñoz, 2013).



**Figura 1 Incremento de producción energética en el país**

Las acciones mencionadas se generan como parte de la política de cambio de matriz energética. El objetivo es reducir los costos asociados con el uso de combustibles fósiles, entre ellos el subsidio de GLP de uso generalizado en los hogares del país. La intención a futuro es eliminar el subsidio de GLP, disminuyendo el impacto social negativo que generaría la subida de precios. Sin embargo, la implementación de mega-proyectos hidroeléctricos implica una serie de impactos negativos sociales y ambientales, poco medibles a corto o mediano plazo. La inversión en proyectos para la generación de energía hidroeléctrica es bastante alta, a esto se suma la inversión en campañas de educación y promoción que influya el cambio de matriz energética en la población.



**Figura 2 Incremento del uso de energías renovables en la producción energética del país**

La Figura 2 muestra el incremento paulatino en el uso fuentes de energía renovable en el país como: energía solar eólica y biomasa. Este incremento empieza en el año 2004. En el año 2013 el uso de energía renovable representa el 1,5% del total de producción energética del país. El aporte energético de estas fuentes renovables fue de 356,15 GWh en 2014. La generación de energía en base al uso de recursos renovables conlleva beneficios económicos, además de la disminución del impacto ambiental con la reducción de gases del efecto invernadero en su producción.

En Ecuador, las familias del área urbana utilizan principalmente de tres tipos de energía para sus necesidades diarias: eléctrica, GLP, y gasolina. La electricidad destinada al uso de duchas eléctricas y electrodomésticos. El GLP usado para cocción de los alimentos y calefones. La gasolina para el transporte.

En la zona rural, las familias dependen principalmente de los siguientes tipos de energía: GLP, biomasa (leña) y energía mecánica (tracción humana). El GLP se destina para cocción de alimentos, procesos productivos y transformación de materia prima (e.j. queseras). La biomasa se utiliza para la cocción de granos secos y calefacción de la vivienda. La gasolina se destina al uso de maquinaria agrícola. La energía producida por el cuerpo humano se utiliza como mano de obra.

### **1.1 Definición del problema**

En la segunda mitad del siglo XX, el Ecuador como el resto de países latinoamericanos se inscribe en el modelo de desarrollo que promueve la industrialización por sustitución de importaciones. El objetivo que se pretendía es alcanzar el crecimiento económico como base para instaurar el sistema capitalista. El sector agrario juega un rol estratégico en este proceso ya que la reasignación del factor tierra mejoraría los índices de producción agraria, una condición necesaria para acelerar el crecimiento económico. La nueva fuerza de trabajo urbano debe ser alimentada, las importaciones de alimentos deben mantenerse bajas y las exportaciones deben aumentar para financiar las inversiones de capital desde el exterior (Acción Ecológica, 2007)

Otro elemento estratégico para la modernización del agro fue el uso del paquete tecnológico de la revolución verde –semillas híbridas, fertilizantes sintéticos, herbicidas y maquinaria agrícola- que funcionó como un mecanismo para involucrar la vida del campesino en el mercado global a través de la

compra de insumos (Acosta, 2002). Como consecuencia de la aplicación de la agricultura especializada y el monocultivo hubo una invaluable pérdida de la diversidad social y ecológica que caracterizaba la vida en el campo. Una de las consecuencias fue la reducción de la agro-diversidad del campo, entre ellas se redujeron las variedades de maíz, fréjol, zapallo, habichuela, y etc. La pérdida de diversidad también resultó en la reducción de capital social – saberes y técnicas (Acción Ecológica, 2007)as de cultivo locales (e.j. cultivos diversificados de ciclo corto, rotación de cultivos, pérdida de valores sociales).

La visión de “desarrollo rural integral” alcanzó a las unidades campesinas consideradas viables en las nuevas condiciones internacionales de mercado. Este enfoque de desarrollo aborda la necesidad de conservar el componente ecológico. Sin embargo, la lógica que promueve el capitalismo concibe a la naturaleza como una fuente inagotable de recursos para una producción agrícola a gran escala en beneficio de los agronegocios (Acción Ecológica, 2007). En esta lógica resulta imposible la conservación de la diversidad de recursos (sociales, organizacionales y naturales). Los países con economías basadas en un alto desarrollo técnico y acumulación de capital ponen en peligro la sostenibilidad de zonas de alto desarrollado económico como para poblaciones rurales que habitan zonas de extrema fragilidad ecológica (e.j. páramos). El modelo de progreso del mundo occidental no puede ser generalizado a nivel intergeneracional o internacionalmente (Acosta, 2002)

Tanto el sector rural como el sector urbano dependen directamente de los recursos naturales para su subsistencia (tierra, agua, aire y biodiversidad). La conexión directa entre el ser humano y la naturaleza ha sido apartada de nuestro saber y sentir como seres humanos. Esto se refleja en nuestras prácticas diarias, la mayoría se desarrollan en detrimento de la conservación de los recursos, a pesar de que sin ellos nuestra sobrevivencia está amenazada. La sociedad actual obedece lógicas de mercado, y deja de lado la

responsabilidad vital de conservar los elementos (naturales, sociales y culturales) que sustentan nuestra vida. En este sentido, existe la necesidad de plantearse un modelo de vida que contribuya al cuidar nuestros recursos, mantenerlos y utilizarlos de manera que permitan alcanzar una calidad de vida en su conjunto (ambiental, económica y social).

Por esta razón, la presente investigación plantea una visión de desarrollo local que incorpore soluciones energéticas sostenibles a largo plazo en beneficio de las poblaciones locales y de su medio ambiente.

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 General**

Caracterizar y analizar el uso de las energías renovables en el sistema de producción de una finca agroecológica, como una propuesta energética alternativa para los pequeños agricultores.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a.** Recoger testimonios de campesinos sobre el gasto de energía en la producción agropecuaria y vivienda.
- b.** Identificar los parámetros de medición en el uso de las energías renovables en una finca agropecuaria.
- c.** Cuantificar el aporte y eficiencia de uso de las energías renovables en la producción agropecuaria y en la vida diaria dentro la finca agroecológica.
- d.** Comparar cualitativamente la eficiencia energética de cada fuente de energía utilizada en una finca convencional y en la finca agroecológica.
- e.** Identificar los aspectos sociales y económicos que posibilitan la sostenibilidad del sistema de producción en la finca agroecológica.

### 1.3 Justificación

Cada actividad realizada utiliza algún tipo de energía. El inicio y principio fundamental de la vida es la energía, es decir, en toda transformación, crecimiento y evolución se requieren cantidades de energía para su funcionamiento. El universo y todos sus elementos son reservorios de energía que mantienen la vida. La cuantificación del aporte energético de estos reservorios se planteó en base a las leyes de la economía ecológica:

- a. **Ley de la conservación:** la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sólo se transforman. Esta sentencia supone la Primera Ley de la termodinámica, con lo que se concluye que la generación de residuos es algo inherente a los procesos de producción y consumo.
- b. **La segunda ley es la de la entropía:** en la que la materia y la energía se degradan continua e irreversiblemente desde una forma disponible a otra no disponible, o de una forma ordenada a otra desordenada, independientemente de que las usemos o no.
- c. **La tercera noción presenta una doble vertiente:** La primera es la imposibilidad de generar más residuos de los que tolera la capacidad de asimilación de los ecosistemas. La segunda advierte sobre la imposibilidad de extraer de los sistemas biológicos más del rendimiento sostenible o renovable.

Este hecho exige poner límites a la actividad humana, y por lo tanto a la economía. Estos límites surgirían de un conocimiento profundo y certero de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales. Los fundamentos biofísicos y la propia ecología muestran que el ser humano no utiliza recursos de forma aislada sino como ecosistemas, y que por ello, éste último debe ser la unidad de gestión apropiada. La valoración del medio ambiente y de los

recursos agotables debe tener en cuenta estos procesos termodinámicos, a la hora de determinar su escasez, su utilidad y el coste de oportunidad de su uso.

Las necesidades de sobrevivencia de todo ser humano incluyen: producción de alimentos, vestido, vivienda, aseo, transformación de productos, y transporte. Todas estas necesidades requieren energía que proviene de diversas fuentes como: el movimiento del ser humano y la extracción de recursos renovables y no renovables. La diferencia en la utilización de fuentes de energía renovable o no renovable radica en considerar la responsabilidad frente a los efectos colaterales al ambiente y ser humano que se generan a corto, mediano y largo plazo.

Si se considera el cálculo de la huella ecológica en el sistema económico actual es muy alta. La tendencia de consumo actual ha rebasado la capacidad de regeneración del planeta. En 1961 la huella ecológica era de 0.5 para el 2001 este valor aumentó a 1.2. Esto quiere decir que la sociedad actual consume más recursos de lo que el planeta puede regenerar (Schifter & González, 2005)

La producción de energía de fuentes no renovables (e.j. combustibles fósiles) conlleva la emisión de gases de efecto invernadero con efectos a nivel global y la emisión de contaminantes primarios (por ejemplo: SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> entre otros) con impactos a nivel local. En las últimas décadas la comunidad científica ha expresado el aumento de la complejidad de los problemas relacionados con el medio ambiente, lo que sugiere la necesidad de acciones urgentes con el fin de evitar consecuencias desastrosas.

El informe Energía, Economía y Sociedad (Martínez, Orlandini, & Herrero, 2011) profundiza en esta problemática desde su derivada energética. Propone prepararse al declive del petróleo barato y a la necesidad de reducir

drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero con la implementación de una doble acción: 1) gestión de la demanda (reducción absoluta del consumo energético) y, 2) gestión de la oferta (reconvirtiendo el actual mix energético hacia una propuesta basada fundamentalmente en la implementación de energías renovables). De este modo se promueve un debate social hacia un cambio de paradigma

#### **1.4 Alcance**

El estudio de la cantidad de energía que se necesita en las actividades de la finca permite realizar una relación de precios (nacionales e internacionales) de GLP, electricidad y combustible para determinar el ahorro económico que se obtiene del uso de energías renovables, incluyendo los costos iniciales de la implementación de tecnologías renovables. Además se realiza un cuadro comparativo del aporte económico, social y ambiental de cada elemento identificado en la matriz energética. La información recogida sobre la matriz energética eficiente es un aporte teórico para el desarrollo de nuevas prácticas de sostenibilidad energética.

Este trabajo recoge datos del uso de energías renovables y no renovables en una finca agroecológica que tiene a conseguir la sostenibilidad energética. Esta información permite reflexionar sobre un modelo de desarrollo que fomenta la soberanía y sostenibilidad energética local, es decir, un modelo que parte de lo pequeño y concreto para responder a las necesidades de los agricultores.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Caracterización de la energía en la finca agroecológica – Fundación Mashcana**

La energía se define de forma general como toda causa capaz de producir un trabajo. En todo proceso, la suma de las energías iniciales de los elementos que participan debe ser igual a la suma de las energías de los elementos resultantes del proceso. Por tanto, no tiene verdadero sentido hablar de energía consumida, solo se quiere decir energía utilizada para obtener otra forma de energía (De Juana Sardón, 2003).

La energía permanece constante, pero puede cambiar de forma mediante diferentes procesos o dispositivos. La primera transformación tiene lugar en las plantas, que convierten la energía luminosa del sol en energía química almacenada en su biomasa. El ser humano con el descubrimiento del fuego, comenzó a transformar esta biomasa en energía térmica, para calentarse y cocinar. La transformación de energía química en mecánica se realiza por el trabajo del ser humano y de los animales. Los molinos de viento transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, empleada inicialmente para moler, luego para bombeo de agua, y ahora para electricidad (De Juana Sardón, 2003).

La energía se produce en diferentes fuentes y es almacenada de distintas formas. Las fuentes de energía se clasifican en renovables y no renovables, según su energía se siga produciendo en la actualidad y su consumo sea repuesto, o que ya no se produzca y su consumo acabe por agotar la reserva. A este segundo tipo pertenecen las reservas fósiles: petróleo,

carbón, y gas natural. En cambio son renovables la energía solar, la eólica, la hidráulica, la biomasa y la debida a mareas, olas y gradientes térmicos permanentes (De Juana Sardón, 2003).

Como ya se mencionó, la energía renovable se obtiene de fuentes que pueden regenerar su capacidad de producción, por tanto, están disponibles en el largo plazo. El uso de energías renovables garantiza la reducción de emisiones de efecto invernadero, principalmente porque para su producción no se requiere quemar combustibles fósiles. La utilización de fuentes renovables de energía permite desarrollar una matriz energética más sostenible (O'Murchu, 2014). Sin embargo, el uso irresponsable de estas fuentes evitaría el sostenimiento del sistema a largo plazo. Por esta razón, es importante considerar los siguientes factores, como parte de la responsabilidad ambiental y social asociada a su uso: 1) respeto a los ciclos naturales de regeneración de las fuentes de energía (biomasa y fuentes hídricas), 2) límites de producción y consumo, 3) diversificación de la producción energética con el uso de varias fuentes, 4) garantizar la reposición de los recursos (biomasa – reforestación. fuentes hídricas – conservación de páramos, humedales, bosques), 4) inclusión de poblaciones locales en el uso, manejo y control de la energía.

Para fines de este estudio se realizó la sistematización y cálculo del aporte energético de cada tipo de energía de la finca agroecológica.

### **2.1.1 Energía solar**

El sol suministra casi toda la energía que sustenta la vida. El reto para un futuro sostenible es aprovechar una pequeña fracción de esta energía para abastecer las necesidades energéticas del ser humano. Sin embargo, el modelo energético actual basado en el uso de combustibles fósiles, requiere quemar

entre 12 y 15 calorías de energía de fuentes no renovables para obtener una caloría alimentaria (Pierre, 2005).

La radiación directa es la energía que se recibe directamente del sol. La energía absorbida y distribuida a la atmósfera es la radiación difusa. Estas dos radiaciones también se reflejan en todas las superficies. (Salgado, 2010). La radiación total es la suma de estas tres radiaciones, directa difusa y reflejada.

La radiación total se aprovecha en una transformación térmica (Jutglar, 2004). Las radiaciones dependen de las condiciones meteorológicas, de la inclinación de las superficies que reciben la luz solar con respecto al plano horizontal y de la presencia de superficies reflectantes.

### 2.1.1.1 Cálculo de la energía solar en la finca agroecológica

El cálculo de la radiación que recibe la finca agroecológica se basó en el método de Angstrom Page, tablas y de Page (Jutglar, 2004). El valor se estimó con la tabulación de los datos por horas sol recogidos en la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH. El cálculo se muestra en la Tabla 2. Las ecuaciones usadas en el cálculo son:

*Ecuación de Page*

$$H_0 = H_e (a + b\sigma)$$

La ecuación de Angstrom Page

$$G_{dm}(\beta) = A * G_{dm}(0) + B * (G_{dm}(0))^2$$

Dónde:

$$H_0 \text{ y } G_{dm}(\beta) = \text{Irradiación global}$$

$H_e$  = Irradiación extraterrestre

$a$  y  $b$  = dependen del clima

$A$  = factor que depende la inclinación del panel y

$B =$  factor que depende de latitud, inclinación y del mes

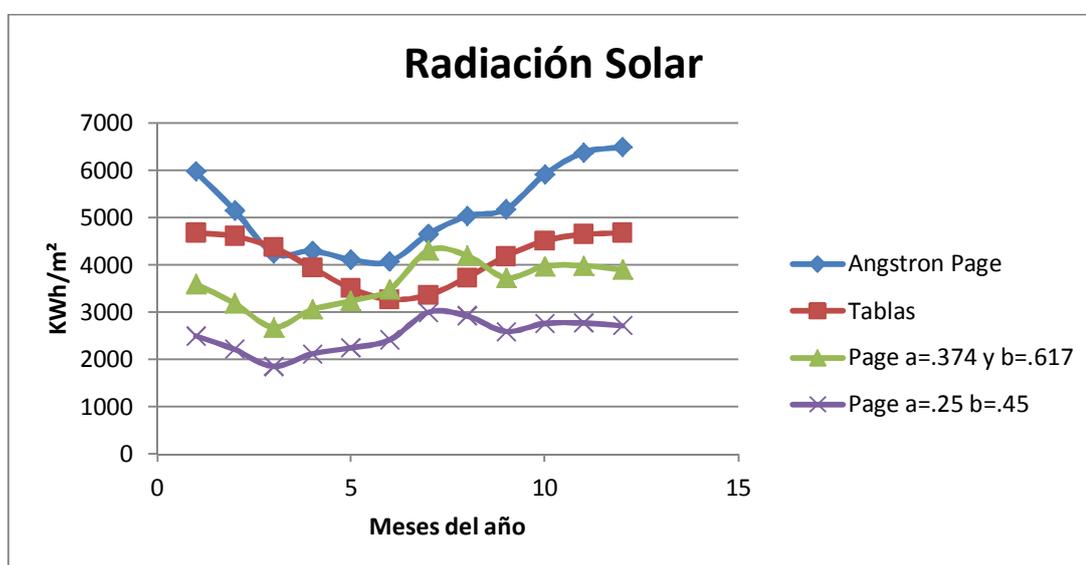
**Tabla 2**  
**Horas de sol en el cantón Riobamba**

Horas sol (h) 1989-2016												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1989	5,7	5,8	5,4	5,7	6,6	5,3	6,1	6,3	5,8	7	8,1	8,7
1990	5,9	5,6	4,5	4,9	5	5,1	7,1	6,5	7,9	5,2	6	6,1
1991	5,8	6,1	4,8	5,5	5,2	5,6	5,9	5,7	6,2	7,2	5,4	7,2
1992	6,9	6	4,8	6,4	5,4	6,1	6,6	7,5	6,5	6,6	6,9	6,7
1993	6,5	5,9	4	4,4	5,2	6,6	6,4	7,3	5,3	5,2	5,4	6
1994	5,4	4,9	4,6	4,8	4,8	5,7	6,1	5,4	4,6	5,8	5,4	4,5
1995	6,2	6,5	5,8	5,1	5,2	5,9	6,4	7,4	5,5	6,1	5,3	6,4
1996	4,8	4,4	4,4	5	4,9	5,3	6,2	6	6	5,7	8,1	6,8
1997	5,8	5,3	5,2	5,7	5,9	6,3	6,3	6,5	6	5,5	4,2	5,5
1998	4,9	4,8	4,5	4,9	5,1	4,9	4,9	7	6,7	5,7	6,5	7,8
1999	5,2	3	5	4,8	4,4	4,6	5,7	6,9	4,2	4,9	6,7	4,6
2000	4,9	4,2	3,8	4,7	3,9	5,2	5,9	5,5	5,4	6,7	7,6	6,5
2001	5,4	5,7	4,2	4,7	5,1	6,7	5,3	5,6	5,4	7,1	5,5	6,5
2002	6,3	4,9	3,9	5,4	4,6	5,1	5,6	6,4	6,7	5,1	4,4	4,7
2003	3,8	4,8	3,9	4,8	4,6	3,4	6,6	7,9	6,5	6,3	5,3	4,6
2004	8	4,7	3,5	4,1	4,9	5,4	5,5	6,3	4,5	5,8	5,5	6,1
2005	6,7	4,9	3,2	5,9	4,9	5,2	7,2	6,5	6,3	3,9	8,8	5,1
2006	4,8	7	4,3	4,2	6,7	4,5	5,2	4,2	4,1	6,5	5,2	4,2
2007	3,2	6,4	3,8	3,6	5,3	3,7	7	5,8	4,6	5,3	5,4	4,5
2008	5,2	3,8	4,2	4,5	4,5	5,8	5,9	5,5	5	5,4	1,2	5,3
2009	3,96	3,69	5,37	4,81	6,22	5,1	5,91	3,9	6	5,73	6,66	5,33
2010	5,87	5,06	5,73	4,6	4,81	4,21	6,83	5,4	5,8	5,85	6,4	5,32
2011	4,29	4,9	6,09	4,09	5,44	5,68	6,48	7,11	4,6	7,26	7,56	5,1
2012	5,13	3,7	4,39	4,11	4,82	6,51	6,28	4,97	4,15	5,32	5,38	5,69
2013	5,54	3,89	4,24	5,26	4,7	6,13	6,01	5,82	6,15	6,4	5,84	5,75
2014	5,79	5,32	3,66	4,56	4,99	4,87	6,05	5,19	5,59	5,64	5,66	5,68
2015	4,88	5,75	3,63	5,54	4,49	5,85	8,34	6,33	6,49	5,55	4,72	6,1
2016	6,78	4,23	3,85									
Promedio Mensual	5,49	5,04	4,46	4,89	5,10	5,36	6,21	6,11	5,63	5,88	5,89	5,81

**Fuente:** (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016)

Los valores a y b para el cálculo son:  $a=0.25$  y  $b=0.45$  (Guasumba, 2011). La comparación de valores  $a=0.374$  y  $b=0.617$  (Araujo & Condo, 2014). El cálculo de valores con el método de Angstrom Page y de tablas se adjunta en el Anexo N°1.

Los valores resultantes del cálculo se presentan en la Figura 3. Los valores medios de radiación se estimaron con tablas y valores a y b tomados en la provincia de Chimborazo. El valor más bajo 3276.6 KW h /m<sup>2</sup> para el mes de Julio y de 2687.23 KW h / m<sup>2</sup> para Marzo. Esta información se contrastó con los datos de otra estación meteorológica. Esta información se adjunta en el Anexo N°2. El promedio de radiación difusa y global es de 272.94 W/m<sup>2</sup> y 405,43 W/m<sup>2</sup> respectivamente.



**Figura 3 Radiación solar en la provincia de Chimborazo**

### 2.1.2 Energía Eólica

El análisis de los recursos de la energía eólica requiere conocer los vientos de superficie y como calcular la energía aprovechable del viento (Fernández, 2011). Para ello, se utilizaron los datos meteorológicos de la provincia de Chimborazo de un año, incluyendo datos de: 1) velocidad del viento, 2) dirección y la probabilidad del viento. Para cuantificar se utilizó la distribución de Weibull, cuya ecuación es: (Creus, 2014).

$$f(v) = \frac{K}{C} \left[ \left[ \frac{v}{C} \right]^{K-1} \right] * e^{-\left[ \frac{v^K}{C} \right]}$$

En la que:

K parámetro de forma

C parámetro de escala

v velocidad del viento

Y su velocidad media se estima por:

$$\bar{v} = \int_0^{\infty} f(v) dv = k \int_0^{\infty} \left( \frac{v}{c} \right)^{k-1} * e^{-\left( \frac{v}{c} \right)^k} dv$$

### 2.1.2.1 Cálculo de Energía eólica en la finca agroecológica

La velocidad del viento varía de un lugar a otro, dependiendo de sus condiciones climáticas. Los valores de k y c dependen directamente de estos factores. Los parámetros de forma y escalase calculan en base a la distribución acumulada complementaria del viento:

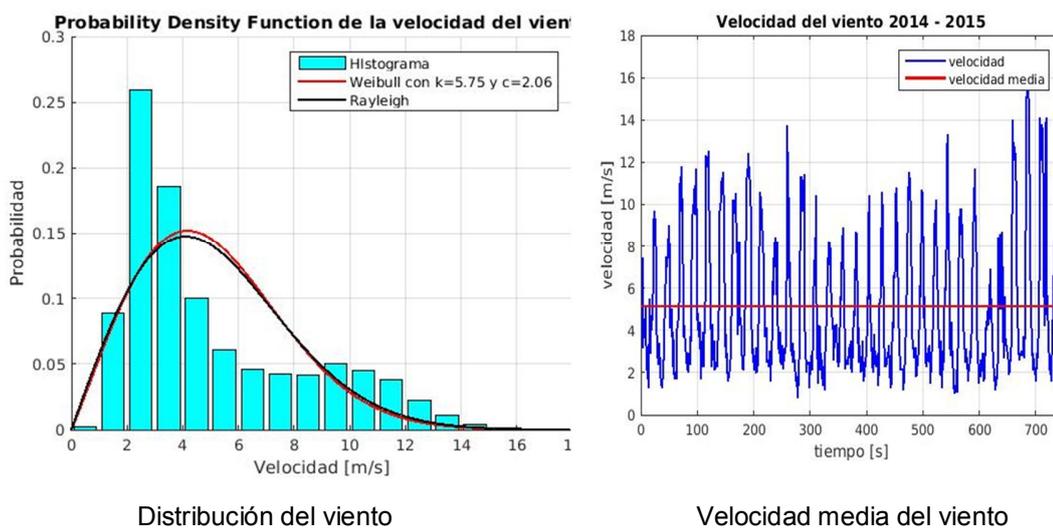
$$\text{Distribución acumulativa complementaria} = 1 - \int_0^v p(v) dv = e^{-\left( \frac{v}{c} \right)^k}$$

A continuación, se determina el doble logaritmo natural de esta ecuación:

$$\ln(DAC) = \ln \left[ - \left( \frac{v}{c} \right)^k \right] = k \ln \left( \frac{v}{c} \right) = k \ln v - k \ln c$$

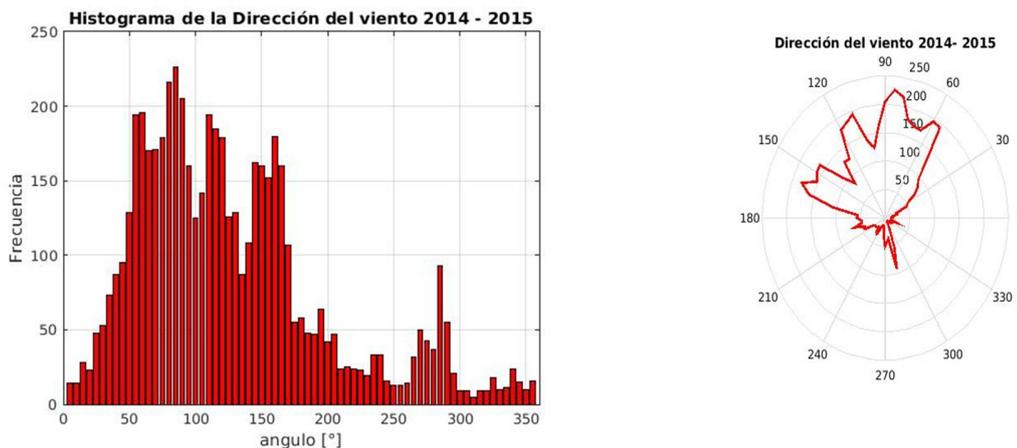
La ecuación representa una función lineal. La pendiente y el valor del término independiente son necesarios para el cálculo de los factores k y c. Los valores k y c para la ciudad de Riobamba, se determinaron en base a datos de la estación meteorológica del INAMI. Luego se procesó la información usando

los valores de  $k=5.75$  y  $c=2.06$ . El resultado se muestra en la Figura 4, con esta información se determinó que la velocidad media del viento:  $5.14\text{m/s}$ .



**Figura 4 Datos meteorológicos de la ciudad de Riobamba**

Otro parámetro utilizado fue la dirección del viento que se presenta en la Figura 5. La dirección predominante es noreste.



**Figura 5 Histograma de la dirección del viento, Riobamba**

La potencia aportada por cada velocidad se consideró con los siguientes valores:

$$p(u) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} = \frac{5.75}{2.06} * \left(\frac{v}{2.06}\right)^{4.75} * e^{-\left(\frac{v}{2.06}\right)^{5.75}}$$

Con estos valores se determinó la energía esperada durante todo el año. Estos valores se multiplicaron por 8.760 horas (Tabla 3).

Para determinar la potencia que se puede obtener de una finca, se realizó el análisis para determinar el aporte de la energía generada en la matriz energética. La potencia de un rotor en un emplazamiento cualquiera se calcula con la siguiente fórmula:

$$P(W) = \frac{1}{2} * masa * v^2 = \frac{\pi}{8} * \rho * D^2 * v^3$$

Dónde:

$\rho = \text{densidad}$

$D = \text{diametro del rotor}$

$v = \text{velocidad}$

La densidad se calculó usando la siguiente ecuación (Creus, 2014):

$$\rho = \rho_o * e^{\left(\frac{-0.297h}{3048}\right)}$$

Dónde:

$$\rho_o = 1.225 \frac{kg}{m^3}$$

$h = \text{altura } m$

La finca agroecológica de la Fundación Mashcana está ubicada a 2623 msnm. La densidad es  $\rho = 0.949 \text{ kg/m}^3$ . Suponiendo la implementación de varios rotores dentro de una finca, la distancia recomendada es de 5 diámetros del rotor (Mackay, 2012), entonces la potencia por  $m^2$  será:

$$P = \frac{\frac{\pi}{8} * \rho * D^2 * v^3}{(5D)^2}$$

$$P = \frac{\pi}{200} * \frac{1}{2} * \rho * v^3 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Nótese que la potencia no depende del diámetro, para una velocidad promedio de 5.14 m/s la potencia por m<sup>2</sup> será:

$$P = 1.012 \frac{W}{m^2}$$

### 2.1.3 Biomasa

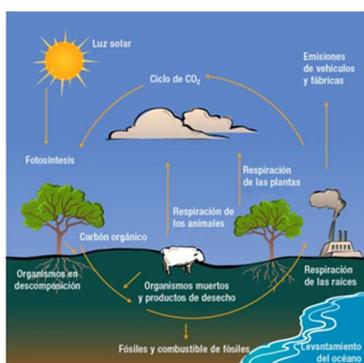
La biomasa es la fuente de energía acumulada en los recursos naturales del entorno ecológico (plantas terrestres y acuáticas), y en residuos de materias o animales (agricultura o estiércol). La biomasa almacena la energía del sol (Creus, 2014)

La biomasa es “la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (incluidas sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales” (Damien, 2010)

La biomasa es producida por organismos vivos, principalmente a través de las actividades fotosintéticas de las plantas. También es producida por animales, insectos, microorganismos, etc. La energía que se obtiene de la biomasa es a través de (Reis, 2014):

- Residuos forestales
- Residuos municipales
- Residuos agrícolas

- Residuos de cultivos dedicados a la producción de energía



**Figura 6 Ciclo del Carbono**

Para facilitar el uso de combustibles que usan como fuente la biomasa, se requieren algunos condicionamientos técnicos que garanticen su sostenibilidad a largo plazo. Si se considera el ciclo del CO<sub>2</sub> (Figura 6) se puede determinar que el CO<sub>2</sub> generado por el proceso de combustión no ocasiona efectos negativos al ambiente gracias al trabajo de absorción que las plantas y árboles realizan para su normal funcionamiento, es decir el CO<sub>2</sub> es absorbido inmediatamente luego de ser liberado a la atmósfera (Creus, 2014)

### 2.1.3.1 Cálculo de biomasa en la finca agroecológica

Para fines del presente estudio se calculó el poder calorífico de las especies forestales de la finca agroecológica. El primer paso fue clasificarlas especies forestales en dos grupos: 1) árboles de hoja ancha, 2) coníferas (pino, ciprés) (Tabla 3) (Teixeira do Vale, 2013). Así como el porcentaje de humedad que influye en la cantidad de calorífica de las especies forestales (Tabla 3)

**Tabla 3**

**Cálculo del poder calorífico de las especies forestales de la finca agroecológica**

Material		C (%)	H (%)	O (%)	N (%)	S (%)	Ceniza (%)
Hoja ancha	Madera	50,8	6,4	41,8	0,4	-	-
	Cascara	51,2	6	37,8	0,4	-	-
Coníferas	Madera	52,9	6,3	39,7	0,1	-	-
	Cascara	53,1	5,9	37,9	0,2	-	-

**Fuente:** (Teixeira do Vale, 2013)

**Tabla 4**

**Porcentaje de humedad que influye en el poder calorífico**

Humedad (%)	PCI (Kcal/Kg)	Energía de secado (Kcal)	Energía disponible (kcal)
0	4800	0	4800
20	4170	120	4050
40	3039	240	2799
60	1877	360	1517
80	956	480	476

**Fuente:** (Teixeira do Vale, 2013)

Con esta información base se determinó el poder calorífico de las especies forestales de la finca. Se tomó como referencia las características de dos especies: 1) eucalipto y, 2) falsa acacia.

- 1) El eucalipto (Damien, 2010) (*Eucalyptus dalrympleana*) tiene una densidad de plantación está entre 2 y 3 metros; en filas de 4 metros. El aprovechamiento de la biomasa generada por esta especie es de entre 8 y 12 años, con la posibilidad de obtener tres cosechas durante 30 años. Su PCI es de 18000 KJ/Kg. El contenido de cenizas varía de 0.3 a 2%.

- 2) Falsa Acacia puede llegar a medir entre 20 y 25 m, sirve como fijadora de nitrógeno del aire. La densidad de plantación está comprendida entre 10.000 y 30.000 plantas /ha. El ciclo de cosecha es de tres años. El PCI es 3827 Kcal/Kg. La composición de la materia seca es: 1.15% de cenizas; 80.12% de sustancias volátiles; y 18.73% de carbono fijado.

El cálculo del volumen total de madera (Creus, 2014) se realiza considerando el diámetro a la altura de pecho (DAP), la altura comercial (A) - altura hasta la primera bifurcación, y la calidad del tronco(FA):

$$V(m^3) = DAP^2(cm) * A(m) * FA$$

El valor de FA se determinó con los siguientes criterios:

FA= 0.9, buena calidad (aprovechamiento del 80-100%)

FA=0.7, calidad regular (aprovechamiento del 50-79%)

FA=0.3, calidad inferior (aprovechamiento < 50%)

## 2.2 Definición de parámetros para el cálculo de Balances Energéticos

Para establecer los balances de energía se aplicó el principio de conservación de la energía. El cambio neto (incremento o disminución) en la energía total del sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la energía total que entra y la energía total que sale del sistema durante el proceso, esto se expresa en la siguiente ecuación (Cengel & Boles, Termodinámica, 2008)

$$\begin{aligned} & (Energía\ total\ que\ entra\ al\ sistema) - (Energía\ total\ que\ sale\ del\ sistema) \\ & = (Cambio\ en\ la\ energía\ total\ del\ sistema) \end{aligned}$$

O

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema}$$

### 2.2.1 En la vivienda

Un ambiente confortable dentro de la vivienda permite mejorar la calidad de vida de la familia. Para esto, se realizó el análisis de los diferentes tipos energías que pueden contribuir a cumplir con esta premisa (Hualla, Gutarra, & Saavedra, 2009). La Tabla 4 muestra el aprovechamiento y pérdida de energía en una vivienda.

**Tabla 4**  
**Análisis del flujo de energía en la vivienda**

<b>Energía que ingresa</b>	<b>Energía que sale</b>		<b>Cambio de la energía del sistema</b>
Eléctrica	Iluminación	Calor	Aumento de Temperatura
	Refrigeración	Calor	Aumento de Temperatura
	Cocción de alimentos	Calor	Aumento de Temperatura
	Otros artefactos	Calor	Aumento de Temperatura
Biomasa	Cocción de alimentos	Calor	Aumento de Temperatura
Solar	Iluminación		Aumento de Temperatura
	Calor		Aumento de Temperatura
	Agua caliente		
Eólica	Iluminación	Calor	Aumento de Temperatura

**Fuente:** Autor

Los parámetros utilizados para el análisis son: 1) temperatura interna de la vivienda con cada tipo de energía, 2) cantidad de energía que necesaria para satisfacer las necesidades de confort de la vivienda familiar, 3) A esto se suma, el análisis del agua que ingresa y sale de la vivienda con el fin de determinar la energía necesaria para reutilizar este recurso. También se consideró el cálculo de los desechos generados en la vivienda para identificar la cantidad de energía usada para aprovechar la biomasa de este recurso.

### 2.2.2 En la producción

El consumo de energía necesario para la producción de agro-ecológica se analizó un área de cultivo. En esta unidad se tomó en cuenta la energía requerida para la producción de un cultivo seleccionado.

**Tabla 5**

#### Flujo de energía en la finca agroecológica

Energía que ingresa	Energía que se sale	Cambio de energía del sistema
Trabajo humano	Producción	Biomasa (incremento o reducción)
Semillas		
Fertilizantes		
Minerales		
Insecticidas		
Maquinaria agrícola		
Animales		

**Fuente:** Autor

La energía requerida para cada cultivo se determinó en base a la información resultante de una encuesta, aplicada a 20 jefes de familia, para determinar la cantidad promedio de productos que los agricultores de la comunidad siembran en el área de estudio (1500 m<sup>2</sup>).

### 2.2.3 En la transformación de productos agrícolas

En el procesamiento de productos agrícolas, el balance de energía es el siguiente:

**Tabla 6****Energía necesaria para el procesamiento de productos agrícolas**

Energía que entra		Energía que sale	Cambio de energía
Eléctrica	Calor: leche y agua	Calor	Aumento de temperatura: vivienda y agua
GLP			
Biomasa			

**Fuente:** Autor

El valor que se calculó es la cantidad de calor que se emplea en el procesamiento con el uso de fuentes renovables.

### 2.3 Metodología para la recolección de datos

#### 2.3.1 Aparatos de medida

La recolección de datos de temperatura se realizó con el uso de los siguientes equipos:

- Dos data logger LOG100. Este aparato registra temperatura en un rango de  $-50^{\circ}\text{C} < T < 125^{\circ}\text{C}$ , con capacidad para almacenar 60.000 valores con su respectivo software.
- Una torre de medición de temperatura y humedad. Estos valores son necesarios para la comparación de datos.
- Un termómetro con una sonda. El rango de temperatura es  $0^{\circ}\text{C} < T < 1300^{\circ}\text{C}$ .
- Un termómetro infrarrojo con precisión  $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$  ( $0 \dots 420^{\circ}\text{C}$ ) y su respectivo software.
- MS6900 multi function  $\pm 5\%$  ( $10 \dots 90\%$ ), para la madera ( $6.8 \sim 53.4\%$ ), que determina el porcentaje de humedad de la madera.

- Peso - Balanza digital CAMRY con capacidad 30Kg, división 10
- Radiación solar - HT204±10 W/m<sup>2</sup> velocidad de muestreo con 4 medidas por segundo.
- Voltaje e intensidad - Digital Clamp Meter ±(1.2%+5) para el voltaje, Intensidad ≤0.4 :±(5%+20).

### **2.3.2 Medición de datos**

Se tomaron datos de los diferentes escenarios con el objeto de realizar un cálculo comparativo. Los datos se tomaron en fincas que se encuentran a la misma altitud, y con la misma frecuencia de tiempo. Con esta información se realizó la tabulación e interpretación de datos. La información se complementó con el uso de datos históricos de radiación, humedad y temperatura ambiental de la ciudad de Riobamba, los que se mencionaron en el capítulo anterior. Estos datos sirvieron para elaborar la matriz energética de la finca agroecológica de la Fundación Mashcana. El porcentaje de humedad de la madera se consideró tomando en cuenta varias medidas de una muestra de madera seleccionada.

En la siguiente figura se muestra los aparatos de medida ubicados en las fincas.



Producción agroecológica



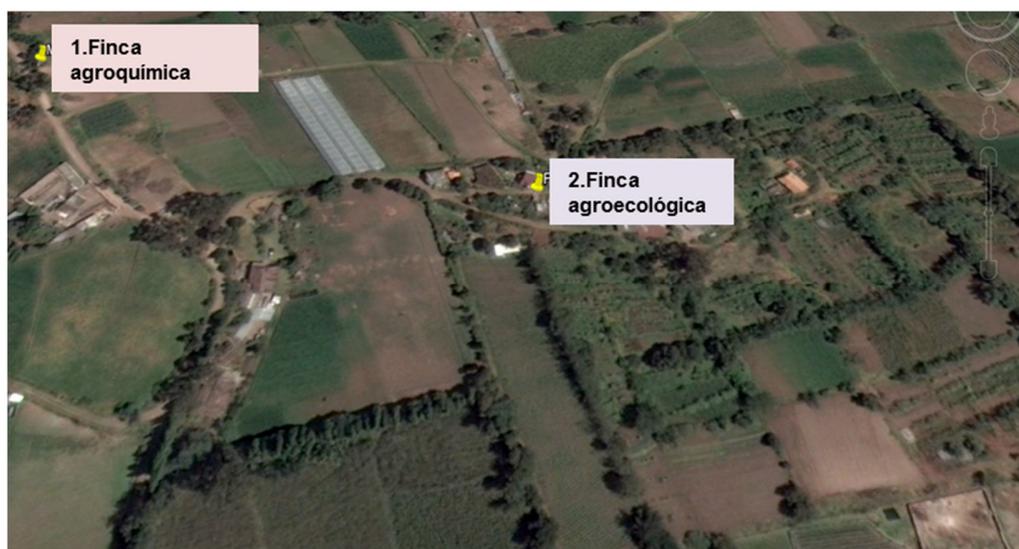
Producción Agroquímica

**Figura 7 Sitios de medición para el cálculo de la matriz energética de la finca agroecológica y agroquímica**

### CAPÍTULO 3

## CARACTERIZACIÓN DE LA FINCA AGROECOLÓGICA Y AGROQUÍMICA

El estudio se realizó en dos fincas que se muestran en la Figura 8: 1) producción agroquímica y 2) producción agroecológica ubicadas en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, Parroquia San Luis, Comunidad El Troje, a una altura de 2596 msnm, con una temperatura promedio de 13.4°C y humedad relativa promedio de 75.43%.



**Figura 8 Ubicación de las viviendas para la comparación de datos de temperatura**

### 3.1 Características de la vivienda, producción y transformación en la finca agroquímica

#### 3.1.1 Características de la vivienda



**Figura 9 Vivienda ubicada en la finca agroquímica**

El estudio consideró una vivienda ubicada en una finca cuya producción se basa en el uso de agroquímicos. La vivienda está habitada por cuatro miembros de una familia. La vivienda es de una sola planta con estructura en forma de L. A la vivienda original se han añadido nuevos dormitorios. El factor de forma es de 1.24, no recomendable para viviendas de clima frío (López de Asiain, 1996).

##### 3.1.1.1 Estructura

Los materiales utilizados en la vivienda son:

- Bloque paredes
- Eurolit y Zinc – Techo
- Tumbado – Techo
- Metal – Puertas Madera - Ventanas

### **3.1.1.2 Ubicación de puertas y ventanas**

- Ventanas y Puertas – ubicadas hacia el sur y oeste. Las puertas de los dormitorios se dirigen al patio

### **3.1.1.3 Fuentes de energía**

#### **Preparación de alimentos**

- Biomasa – fogón abierto – preparación de alimentos en un cuarto apartado de la vivienda
- GLP – preparación de alimentos en el interior de la vivienda

#### **Iluminación**

- Electricidad - 6 focos, electrodomésticos

### **3.1.2 Características de Producción**

La producción agrícola se realiza con la contratación de mano de obra eventual. La mayor parte del trabajo lo realiza el jefe de familia con la ayuda de la esposa y los hijos. En esta finca el cultivo de productos se realiza en parcelas grandes, cada una con un solo tipo de cultivo, es decir, no se aplica el concepto de diversificación y asociación. Los cultivos de la finca incluyen: alfalfa, maíz, habas, culantro y papas. Además tomate riñón y frutillas que se cultivan en invernaderos. Las actividades que se realizan para el cultivo de productos incluyen:

- Abonamiento del terreno
- Preparación del terreno con el uso del tractor.
- Siembra de semilla

### **3.1.3 Características del proceso de transformación de productos agrícolas**

La familia de la finca de producción agroquímica no realiza ningún procesamiento de los productos de sus cultivos. Toda la producción se comercializa en los mercados de Riobamba. La producción se destina al mercado cada dos meses. El precio de los productos es fijado por el mercado de acuerdo a la oferta y demanda. La familia menciona que hace algunos años atrás realizaban el secado de grano y carne. Sin embargo, ésta práctica se ha perdido.

## **3.2 Características de la vivienda, producción y transformación en la finca agroecológica**

### **3.2.1 Características de la vivienda**



**Figura 10 Vivienda ubicada en la finca agroecológica**

La vivienda es de dos plantas, con el uso de materiales locales y convencionales. La estructura de la vivienda es compacta con un factor de forma de 0.72. Este valor se encuentra dentro de los parámetros recomendados en viviendas de clima frío (0.5 - 0.83) (Guinebault & François-Rozis, 1997).

### 3.2.1.1 Estructura

Los materiales utilizados en la vivienda son:

- Madera - pilares, durmientes, pisos, estructura del techo, ventanas y puertas
- Ladrillo – paredes
- Teja asfáltica – techo
- Geo membrana y tierra – techo del garaje, baño.
- Cemento – estructura de la casa
- Vidrio - Ventanas

### 3.2.1.2 Ubicación de las ventanas

Las ventanas en su mayoría se encuentran ubicadas en dirección Sur y Este, los datos se presentan a continuación:

**Tabla 7**

#### **Ubicación de las ventanas**

<b>Ubicación</b>	<b>N° ventanas</b>
Norte	2
Sur	4
Este	5
Oeste	4

**Fuente:** Autor

### **3.2.1.3 Fuentes de energía**

#### **Preparación de alimentos**

- Biomasa - Cocina mejorada - La energía que se obtiene se utiliza para la cocción de alimentos, y para calefacción de la vivienda. El uso del calor para mejorar las condiciones térmicas de la vivienda es un beneficio adicional que no se obtiene con el uso de tecnologías convencionales como la cocina de gas o inducción.
- Electricidad y GLP – Cocina – preparación de alimentos

#### **Iluminación, Aseo y otros**

- Electricidad – la familia utiliza 11 focos, 6 ahorradores
- Electricidad – artefactos eléctricos: refrigerador, cocina de inducción, computador
- Energía solar y eólica – para el uso de 2 lámparas de escritorio

### **3.2.2 Características de la producción**

La actividad agrícola se realiza con la contratación de mano de obra externa. El trabajo se realiza de acuerdo una planificación de siembra. Además, se cuenta con una persona que trabaja de forma permanente.

La finca agroecológica provee un promedio de 20 productos que son comercializados en una feria barrial. Las variedades de productos incluyen: 3 variedades de cebolla, 2 variedades de lechuga crespita, 3 variedades de col, acelga, nabo, coliflor, remolacha, rábano, culantro, apio, sambo, zucchini, papas, quinua, mora, frutas de temporada, miel de abeja, huevos y leche.

El principio fundamental de la producción agroecológica se basa en la asociación de cultivos. En el proceso productivo se desarrollan las siguientes actividades:

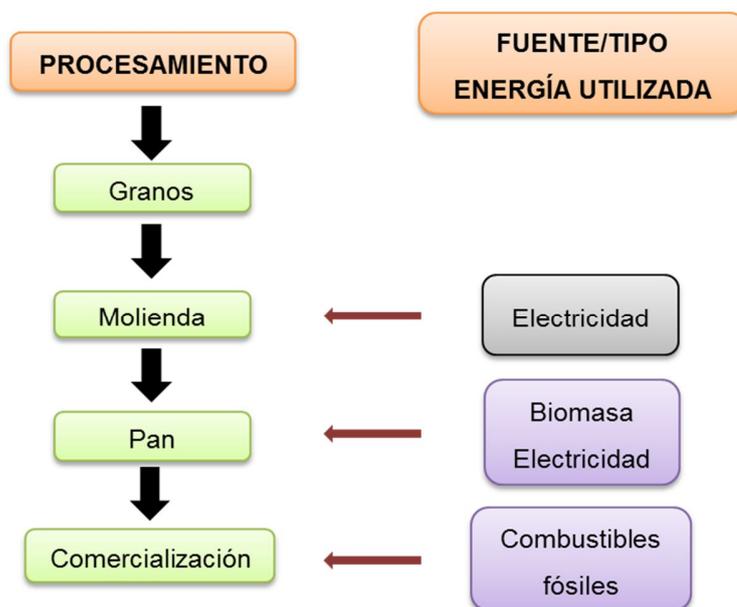
- Pastoreo del terreno de siembra utilizando el trabajo de tracción de dos cerdos. El objetivo es remover el suelo.
- Preparación del terreno de siembra con el uso de un motocultor. El tiempo de uso de esta maquinaria es de dos horas.
- A continuación, se realiza la siembra de maíz con frejol de forma alternada. La quinua y sambo se siembra en los bordes.
- Durante el crecimiento de los cultivos, se realizan trabajos de deshierbe.
- En la última fase de deshierbe se siembra la vicia avena.

### **3.2.3 Características del proceso de transformación de productos agrícolas**

La transformación de productos se destina para el autoconsumo y comercialización. A continuación se muestran los procesos de transformación de cultivos que se realizan en la finca. Con esta información se realizó el análisis energético para este proceso.

#### **3.2.3.1 Procesamiento de granos**

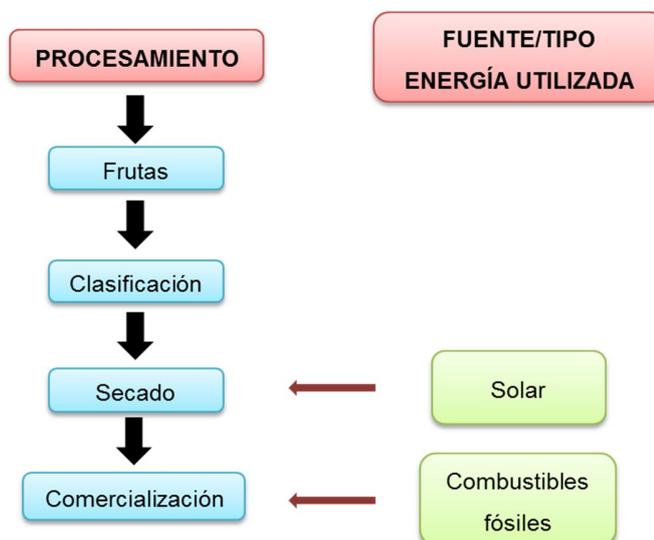
La familia de la finca agroecológica realiza el procesamiento de granos como: trigo, cebada y maíz.



**Figura 11 Procesamiento de granos en la finca agroecológica**

### 3.2.3.2 Procesamiento de frutas y plantas medicinales

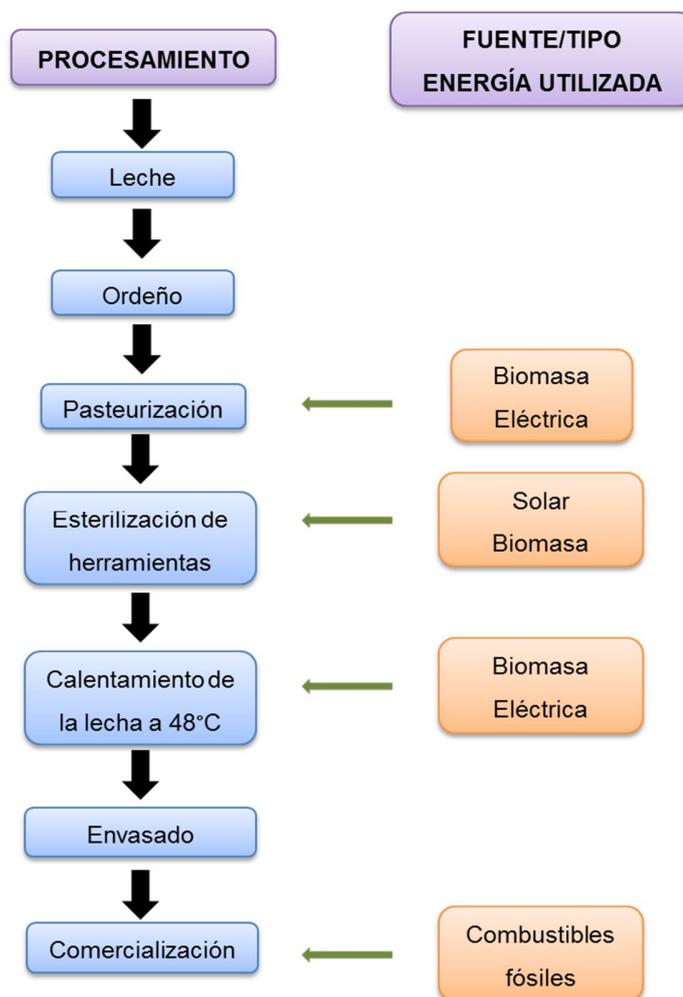
Para conservar el exceso de producción de frutas, se realiza el secado de estos productos con el uso de un secador solar. Las frutas que se secan son: uvillas, manzanas, duraznos y plantas medicinales. El proceso de secado se presenta en la siguiente figura:



**Figura 12 Procesamiento de frutas en la finca agroecológica**

### 3.2.3.3 Procesamiento de leche

La producción de leche se destina al autoconsumo y comercialización. El 50% de leche se transforma en yogur. Para fines de este estudio, se utilizó el proceso de transformación de la leche (Figura 13) para calcular el balance energético de la finca agroecológica.



**Figura 13 Procesamiento de la leche en la finca agroecológica**

### **3.3 Comparación de las características de vivienda, producción y transformación en la finca agroquímica y agroecológica**

#### **3.3.1 Características de la vivienda**

La Tabla 8 muestra la comparación de los parámetros energéticos de las viviendas localizadas en dos tipos de finca.

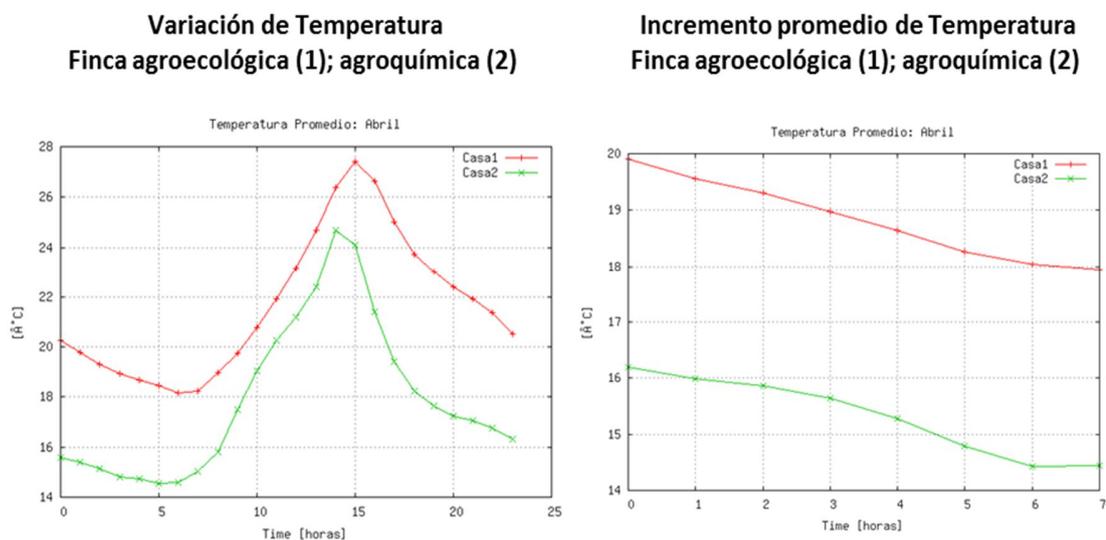
**Tabla 8****Comparación de materiales de construcción de las viviendas**

Áreas de la vivienda	Materiales	
	Finca Agroecológica	Finca Agroquímica
Factor de forma para clima frío (0,5 - 0,83)	0,72	1,24
Techo	Madera Teja asfáltica Geo membrana Tierra	Eurolit Zinc
Paredes	Ladrillo	Bloques
Puertas	Madera 2	Hierro 4
Ventanas	15	4
Iluminación (N° focos)	6 ahorradores 5 incandescentes	6 incandescentes

**Fuente:** Autor**Tabla 9****Manejo de desechos en las viviendas**

Tipo de desecho	Acciones de manejo	
	Finca agroecológica	Finca agroquímica
Orgánico	Recicla	Recicla
Inorgánico	Traslada	Quema
Agua	Recicla	

**Fuente:** Autor



**Figura 14 Análisis comparativo de temperatura en las viviendas**

En base a los datos de la Figura 14, se puede determinar que las variaciones de temperatura interna de la vivienda ubicada en la finca de producción agroquímica no varían con respecto a la temperatura exterior. Por otro lado, la vivienda ubicada en la finca de producción agroecológica mantiene una temperatura constante durante el día.

### 3.2.2 Características de la producción

Para las dos familias, la agricultura es la principal actividad económica. Por esta razón, se realizó un análisis comparativo de las características de cultivos y ganado de cada familia (Tabla 10). Se puede observar que la diversidad de ganado y cultivos es mayor en una finca agroecológica que en una finca convencional.

Tabla 10

**Comparación de cultivos y ganado en una finca agroquímica y agroecológica**

		<b>Finca Agroquímica</b>	<b>Finca agroecológica</b>	
<b>GANADO</b>	Vacuno	3	2	
	Porcino	4	2	
	Cuyes	30	40	
	Gallinas	10	20	
	Alpaca		1	
	Burro	1		
<b>CULTIVOS (en un año)</b>	Hortalizas	Culantro	Acelga, Espinaca Col: churo, crespita, morada Cebolla: perla, colorada, blanca, puerro Brócoli, Coliflor Remolacha, Zanahoria, Rábano Nabo, Papanabo Zucchini, Sambo Culantro, Apio, Perejil	
	Tubérculos	-	Papas Melloco	
	Granos	Maíz Habas	Maíz Fréjol Quinoa Amaranto	
	Pastos	Alfalfa	Alfalfa Vicia Avena	
	Árboles			Especies arbóreas y arbustivas
		Tomate riñón		Frutales
Otros			Plantas medicinales	

Fuente: Autor

### 3.2 Necesidades energéticas de la finca agroquímica y agroecológica

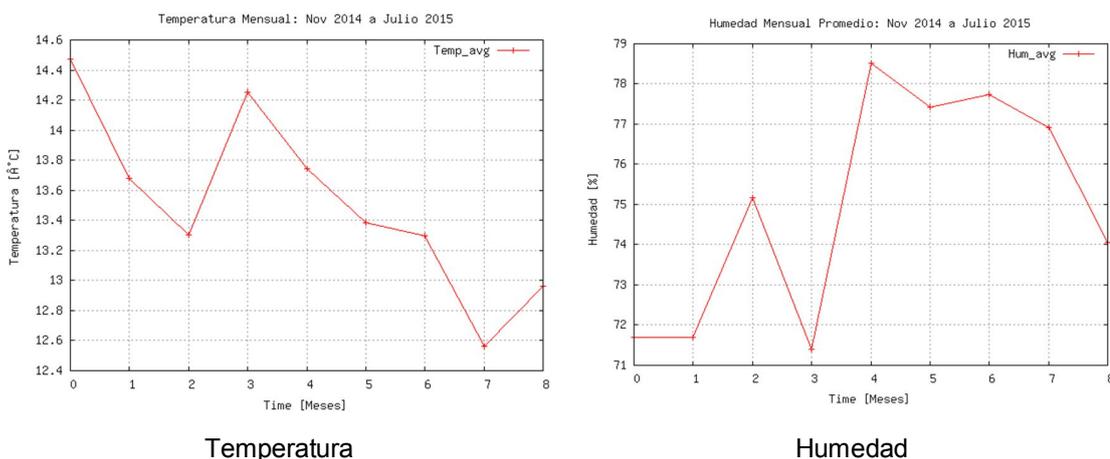
#### 3.2.1 Cálculos previos para el cálculo de necesidades energéticas

El consumo energético de las fincas de estudio se determinó en base al cálculo de los siguientes datos:

### 3.2.1.1 Bioclimatismo

El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba, Parroquia San Luis, Comunidad el Troje. Los datos de bioclimatismo para esta zona son:

- Altura - 2596 msnm
- Temperatura - temperatura máxima 24.3°C y temperatura mínima 3.1°C. Temperatura promedio 13.4°C.
- Humedad relativa promedio 75.43%.



**Figura 15 Datos de temperatura y humedad promedio de la ciudad de Riobamba, Estación meteorológica ESPOCH**

### 3.2.1.2 Biomasa

Para determinar la cantidad de biomasa de la finca se consideraron dos factores: 1) altura comercial y, 2) diámetro a la altura del pecho. Esto se realizó clasificando las especies forestales que presentaron un diámetro similar (Tabla 11). Con esta información, se calculó el volumen de biomasa de las especies forestales que predominan en la finca: 1) Eucalipto y 2) Acacia.

**Tabla 11****Especies forestales de la finca agroecológica**

<b>N° Árboles</b>	<b>Altura comercial</b>	<b>Diámetro Altura Pecho</b>
16	6	15,9154943
30	8	15,9154943
10	6	19,0985932
8	3	19,0985932
10	4	22,2816920
48	8	22,2816920
20	10	25,4647909
17	3,5	35,0140875
10	8	38,1971863
20 eucaliptos	8	22,2816920

**Fuente:** Autor**Tabla 12****Biomasa de las especies forestales de la finca agroecológica**

<b>Tipo</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Eucalipto	5,615
Acacias	45,64

**Fuente:** Autor

En la finca agroecológica, existen otros elementos de biomasa que son aprovechables, como los residuos forestales que se obtienen de poda de árboles frutales. Para este estudio se utilizó la manzana, que cuenta con un porcentaje de humedad del 40% y PCI de 17.800 (KJ/Kg). En la finca se contabilizaron 60 árboles frutales, principalmente de manzana. Además, la finca presenta cortinas naturales rompe vientos con especies de arbustos. Tomando en cuenta el volumen de biomasa de las especies de árboles, frutales y arbustos de la finca, por cada 2m se obtienen 12.72 Kg de abono y 10.91 kg de residuos forestales que sirven como fuente de energía o para su carbonización.



Poda de cortinas rompe vientos



Clasificación de biomasa

**Figura 16 Biomasa obtenida de la poda de árboles frutales y arbustos de las cortinas rompe vientos**

### 3.2.1.3 Biogás



**Figura 17 Elaboración de bio-fertilizante**

Este valor se determinó tomando como referencia la energía necesaria para la elaboración de bio-fertilizante. Producto que se elabora en la finca agroecológica. El cálculo consideró datos de consumo para una planta de biogás (IDEA, 2007). La materia seca (E) es de 45.45 Kg, y una cantidad de líquido es de(O) 79.84 Kg.

La materia prima (MPD) para cargar un bio digestor es la suma:

$$MPD (Kg) = E + O = 125.3 Kg$$

El porcentaje de sólidos totales es de, si el valor es mayor que 10 debe aumentar el líquido:

$$\% \text{ Sólidos totales} = E * \left( \frac{\% \text{ sólidos Estiércol}}{MPD} \right) = 5.44$$

Y la cantidad de sólidos totales es:

$$\text{Sólidos totales (kg)} = \frac{\% \text{ Sólidos totales} * MPD}{100} = 6.82$$

El potencial de biogás es:

$$\text{Biogas}(m^3) = MPD * (\% \text{ sólidos totales}) * \left( \frac{m^3 \text{ gas}}{Kg \text{ sustancia seca}} \right)$$

$$\text{Biogas}(m^3) = 125.3 * 0.0682 * 0.25$$

$$\text{Biogas}(m^3) = 2.14$$

El poder calorífico (Creus, 2014) del biogás es 5500 Kcal/m<sup>3</sup>, aplicado al caso de estudio (biofertilizante) es 49.2 MJ.

### 3.2.1.4 Medición del peso de cultivos

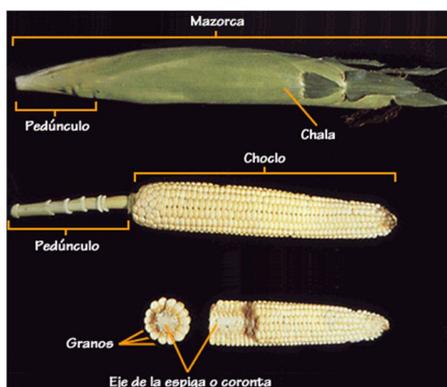


Figura 18 Partes de la mazorca de maíz

El cálculo del poder calorífico de los cultivos se realizó tomando como referencia cultivo de siembra generalizada en las fincas del área rural de la Sierra del país, el maíz. Para esto, se midió el peso de cada componente de la mazorca de maíz tierno: hojas, eje de la espiga y granos. Con esta medición se determinó el peso del grano, que es la parte que los agricultores comercializan. El porcentaje de peso del grano de maíz es 38%.



**Figura 19 Distribución de peso de una mazorca de maíz tierno**

### **3.2.1.5 Resumen del cálculo de los datos previos necesarios para determinar las necesidades energéticas de las fincas**

Los cálculos anteriores permitieron determinar los siguientes valores:

- Bioclimatismo: Temperatura ambiente promedio = 13.4°C; Humedad = 75.43 % (Velasco L. , 2013)
- Biomasa: Poder calorífico (acacia) = 3827 Kcal/kg
- Biogás: Biofertilizante = 49.2 MJ
- Peso: Grano de maíz = 38%

### **3.2.2 Necesidades de energía en la vivienda, producción de maíz, y transformación en la finca agroquímica y agroecológica**

#### **3.2.2.1 Finca agroquímica**

##### **3.2.2.1.1 En la vivienda**

###### **- Cocción de alimentos**

En la vivienda ubicada en la finca agroquímica, la familia utiliza el GLP como fuente de energía para la preparación de alimentos. El consumo mensual es de 1,5 cilindros. La leña (biomasa) se usa para la cocción de granos y para preparación de alimentos para los trabajadores que participan en las labores culturales. La cantidad de biomasa para estos usos es de 7,5 Kg. La leña se utiliza en una cocina de fuego abierto ubicada junto a la vivienda para evitar la acumulación de humo dentro de la vivienda. Es decir, el calor obtenido de la biomasa se destina a un solo beneficio, la cocción. El resto de calor se desperdicia. La especie forestal utilizada es el eucalipto con un aporte energético de 13.232 MJ.

###### **- Otras actividades**

La otra fuente de energía utilizada para iluminación de la vivienda y aseo personal es la electricidad. El consumo mensual promedio es de 60 KWh.

### 3.2.2.1.2 En la producción

La Tabla 13 muestra que la energía que se obtiene en el cultivo de maíz en una finca agroquímica 821,99 MJ. Mientras que en la Tabla 14 se indica la cantidad de energía que se consume en la producción de maíz.

**Tabla 13**

#### Energía obtenida en el cultivo de maíz en la finca agroquímica

Energía obtenida (1500 m <sup>2</sup> )		MJ / Kg	Finca Agroquímica (MJ)
Productos (Kg)	Maíz tierno	3,77	821,99
	Fréjol tierno	1,34	0
	Quinoa	14,27	0
	Sambo	0,84	0
	Vicia avena	1,05	0
<b>Total</b>			<b>821,99</b>

**Fuente:** Autor

**Tabla 14**

#### Energía utilizada en el cultivo de maíz

Energía utilizada (1500 m <sup>2</sup> )		MJ / Kg	Finca Agroquímica (MJ)
N° de horas de trabajo (mano de obra)		0,40	35,20
Semillas (Kg)	Maíz	14,15	128,75
	Fréjol	12,22	0
	Quinoa	14,27	0
	Sambo	18,84	0
	Vicia Avena	14,23	0
Fertilizantes	Biol (L)	49,20	0
	Nitrógeno - N(Kg)	77,53	3601,27
	Fósforo – P (Kg)	14	318,22
Minerales (Kg)		2	0
Pesticidas	Herbicidas (cm <sup>3</sup> )	0,42	209,00
	Insecticidas (cm <sup>3</sup> )	0,36	127,40
Maquinaria agrícola	Tractor (65 CV)	229,60	229,60
	Motocultor	23,00	0
<b>Total</b>			<b>4649,44</b>

**Fuente:** Autor

El rendimiento para la producción de en la finca agroquímica es:

$$\eta = \frac{821.98 \text{ MJ}}{4649.45 \text{ MJ}} * \frac{\text{MJ}}{\text{MJ}}$$

$$\eta = 17.7 \%$$

Es decir que en la finca agroquímica se invierten 5 unidades de energía para obtener 1 unidad de energía.

### 3.2.2.2 Finca agroecológica

#### 3.2.2.2.1 En la vivienda

##### - Cocción de alimentos

La fuente de energía utilizada en la preparación de alimentos es la biomasa. El volumen de leña consumido en la preparación de un almuerzo (sopa, arroz, carne, colada) fue el dato utilizado para determinar la cantidad de biomasa, tomando en cuenta su porcentaje de humedad. Los valores identificados son:

- Especie forestal = Acacia
- Masa = 2.72Kg.
- Humedad = 14%



**Figura 20 Proceso para calcular la biomasa**

Estos valores permitieron determinar la energía que se consume en la preparación de un almuerzo. El poder calorífico considerando el porcentaje de humedad es  $PC=15660$  KJ/Kg. A continuación se presentan los valores:

- Energía consumida 42709.09KJ. A más de la cocción de alimentos, la energía producida se utiliza en la calefacción de la vivienda.
- Un valor adicional que interviene en la preparación de alimentos es el agua que se obtiene del calentador solar de agua a una temperatura 38 °C. En esta actividad existe también un aporte de energía solar que se calculó en 382 KJ.
- La energía solar utilizada para calentar el agua se usa para el lavado de utensilios de cocina. Se calculó un consumo energético de 11263.43 KJ.

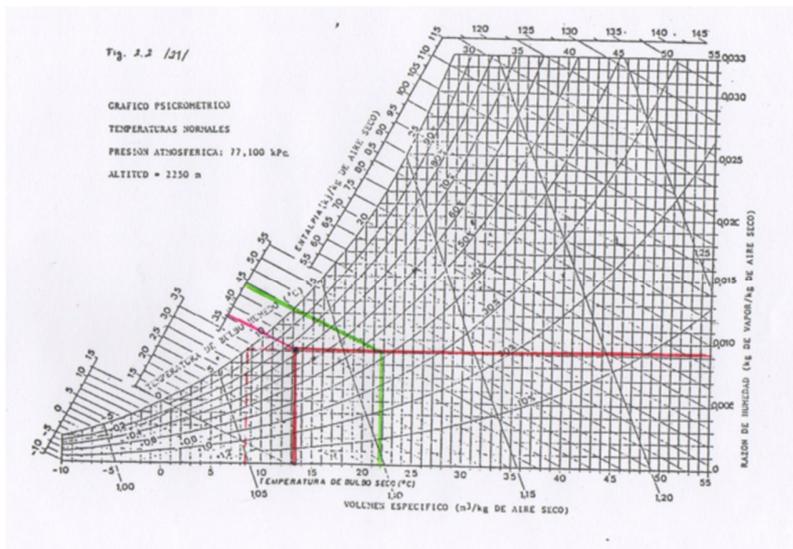
#### - **Calefacción**

Los datos que se consideraron para el cálculo son: temperatura media y humedad de Riobamba. Con estos datos, se calculó la temperatura de confort para una vivienda ubicada en clima frío.

$$T_n = 17.6 + 0.31 * T_m$$

$$T_n = 21.8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Estos valores se representaron en la carta psicométrica como método determinar: 1) entalpía y 2) razón de humedad.



Temperatura inicial = 13.4°C; Humedad = 75.43 %; Temperatura de confort = 21.8 °C

**Figura 21 Representación de datos en la cartilla psicrométrica**

Dando los siguientes valores:

$$w_1 = w_2 = 0.09 \frac{\text{Kg de vapor}}{\text{Kg de aire}}$$

$$h_1 = 36.5 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$h_2 = 44 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg aire}}$$

$$T_{\text{rocio}} = 8.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

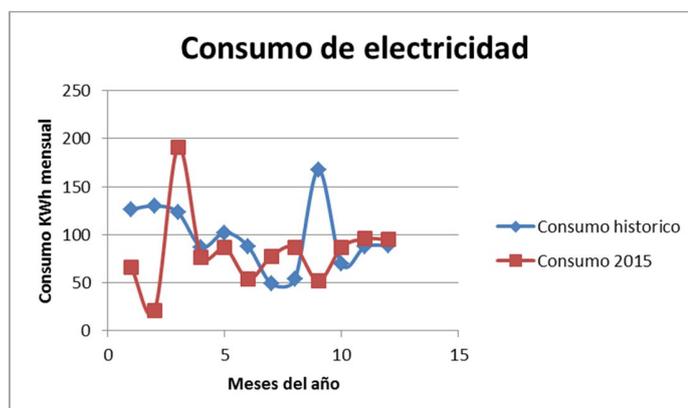
A continuación se muestra el cálculo de la cantidad de energía que se requiere para alcanzar la temperatura de confort en una vivienda ubicada en clima frío (Cengel & Boles, 2009)

$$Q = m * (h_2 - h_1)$$

$$Q = 14259 \text{ KJ}$$

Para alcanzar este nivel de temperatura, la vivienda cuenta con diferentes fuentes de energía que aportan en la calefacción: A continuación, se muestra el aporte de cada tipo de energía:

- 1) Biomasa: El aporte de la energía obtenida de la leña es de 26.4 KW h.
- 2) Energía solar. La vivienda recibe la energía del sol a través de las ventanas de la vivienda. La cantidad de energía que se recibe depende de la ubicación de las ventanas. En este caso, las ventanas de la vivienda se encuentran en dirección Este y Oeste. El área de ventanas localizada en dirección Este es de 9,445 m<sup>2</sup>; y el área de ventanas ubicada en dirección Oeste es de 7.73 m<sup>2</sup>. Existe además una ventana en el techo con una superficie de 2.13 m<sup>2</sup>. El cálculo del aporte energético se realizó multiplicando estos datos con la radiación solar de 6.22 KW h. Un valor complementario que se consideró fue el aporte energético de las cortinas de árboles que rodean la vivienda que permiten conservar el calor recibido del sol. Se determinó un aporte de 5.70 KW h
- 3) Energía eléctrica. El aporte se determinó considerando la energía que se utiliza en la iluminación y aparatos eléctricos de la vivienda. Los valores correspondientes a éstos usos son: 0.2 KW h. y 0.86 KW h. El cálculo se realizó en base a los valores de consumo energético registradas en la cartilla de pago de electricidad. El período de recolección de datos fue entre octubre 2012 y diciembre 2015.



**Figura 22 Consumo energético en la vivienda (Oct 2012 – Dic 2015)**

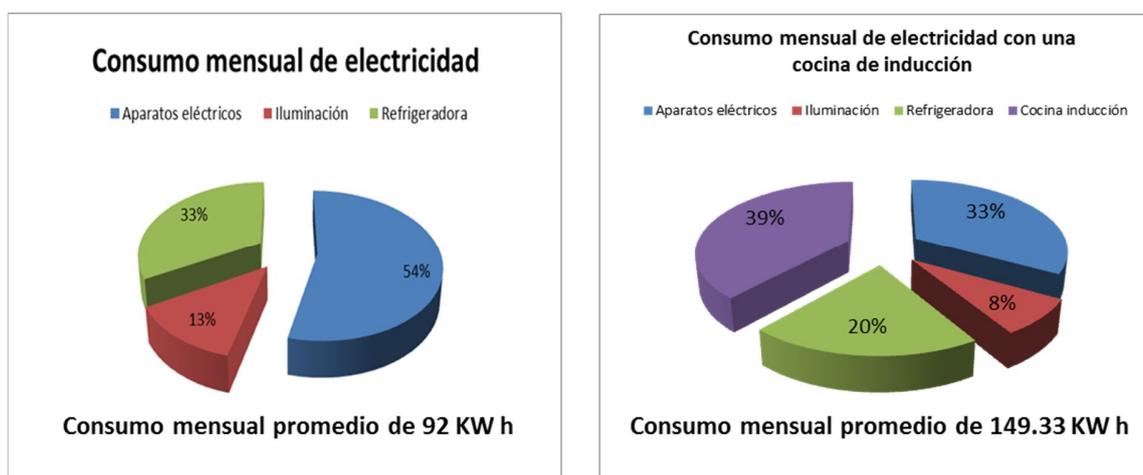
El consumo energético se clasificó en 4 categorías, que se muestran en la Tabla 15. El consumo del uso del refrigerador se realizó con los datos determinados en la etiqueta que registra un consumo anual.

**Tabla 15**

**Consumo mensual de electricidad de la vivienda**

Aparatos eléctricos	Consumo mensual (KW h)
Aparatos eléctricos	49,58
Iluminación	12,00
Refrigeradora	30,42
Cocina inducción	57,33

**Fuente:** Autor



**Figura 23 Consumo mensual de energía de la vivienda**

- **Lavado y aseo personal**

La energía que se utiliza en estas actividades proviene del sol. La vivienda cuenta con un calentador solar que provee de agua caliente. El aporte energético es de 25263.43 KJ.

**3.2.2.2.2 En la producción**

El cálculo de la energía producida en el cultivo de maíz no consideró la biomasa de los residuos del cultivo.

**Tabla 16**

**Energía obtenida en el cultivo de maíz en la finca agroecológica**

Energía obtenida (1500 m <sup>2</sup> )		MJ / Kg	Finca Agroecológica (MJ)
Productos (Kg)	Maíz tierno	3,77	616,49
	Fréjol tierno	1,34	292,27
	Quinoa	14,27	51,90
	Sambo	0,84	68,50
	Vicia avena	1,05	313,95
<b>Total</b>			<b>1343,11</b>

**Fuente:** Autor

Para el cálculo de la energía necesaria para la producción del fertilizante se compararon dos datos: 1) la energía utilizada en la elaboración de bio-fertilizante de forma industrial usado en la finca agroquímica, y 2) la energía usada en la elaboración de bio fertilizante de forma local en la agroecológica.

Como resultado se identificó que la cantidad de energía necesaria para la fabricación de fertilizante es menor si se realiza en la propia finca. El objeto del presente estudio es promover la sostenibilidad productiva, que implica la posibilidad de que las familias elaboren su propio fertilizante. En este sentido, el valor para el cálculo de la energía para la producción de fertilizante fue el de la finca agroecológica.

**Tabla 17**  
**Energía utilizada en el cultivo de maíz**

Energía utilizada (1500 m <sup>2</sup> )		MJ / Kg	Producción Agroecológica (MJ)
N° de horas de trabajo (mano de obra)		0,40	41,6
Semillas (Kg)	Maíz	14,15	96,50
	Fréjol	12,22	16,62
	Quinoa	14,27	3,28
	Sambo	18,84	0,53
	Vicia Avena	14,23	97,07
Fertilizantes	Biol (L)	49,20	984,00
	Nitrógeno - N(Kg)	77,53	0
	Fósforo - P (Kg)	14	0
Minerales (Kg)		2	181,82
Pesticidas	Herbicidas (cm <sup>3</sup> )	0,42	0
	Insecticidas (cm <sup>3</sup> )	0,36	0
Maquinaria agrícola	Tractor (65 CV)	229,60	0
	Motocultor	23,00	46,00
<b>Total</b>			<b>1467,42</b>

**Fuente:** Autor

El rendimiento energético en la finca de producción agroecológica se calculó con la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{1343.113 \text{ MJ}}{1467.42 \text{ MJ}} * \frac{\text{MJ}}{\text{MJ}}$$
$$\eta = 91.5 \%$$

Es decir, en la finca agroecológica se invierten aproximadamente 1.1 unidades de energía para producir 1 unidad de energía.

### **3.2.3 Residuos en la finca agroquímica y agroecológica**

#### **3.2.3.1 Finca agroquímica**

##### **3.2.3.1.1 En la vivienda**

###### *Desechos generados en la cocina*

- Los desechos orgánicos se destina para el alimento de animales. Los desechos inorgánicos se queman.

###### *Agua consumida en la cocina, ducha y lavado de ropa*

- La familia no cuenta con un sistema de almacenamiento de agua de la lluvia. Parte del agua utilizada en la vivienda se destina al pozo séptico. El resto se destina al canal de riego. El promedio de consumo de agua es de 400 litros diarios.

###### *Desechos generados en el baño*

- Las excretas se destinan a un pozo séptico. Las aguas negras que se generan se utilizan directamente en el terreno. El consumo de agua utilizado en cada descarga es de 15 litros.

### **3.2.3.1.2 En la producción**

- Residuos de cultivos – una parte se comercializa en las ferias locales. El resto se quema.

### **3.2.3.2 Residuos en la finca agroecológica**

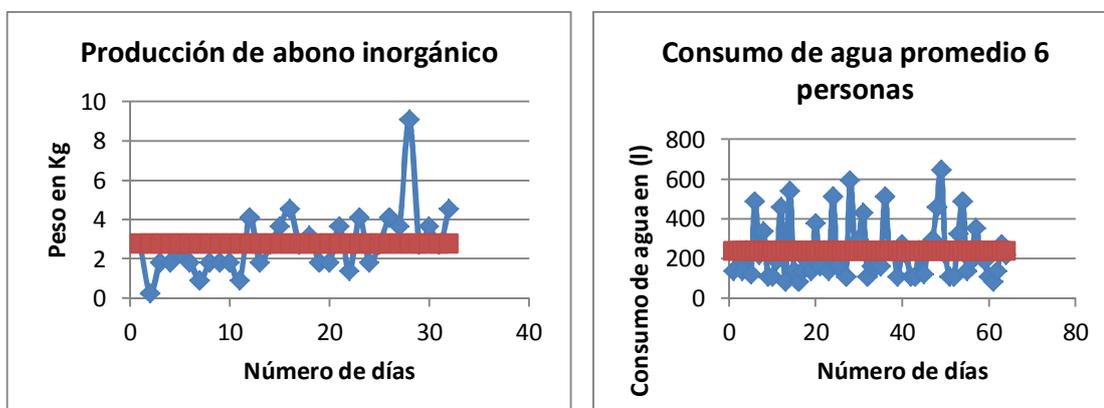
#### **3.2.3.2.1 En la vivienda**

##### *Desechos generados en la cocina*

- Los desechos se clasificaron en orgánicos e inorgánicos. Los desechos orgánicos incluyen restos de alimentos (hojas de hortalizas, cáscaras). Los desechos inorgánicos incluyen fundas, envases plásticos y cartones, residuos que se llevan al botadero de basura de Riobamba. La cantidad de residuos orgánicos es de 2,73 Kg diarios y 3Kg de residuos inorgánicos mensuales.
- Parte de los desechos orgánicos se utilizan para la alimentación de ganado porcino. El resto se destina a la compostera.

##### *Agua consumida en la cocina, ducha y lavado de ropa*

- Parte del agua que se utiliza en las actividades diarias proviene del almacenamiento de agua de lluvia. Ésta se almacena en un tanque (500 L) y luego se purifica en un filtro de bioarena. El consumo promedio de agua es de 200 litros diarios.



**Figura 24 Desechos generados en la vivienda**

- Las aguas grises generadas en la vivienda se destinan a un sistema de reciclado donde el agua se filtra por medio de tres tanques. El agua que se recicla se utiliza en un huerto de árboles frutales.



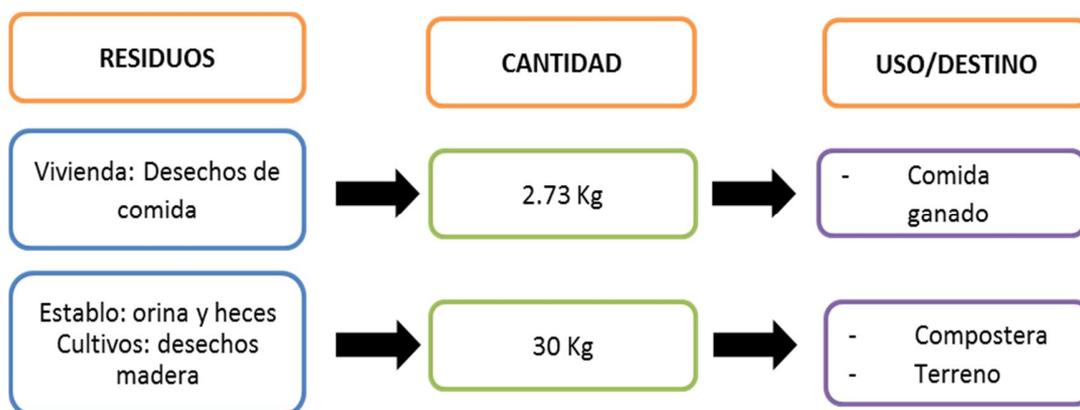
**Figura 25 Reciclado de aguas grises**

### *Desechos generados en el baño*

Los desechos orgánicos del ser humano se depositan en una letrina abonera seca. Este sistema permite un manejo sustentable de la orina y heces

humanas. La orina se almacena en un tanque y se utiliza como fertilizante de cultivos, rico en nitrógeno (N) y potasio (K). Las heces se secan y descomponen con el uso de ceniza y cal. El proceso de descomposición tiene una duración de 8 meses. De la descomposición de las heces se obtiene un abono orgánico rico en fósforo (P) que se utiliza en los cultivos de la finca agroecológica. La cantidad de abono que se produce es de 0,5 toneladas por año (Benzing, 2001).

### 3.2.3.2.2 En la producción

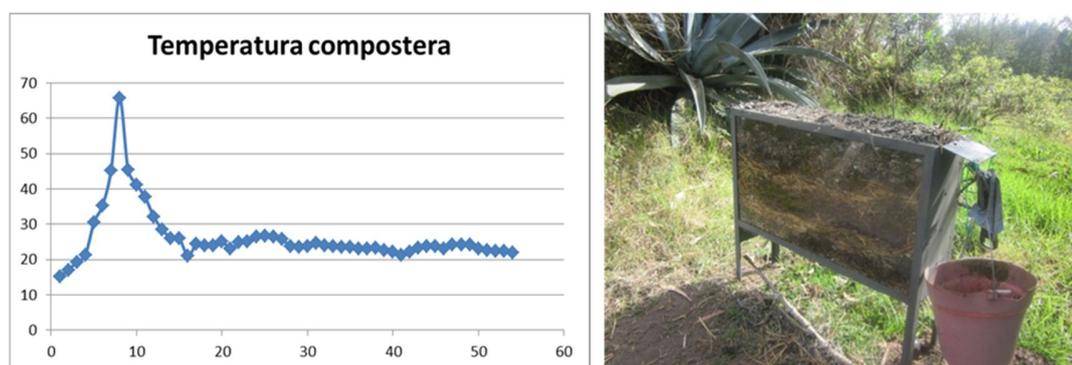


**Figura 26** Uso de los residuos en la finca agroecológica

El manejo de residuos en la finca agroecológica usa el concepto de reciclaje:

- Residuo de cultivos: una parte se utiliza para alimento de animales.
- Residuos de cultivos y estiércol de animales se utiliza para: 1) producción de abono, 2) biogás y biofertilizante. El estiércol aporta nutrientes para un mejor balance de (C/N). El proceso de producción de abono se realiza en la compostera gracias a un proceso de cambio de temperatura (Figura 27). El exceso de calor que se genera se utiliza en la producción de gas metano (Creus, 2014)

- Poda de arbustos y árboles se utiliza para: 1) leña (combustible), 2) abono verde para cultivos, 3) abrigar galpones, 4) producir carbón para mineralizar el terreno y para filtrar el agua de la lluvia.



**Figura 27 Cambios de temperatura en el proceso de obtención de abono orgánico en la compostera**

### 3.2.4 Emisiones en la finca agroquímica y agroecológica

El cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> se estimó considerando los tipos de energía renovable y no renovable utilizados en las viviendas de la finca de producción agroecológica y agroquímica.

**Tabla 18****Emisiones de gases: finca agroecológica y agroquímica**

Fuente de energía	CO <sub>2</sub>	No <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	Partículas sólidas en suspensión	CO	Hidrocarburos	Total
Gas Natural	824,0	0,25	0,336	1,176	TR	TR	825,8
Fotovoltaica	5,9	0,01	0,023	0,017	0,003	0,002	5,9
Biomasa	0	0,61	0,154	0,512	11,361	0,768	13,4
Eólica	7,4	TR	TR	TR	TR	TR	7,4
Solar Térmica	3,6	TR	TR	TR	TR	TR	3,6
Hidráulica	6,6	TR	TR	TR	TR	TR	6,6
Trazas TR							

**Fuente:** (Reis, 2014)

*Emisiones: Energías no renovables*

- Electricidad - las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales hidroeléctricas del Ecuador representan el 5% del total de emisiones del sector energético. El factor de emisión es 1.2125 (tCO<sub>2</sub>/MW h) (Paucar, 2014).
- GLP – las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de un cilindro de GLP es de 3 veces su peso (Coral, 2012).
- Diesel – el factor de emisiones es de 54.3 (tCO<sub>2</sub>/Tj) y poder calorífico 41.3 (TJ/1000ton) (Ministerio de Ambiente, Ministerio de Electricidad, Ministerio de Energías Renovables, 2012).

La información del uso de energía en la finca agroquímica y agroecológica fue utilizada para calcular la cantidad de energía requerida en las dos fincas (Rosello, 2016), tomando como referencia el cultivo de maíz (Sanclemente, 2012)

## CAPÍTULO 4

### MATRIZ ENERGÉTICA

El consumo total de energía se calculó con la sumatoria de valores estimado para los tres ejes de estudio: producción, transformación y vivienda. El análisis comparativo de datos para las dos fincas, los valores se tomaron en el mismo tiempo. En este cálculo se incluyó el consumo energético y costo económico que se utiliza para transportar el GLP.

#### 4.1 Matriz energética de la finca agroquímica y agroecológica

##### 4.1.1 Finca agroquímica

##### 4.1.1.1 En la vivienda

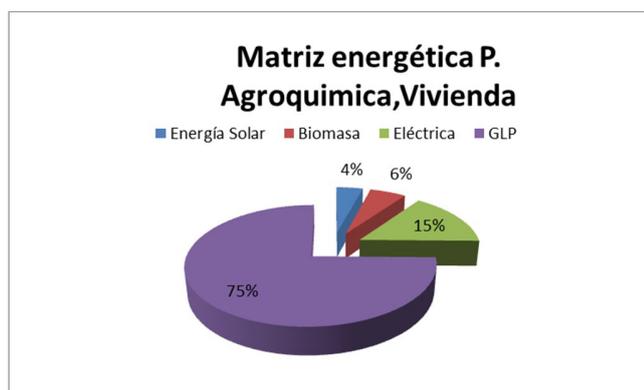
El cálculo de la matriz energética de la vivienda ubicada en la finca agroquímica se determinó con los valores de consumo energético de GLP (promedio de uso mensual 1,5 cilindros). A pesar de que la biomasa se utiliza para la cocción de granos, no se incluyó su aporte energético para la vivienda porque la cocina de fogón abierto se ubica fuera de la casa.

**Tabla 19**

#### Matriz energética vivienda de la finca agroquímica

Finca Agroquímica				
Vivienda mensual	Biomasa (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)	GLP (KW h)	Energía solar (KW h)
Cocción	24	0	315	
Refrigeración		50		
Iluminación		15		17,51
<b>Total mensual</b>	<b>24</b>	<b>65</b>	<b>315</b>	<b>17,51</b>

**Fuente:** Autor



**Figura 28 Matriz energética vivienda de la finca agroquímica**

#### 4.1.1.2 En la producción

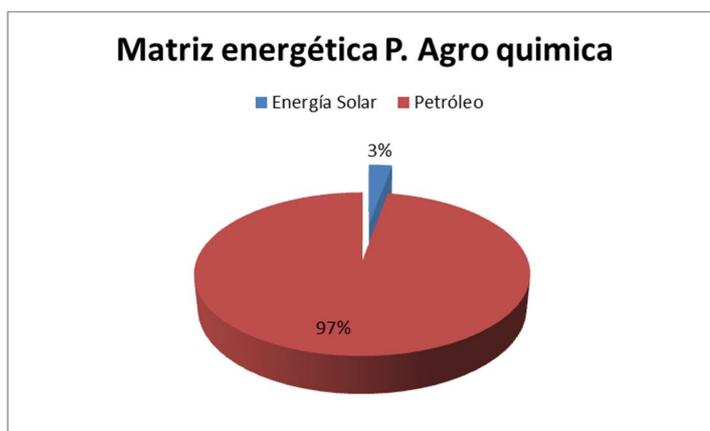
La matriz energética tomó en cuenta los insumos que el agricultor utiliza en la producción de sus cultivos, los datos se muestran a continuación:

**Tabla 20**

**Matriz energética producción finca agroquímica**

<b>Finca Agroquímica (5 meses)</b>		
Semillas	128,75	
Fertilizantes		3919,49
Pesticidas		336,40
Maquinaria		229,60
Total	128.75	4485,49

**Fuente:** Autor



**Figura 29 Matriz energética producción finca agroquímica**

#### **4.1.2 Matriz energética de la finca agroecológica**

##### **4.1.2.1 En la vivienda**

Para el cálculo de la matriz energética de las viviendas se tomaron dos escenarios: 1) matriz energética finca agroecológica (1) – que considera el consumo energético con el uso de una cocina de inducción (Tabla 21); 2) matriz energética finca agroecológica (2) – que considera el consumo energético con una cocina de gas (GLP) (Tabla 22). El objetivo es realizar el análisis comparativo con la vivienda ubicada en la finca agroquímica. Como resultado se puede observar que no existe diferencia en los valores de consumo de energía solar y biomasa.

Tabla 21

## Matriz energética vivienda de la finca agroecológica (1)

Finca Agroecológica (1)					
Actividades (mensuales)	Energía solar (KW h)	Biomasa (KW h)	Barreras de viento (KW h)	Energía Eólica (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)
Cocción	97,05	44,4			15,288
Calefacción	186,6	792,0	171		31,800
Refrigeración					17,480
Iluminación	4,5			9	12,000
Barreras de viento					
Agua caliente	190,92				
Lavado	300				
<b>Total mensual</b>	<b>779,07</b>	<b>836,4</b>	<b>171</b>	<b>9</b>	<b>76,568</b>

Fuente: Autor

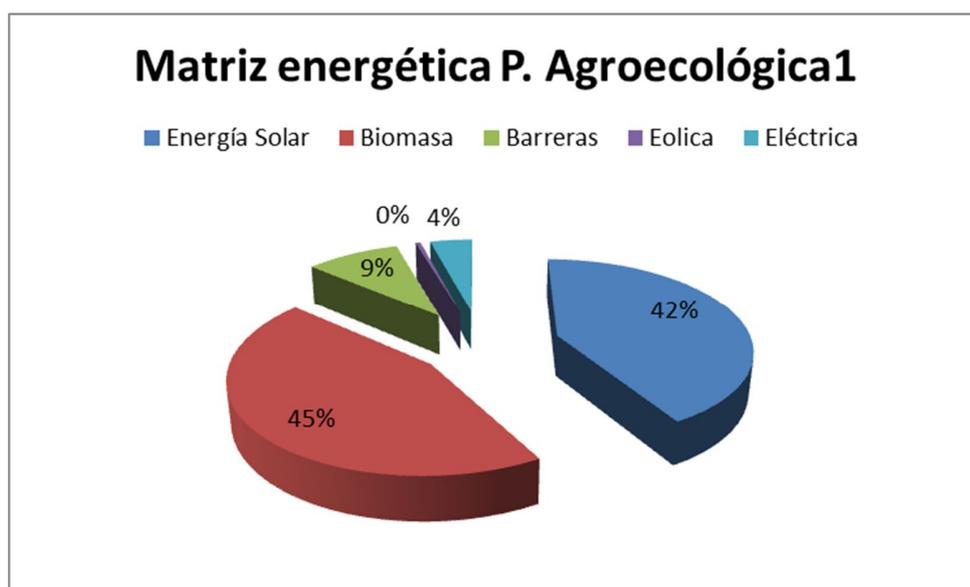


Figura 30 Matriz energética vivienda finca agroecológica (1)

Tabla 22

## Matriz energética vivienda finca agroecológica (2)

Finca Agroecológica (2)						
Actividades (mensuales)	Energía solar (KW h)	Biomasa (KW h)	Barreras de viento (KW h)	Energía Eólica (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)	GLP (KW h)
Cocción	97,05	44,4				15,288
Calefacción	186,60	792,0	171		31,80	
Refrigeración					17,48	
Iluminación	4,50			9		
Barreras de viento						
Agua caliente	190,92					
Lavado	300,00					
Total mensual	779,07	836,4	171	9	49,28	15,288

Fuente: Autor

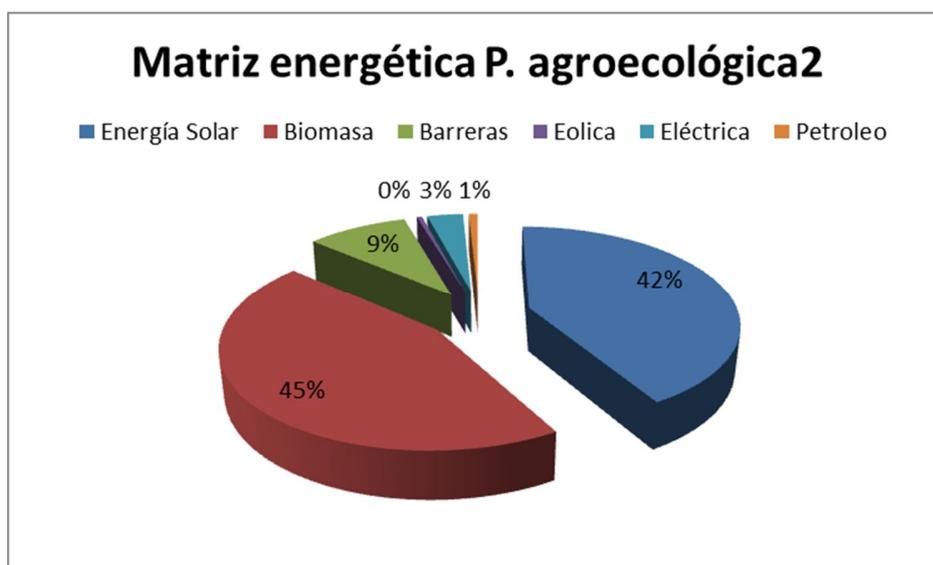


Figura 31 Matriz energética vivienda de la finca agroecológica (2)

## 4.1.2.2 En la producción

El consumo de energía que se consideró para los cultivos es la energía solar. No se consideró el consumo de energía utilizado en el transporte de insumos y materiales requeridos en la finca.

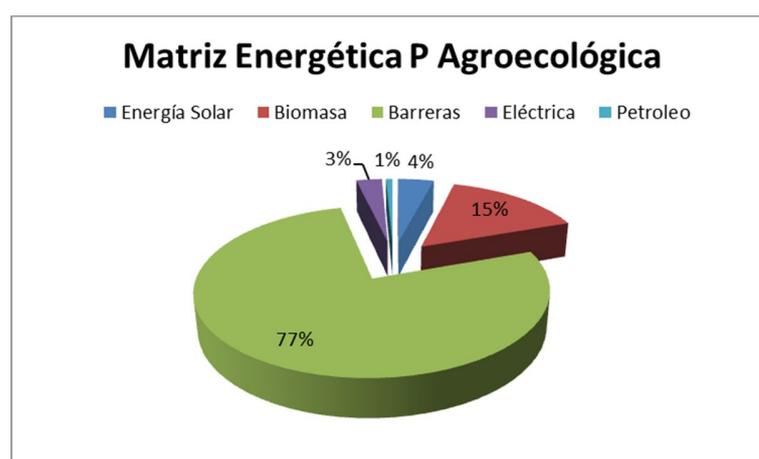
La energía solar que reciben los cultivos de la finca de producción agroecológica se conserva gracias a las cortinas de viento formadas por árboles y arbustos. Las cortinas evitan el impacto directo del viento y reducen cambios extremos de temperatura. Esto permite un mejor desarrollo de los cultivos ya que reduce el daño causado exceso de calor o frío.

**Tabla 23**

**Matriz energética producción finca agroecológica**

Finca Agroecológica					
Producción Agrícola (5 meses)	Energía Solar (KW h)	Biomasa (KW h)	Barreras de viento (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)	Combustibles fósiles (KW h)
Semillas	71,01				
Fertilizantes		272,22			
Minerales				50,51	
Maquinaria					12,78
Barreras de viento			1349,91		
<b>Total</b>	<b>71,01</b>	<b>272,22</b>	<b>1349,91</b>	<b>50,51</b>	<b>12,78</b>

Fuente: Autor



**Figura 32 Matriz energética cultivos finca agroecológica**

#### 4.1.2.3 En la transformación

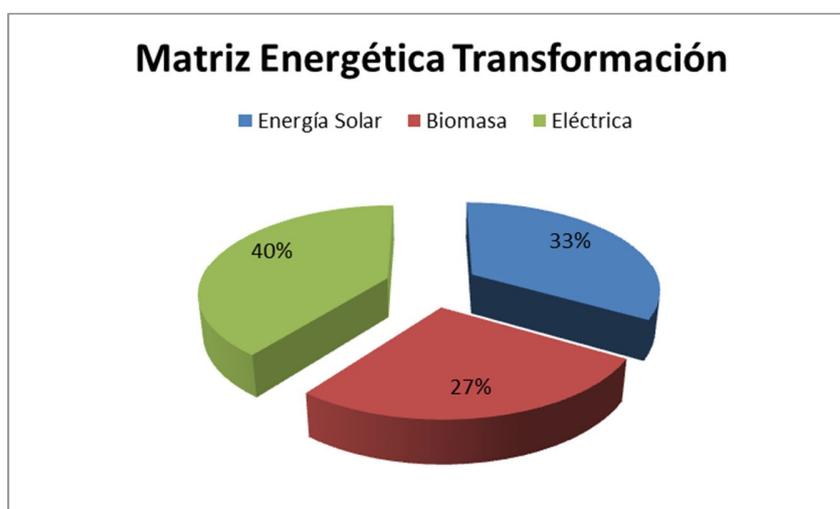
La matriz tomo como referencia el proceso de transformación de la leche en yogur, los datos se muestran a continuación:

**Tabla 24**

**Matriz energética transformación finca agroecológica**

Finca Agroecológica			
Proceso	Energía solar (KW h)	Biomasa (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)
Pasteurización leche (T = 80°C)		8,44	
Lavado	10,4		
Refrigeración			12,94
<b>Total</b>	<b>10,4</b>	<b>8,44</b>	<b>12,94</b>

**Fuente:** Autor



**Figura 33 Matriz energética: transformación finca agroecológica**

La Figura 33 demuestra que en el proceso de transformación, el 60% del aporte energético proviene de fuentes renovables, de las cuales la energía solar

brinda el mayor aporte (33%). El uso de energía renovable puede contribuir en el intento de transformación de productos de una finca.

#### 4.1.3 Comparación matriz energética de la finca agroquímica y agroecológica

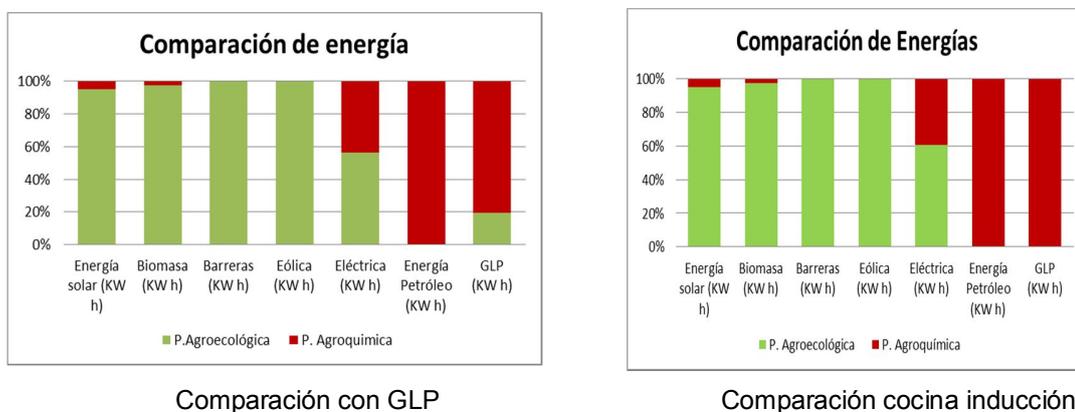
La Tabla 25 muestra los datos de consumo energético en los dos sistemas de la finca agroecológica. Estos valores se comparan con el sistema de producción agroquímica

**Tabla 25**

#### **Matriz energética producción agroecológica (1,2) y agroquímica**

Sistema de producción	Energía solar (KW h)	Biomasa (KW h)	Barreras viento (KW h)	Energía Eólica (KW h)	Energía Eléctrica (KW h)	Petróleo (KW h)	GLP (KW h)
Finca Agroquímica	216,30	120,00	0	0	325,00	4485,49	315,00
Finca Agroecológica 1	4018,36	4496,42	2204,91	45	498,05	12,78	0
Finca Agroecológica 2	4018,36	4496,42	2204,91	45	421,61	12,78	76,14

**Fuente:** Autor



**Figura 34 Comparación matrices energéticas: finca agroquímica y agroecológica**

Los datos obtenidos muestran que:

- El consumo de energía eléctrica en las dos fincas es el mismo.
- En la finca de producción agroquímica, el consumo energético que usa derivados del petróleo es alta. Este consumo incluye el uso de fertilizantes y abonos químicos, además de los combustibles utilizados para su transporte.
- En la finca agroquímica, el desperdicio de la energía obtenida de la biomasa, resulta en la necesidad de aumentar el consumo de GLP
- En la finca agroecológica, el aporte de las barreras de viento es importante, con beneficios directos para los cultivos
- En la finca agroecológica, el aporte de energía del viento se destina para la iluminación de la vivienda.
- En la finca agroecológica, se utiliza maquinaria agrícola pequeña (motocultor). Si se compara la energía utilizada consumida por un motocultor y un tractor, la relación de consumo es 0.1%. Es decir, en la finca agroecológica el consumo energético de combustibles fósiles es bajo.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1 Aporte energético de fuentes renovables

El cálculo del aporte energético que se obtiene en las dos fincas: 1) agroecológica y 2) agroquímica.

Cabe mencionar, que en este cálculo no se consideró el aporte energético que se obtiene de los árboles que forman las cortinas de viento; los beneficios recibidos de este recurso no son simplemente energéticos. Por esta razón se realizó la valoración del recurso forestal como parte integral del sistema agroecológico, que permite el equilibrio del entorno en varios aspectos.

Además, no se consideró el aporte energético de las energías no renovables. Sus valores se utilizaron para determinar las emisiones de CO<sub>2</sub>, que se generan por el uso de estas fuentes de energía. La Tabla 26 muestra los datos obtenidos para cada finca: agroecológica (1) (2); y agroquímica.

**Tabla 26**

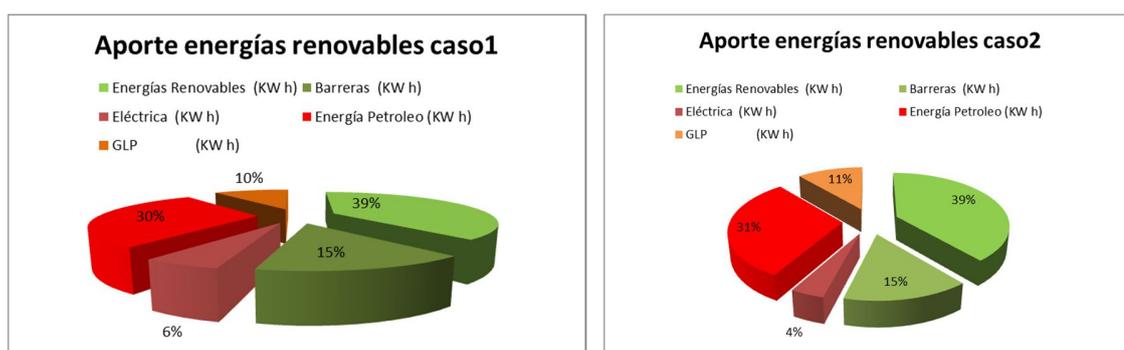
**Aporte energético de los recursos renovables en la finca agroquímica y agroecológica**

<b>Aporte energético de fuentes renovables</b>					
<b>Tipos Finca</b>	<b>Energías Renovables (KW h)</b>	<b>Barreras de viento (KW h)</b>	<b>Eléctrica (KW h)</b>	<b>Energía Petróleo (KW h)</b>	<b>GLP (KW h)</b>
Finca Agroquímica	336,30	0	325,00	4485,49	315,00
Finca Agroecológica 1	8559,78	2204,91	498,05	12,78	0
Finca Agroecológica 2	8559,78	2204,91	421,61	12,79	76,14

**Fuente:** Autor

Se puede observar que no existe diferencia en el aporte energético en los dos escenarios de producción agroecológica. El aporte de energía de fuentes renovables en el sistema agroquímico es bajo. Este representa el 4% si se compara con la energía que recibe el sistema agroecológico. Además que el uso de energías renovables en el sistema agroecológico permite la reducir la necesidad de GLP, esto sugiere un ahorro del 75% para este tipo de energía.

La Figura 35 muestra que en los dos escenarios de sistema agroecológico, la variación de consumo de energía eléctrica y GLP es del 1%, es decir no existe un cambio significativo.



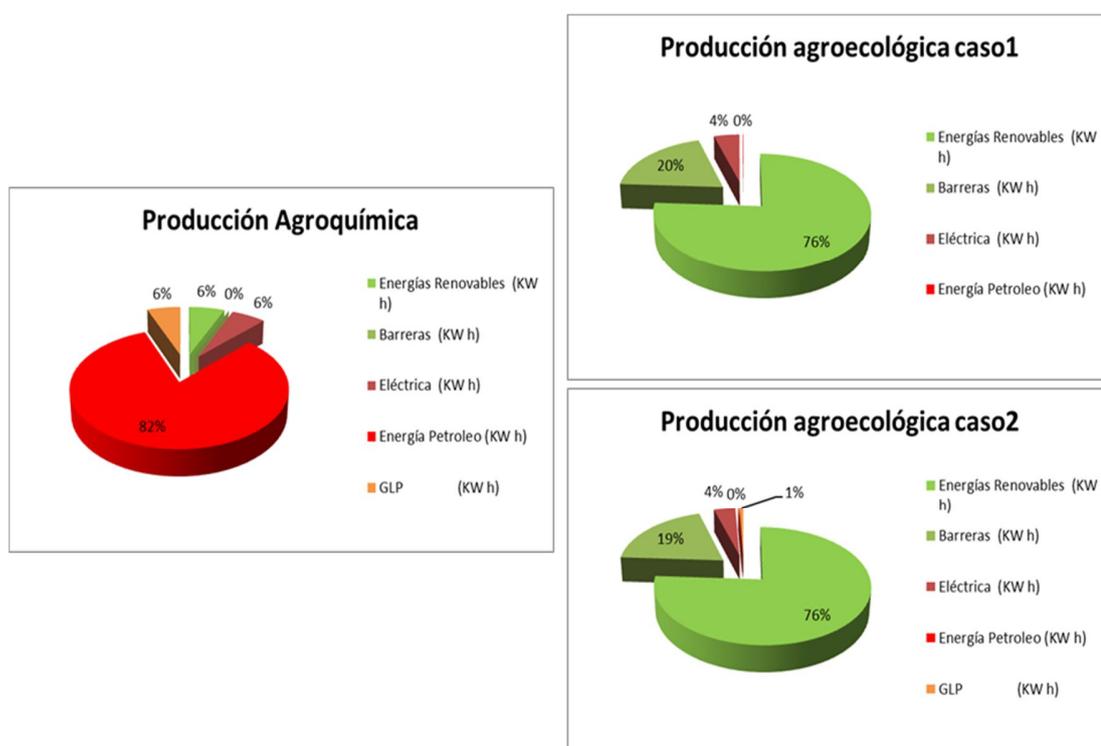
**Figura 35 Consumo energético finca agroecológica(caso 1 y 2)**

El aporte energético de fuentes renovables para las dos fincas es 54%. En la finca agroecológica, el aporte que se obtiene de las especies forestales que forman las barreras de viento es del 15%. Es decir, éste aporte puede beneficiar al sistema agroquímico, si se implementa éste elemento.

Sin embargo, la finca agroecológica en estudio, el aporte total es del 76%, mientras que el sistema agroquímico éste rubro representa únicamente el 6%. Este porcentaje conlleva a que la familia de la finca agroquímica reporte un mayor uso de energías no renovables como se muestra en la Figura 36. Existe una mayor dependencia de electricidad y GLP, energías de producción

centralizada que requieren transporte y pagos frecuentes para su acceso, afectando la soberanía energética de las familias del área rural. Básicamente porque el precio que se paga por el acceso a energías no renovables está fijado por el mercado, es decir por factores externos a la realidad de las comunidades.

El impacto ambiental resultante de esta realidad generalizada en el campo se traduce en un incremento de emisiones de gases efecto invernadero, empeorando la situación de cambio climático. Promoviendo el uso de energías renovables en los sistemas de producción del área rural podría contribuir a que las familias recuperen el control, manejo y acceso a la energía.



**Figura 36 Aporte energético de fuentes renovables la finca agroquímica; y agroecológica (1)(2)**

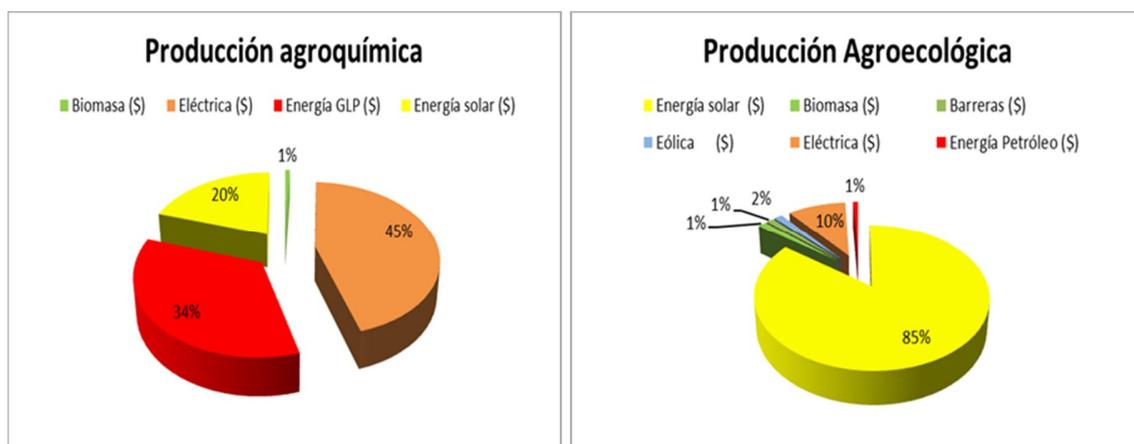
## **5.2 Análisis del costo económico de fuentes de energía renovable y no renovable en la finca agroquímica y agroecológica**

### **5.2.1. En la vivienda**

El cálculo se realizó considerando el precio que la gente de las comunidades de la Sierra paga por el acceso a energía eléctrica, solar, GLP, y biomasa.

- El precio de un cilindro de gas en una comunidad de la Sierra es de 3 dólares.
- El precio del KW h por el uso de una cocina de inducción es de 0.09 dólares. Este valor se tomó de una planilla de servicio eléctrico en la comunidad de El Troje. No se incluyó los impuestos asociados a la prestación de este servicio.
- Para determinar el precio de la biomasa, se consultó a los campesinos de la provincia de Cañar y Chimborazo, el valor que pagarían por un árbol de eucalipto. El valor estimado en Cañar fue de USD 10.68 /m<sup>3</sup>; y USD 3.56/m<sup>3</sup> en Chimborazo. Con estos valores se estimó el promedio, USD 7.12/m<sup>3</sup>. Cabe mencionar, que el valor (económico, ecológico, social) de un árbol en las comunidades de la Sierra es muy bajo.
- El precio que se paga por el uso de energía solar es de USD 0.08 por KWh. Este valor se estimó considerando la inversión en la compra de un calentador solar: USD 1500 diferido a cuatro años.

Con éstos valores se realizó el cálculo del costo energético en la finca: 1) agroecológica y 2) agroquímica. El costo energético mensual de cada fuente se muestra a continuación:



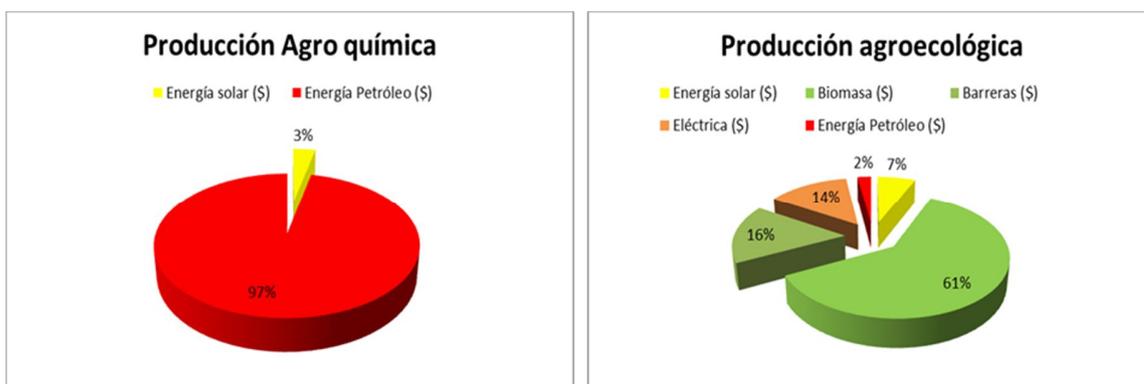
**Figura 37 Costo energético en la vivienda de la finca agroecológica y agroquímica**

Analizando los datos de la Figura 37, se puede observar que:

- En la finca agroquímica, el 79% del costo energético se destina al pago por acceso a energía eléctrica y GLP, a esto se debe añadir el costo de transporte que se paga por la distribución de GLP. Existe una mayor dependencia de energía que se produce fuera de la familia, lo que implica un alto gasto económico. Esta dependencia económica evita el uso de éstos recursos en otras necesidades prioritarias de la familia (e.j. salud, educación, entretenimiento), es decir, no contribuye a mejorar su calidad de vida.
- En la finca agroecológica, el costo de la energía solar es el más alto (85%), básicamente porque este valor incluye la inversión en el calentador solar. Cabe indicar que luego de los cuatro años, el costo se reduce a cero. En el largo plazo, éste valor implica ahorro en la economía familiar. El segundo valor más alto es el de la energía eléctrica (10%).

### 5.2.2 En la producción

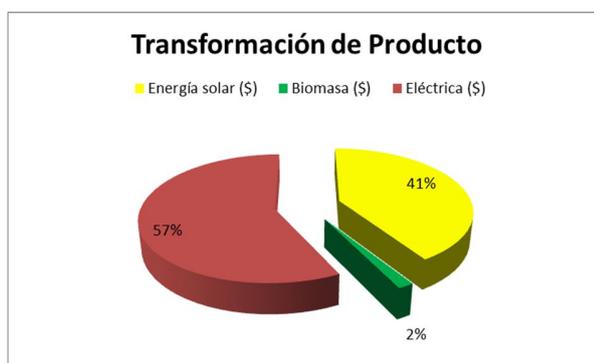
- Producción agroquímica – en este sistema la producción depende directamente del uso de fertilizantes y pesticidas químicos ofertados por la industria agropecuaria. La familia que depende de este sistema, depende directamente de estos insumos para sostener su producción. La dependencia directa implica un gasto económico constante que no se logra recuperar al momento de vender sus productos en el mercado. En este sentido, el precio de los agroquímicos y de la producción de los pequeños campesinos depende de la lógica de mercado, en donde el precio de los insumos se mantiene alto, mientras el precio de los productos agrícolas es siempre. En esta lógica se genera un círculo vicioso de dependencia del pequeño agricultor frente a las grandes empresas.
- Producción agroecológica – en este sistema la producción se sustenta en la disponibilidad de recursos energéticos del entorno. El principal recurso es la biomasa (e.j. cortinas naturales - árboles, residuos de cultivo, materia orgánica de animales) que se utilizan en la labores que requieren energía (e.j. fertilizantes, abono, preparación suelo, microclimas). La diversidad de recursos permite la sostenibilidad de la producción, y por ende menor dependencia de recursos externos.



**Figura 38 Costo energético de producción en la finca agroquímica y agroecológica**

### 5.2.3 En la transformación

- Finca agroecológica – en este proceso, el costo energético se destina: 57% para energía eléctrica, 41% energía solar, 2% biomasa. Es decir, el 43% del costo energético se destina para fuentes renovables. Como se mencionó anteriormente, el costo se traduce a una inversión a largo plazo, por lo que el aporte de las energías renovables se podría incrementar dependiendo de la decisión de la familia. Este incremento permitiría reducir el gasto económico en energía a largo plazo.

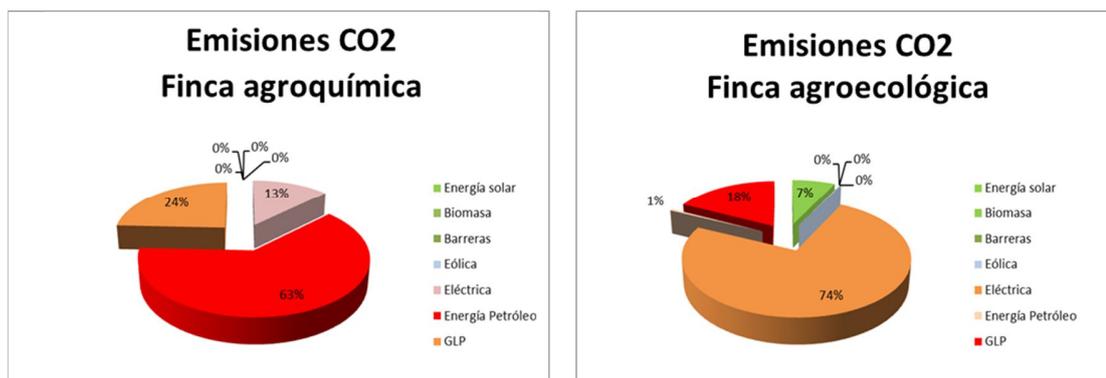


**Figura 39 Costo energético de la transformación en la finca agroquímica y agroecológica**

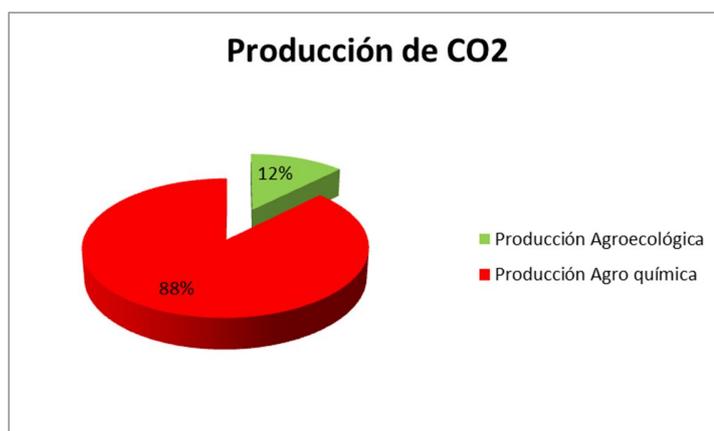
### 5.3 Costo ambiental en la finca agroquímica y agroecológica

El costo ambiental se calculó tomando como referencia las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la finca agroquímica y agroecológica con valores calculados en base a la tabla 8 (emisiones en la finca agroquímica y agroecológica) proyectados para un año. El cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> para la obtención de energía eléctrica se realizó en base a los valores de emisión estimados para la producción de energía térmica e hídrica. El cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> se tomó valor para determinar el impacto ambiental, y su contribución al cambio climático. El valor de emisiones se traducirá a su equivalente a número de árboles necesarios para observar la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida (Cengel & Boles 2008). El cálculo tomó como referencia las emisiones totales en cada sistema en base a los tres ejes de estudio: producción, transformación y vivienda. Los valores resultantes se muestran en la Figura 40.

- Finca agroquímica – en este sistema el mayor impacto resulta del uso de otros derivados del petróleo (63%), seguido de GLP (24%) y electricidad (13%).
- Finca agroecológica – se consideró de cada fuente de energía como fuente de contaminación ambiental. En este sistema el mayor impacto se genera por el consumo eléctrico (74%), seguido de GLP (18%) y otros derivados de petróleo (1%).



**Figura 40 Emisión anual de CO<sub>2</sub> en la finca agroquímica y agroecológica**



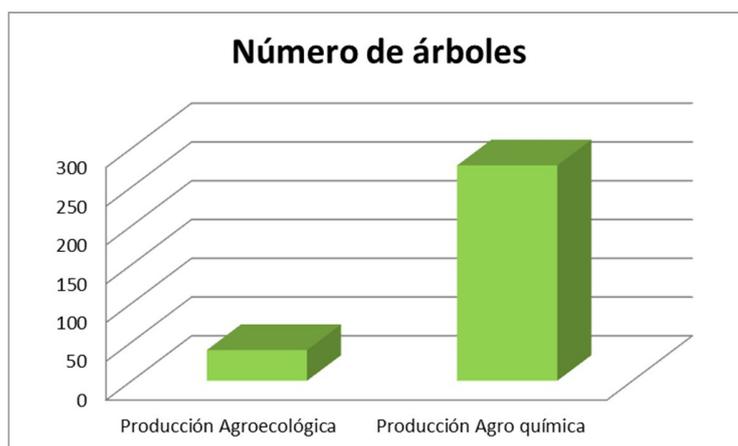
**Figura 41 Emisión total de CO<sub>2</sub> en la finca agroquímica y agroecológica**

- En la finca agroecológica, el total de emisiones equivale a 476 Kg de CO<sub>2</sub> al año. En el sistema agroquímico el total de emisiones equivale a 3333.2 Kg de CO<sub>2</sub> anuales. Si se considera el total de emisiones en dos fincas, la finca agroecológica contribuye con un 12% y la finca agroquímica con un 88%. La generación de CO<sub>2</sub> en finca agroquímica es siete veces mayor que en la agroecológica.

### 5.3 Implicaciones éticas del uso de energías renovables y no renovables en la finca agroquímica y agroecológica

#### 5.3.1 Responsabilidad ambiental

La responsabilidad ambiental se considera como un mecanismo necesario para alcanzar la soberanía energética en cada finca. Como se mencionó anteriormente, el costo energético ambiental se puede traducir a un valor representado en número de árboles (Figura 42).



**Figura 42 Responsabilidad ambiental (en número de árboles) para la finca agroquímica y agroecológica**

En este estudio se estima que una familia del sector rural puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y al mismo tiempo alcanzar su soberanía energética con la siembra de 40 árboles en la finca agroecológica y 278 árboles en la finca agroquímica. Si consideramos los beneficios asociados que obtenemos de los árboles, ésta acción resulta en una estrategia para mejorar el entorno natural de la familia, la comunidad, la ciudad y el país.

### 5.3.2 Implicaciones éticas

La decisión política ligada al uso de una fuente de energía específica, renovable o no renovable, debería considerar los impactos positivos o negativos en el desarrollo del ser humano, la familia, y la comunidad. En este sentido, sería importante, reflexionar y evaluar los criterios fundamentales para la toma de decisiones con el objeto de alcanzar mejores condiciones de vida para los sectores empobrecidos del país. La Tabla 27 muestra de forma resumida las implicaciones éticas del uso de diferentes fuentes de energía (Linares, 2009).

Las implicaciones éticas con mayor incidencia están marcadas con una X, mientras que los aspectos con poca implicación se encuentran en blanco.

**Tabla 27**  
**Implicaciones éticas del uso de energías**

IMPLICACIONES ÉTICAS		Energías fósiles	Hidráulica (a gran escala)	Renovables		
				Solar	Biomasa	Eólica
Acceso a la energía	Disponibilidad física		X	X	X	X
	Coste económico		X			
	Volatilidad del coste	X				
	Inversión inicial		X	X		X
	Transferencia de tecnología			X		X
Recursos limitados		X				
Concentración del recurso		X				
Impacto Ambiental	Intrageneracional	X	X			
	Intergeneracional	X				
Configuración de la sociedad	Comunitaria			X	X	X
	Centralismo	X	X			
	Dictadura	X				
Proliferación de armamentos		X				
Uso del terreno			X	X	X	X
Uso del agua		X	X			

**Fuente:** (Linares, 2009)

El costo de producción de energía solar es de 2,5 millones por MW mientras que la producción térmica es de 1,5 millones por MW. Los costos de instalación local de energías renovables son mucho menores. Por ejemplo, la implementación de colectores solares en comunidades de la sierra tiene una producción estimada de 0.33 millones por MW. Así mismo la instalación de energía eólica a pequeña escala tiene una producción de 4 millones por MW. El verdadero cambio de matriz energética debe enfocarse a la producción diversificada de energía, siendo prioritario el soporte, avance tecnológico e inversión en producción limpia con el uso de energías renovables. Sería importante el apoyo a proyectos locales que permitan el acceso, manejo y soberanía energética de las familias como estrategia para fomentar el desarrollo sostenible local. Esto se traduciría en mejores condiciones de vida de la gente, el Sumak Kausay. Ésta decisión debería considerar las siguientes premisas:

- El costo de implementación de colectores de energía solar a nivel local (e.j. comunidades) requiere menos inversión si se compara con el costo de inversión para la obtención de energía de fuentes hídricas. La diferencia de costos entre energía solar local y un mega proyecto hidroeléctrico es de 4.5 veces.
- La inversión estatal para la producción de energía a gran escala, requiere más recursos económicos, que lo que se necesita para invertir en proyecto locales para generar misma cantidad de energía. Además, la inversión en proyectos locales permite que las familias alcancen su soberanía energética, mientras que la tendencia a gran escala alimenta el concepto de centralización de los recursos energéticos.

## **5.4 Propuesta para el mejoramiento de la matriz energética de la finca agroquímica y agroecológica**

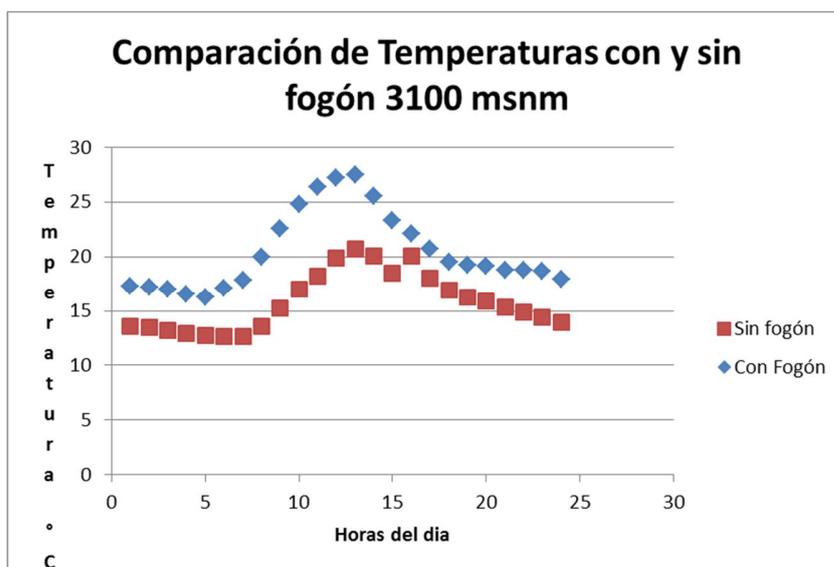
### **5.4.1 Finca agroquímica**

#### **5.4.1.1 En la vivienda**

El estudio demuestra que en una vivienda de producción agroquímica existe la necesidad de mejorar las condiciones temperatura de la vivienda, como:

Calefacción: 1) Se recomienda utilizar sistemas de aislamiento (e.j. paredes, puertas, ventanas y techo). Con esta acción se disminuiría el problema generalizado de infiltración en viviendas del sector rural de la Sierra. 2) Implementar una cocina de leña que permita aprovechar el calor generado por la biomasa en la calefacción de la vivienda

El presente estudio propone implementar una cocina de leña como estrategia para mejorar las condiciones de vida dentro de la vivienda con un mejor aprovechamiento de la energía obtenida de la biomasa. El aporte energético que se obtendría con el uso de una cocina de leña se calculó con la medición de la variación temperatura interna de una casa, parte del sistema de viviendas del MIDUVI (ubicada a 3100 msnm). La medición se realizó antes y después de la instalación de la cocina de leña. Los resultados se muestran en el Figura 43. Se puede observar que la cocina contribuye a incrementar la temperatura interna de la vivienda en un promedio de 5°C, que se mantiene durante todo el día.



**Figura 43 Temperatura interna en una vivienda con y sin cocina de leña**

#### 5.4.1.2 En la producción

- Cortinas de viento – se recomienda la plantación de diferentes especies de árboles y arbustos para la creación de microclimas, lo que brinda mejores condiciones para el crecimiento de los cultivos (e.j. reduce cambios drásticos de temperatura, mejora la humedad del suelo, aumenta la cantidad de abono verde y nutrientes para el suelo)
- Agroquímicos – se recomienda disminuir el uso fertilizantes, pesticidas y otros productos químicos que contribuyen a la generación de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, afectan la salud, empobrecen los suelos, y crean dependencia económica hacia las industrias de agroquímicos.

#### 5.4.1.3 En la transformación

- Se recomienda incorporar el concepto de valor agregado a los productos mediante el proceso de transformación. Es decir utilizar las fuentes de energía disponibles para la creación de nuevos productos que tengan

mejor precio en el mercado. El acceso a la energía debe contribuir no solamente a satisfacer las necesidades de la vivienda, sino también a mejorar las condiciones de vida de la familia.

## **5.4.2 Finca agroecológica**

### **5.4.2.1 En la vivienda**

- Iluminación: se recomienda la implementación de sistemas fotovoltaicos para aparatos eléctricos de bajo-medio consumo energético (e.j. radio, computador).
- Aireación: se recomienda la implementación de un sistema de ventilación con el uso de energía eólica.
- Otras necesidades: se recomienda la implementación de un sistema para la generación de energía hidráulica para usos específicos (e.j. cargar la batería del celular en las horas de riego que la familia dispone).

### **5.4.2.2 En la producción**

- Energía eólica: se recomienda el uso de un sistema de producción eólico que permita el uso de ésta energía en ciertas actividades del huerto (e.j. procesamiento de productos para la obtención de minerales).

### **5.4.2.3 En la transformación**

Aprovechar la temperatura de la noche en el proceso de producción de yogur. Esta acción contribuiría a disminuir el consumo eléctrico del hogar, puesto que el refrigerador es el aparato eléctrico de mayor consumo energético.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

- a. La información recolectada del testimonio de familias campesinas de la Sierra permite demostrar que en una finca agroquímica se invierten 5 Kcal de energía para producir 1 Kcal de alimento. Es decir, una familia campesina con producción agroquímica invierte más recursos (e.j. transporte, fertilizantes, agroquímicos, trabajo) de lo que obtiene. Esto también se traduce en términos económicos, en una finca agroquímica se invierte 4.5 veces más dinero que en una finca agroecológica.
- b. Los parámetros identificados para la medición del uso de energías renovables son: 1) temperatura: en la vivienda, y en la finca ( $^{\circ}\text{C}$ ), 2) cantidad de biomasa obtenida de: poda, residuos orgánicos y de cultivos y estiércol ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ), y 3) cantidad de agua reutilizada en los cultivos ( $\text{m}^3$ ). Estos parámetros permitieron cuantificar el aporte de cada fuente de energía en una finca agroecológica. Los valores identificados son: 1) Temperatura: 21 a 26  $^{\circ}\text{C}$ , 2) Biomasa: 10.91 Kg de leña por cada 2 m de árboles; 2.73 Kg de residuos orgánicos de la cocina, y 0.5 Tn/año abono orgánico de la letrina, 3) 200 L diarios de aguas grises recicladas. Se puede concluir que la diversificación del uso de energías contribuye a mejorar las condiciones de cultivo y de la vivienda, al contar con un mayor aporte energético de cada fuente.
- c. En una finca agroecológica, el uso de energía renovable contribuye a mejorar la temperatura interna de la vivienda, se logra contar con un promedio de entre 21 – 26 $^{\circ}\text{C}$ , valores que se encuentran dentro de la zona de confort para viviendas de zonas frías, lo que favorece el buen vivir de la familias campesinas. En la producción agropecuaria, la energía

solar, eólica y biomasa aportan el 80% del total de la energía necesaria para los cultivos. La energía que se obtiene de fuentes de energía no renovable es  $49.18 \text{ W/m}^2$  con un consumo de  $15 \text{ W/m}^2$ , es decir existe un excedente de  $34 \text{ W/m}^2$  que una familia podría destinar para mejorar la producción o vivienda. La inversión en energías renovables para una finca se puede recuperar en 5 años. Se puede concluir que el uso de fuentes de energía renovables contribuye a la sostenibilidad energética, alimentaria, ambiental y social de la finca a largo plazo.

- d. La energía solar contribuye con la iluminación y calefacción dentro de la vivienda. Esta energía se aprovecha dependiendo del factor de forma de la vivienda. El valor óptimo para viviendas de clima frío oscila entre 0.5 – 0.83. Si el valor es menor, significa que la vivienda requiere más energía para mejorar la temperatura interna de la casa. El factor de forma en la vivienda agroquímica es 1,24 mientras que en la finca agroecológica es 0,72. En la finca agroquímica la eficiencia es 54% mientras que en la finca agroecológica es 93%. Se puede concluir que en la finca agroecológica la energía del sol se aprovecha mejor gracias a que la forma y ubicación de la vivienda aprovecha la energía del sol. En la finca, la biomasa también se utiliza como abono verde, en la finca agroecológica existe el aporte es de 12.72 Kg, mientras que en la finca agroquímica éste abono no se utiliza. En la vivienda, la biomasa se utiliza en la cocción de alimentos, la familia de la finca agroquímica utiliza 7,5 kg de leña al día y 2,72 Kg la familia de la finca agroecológica. Esto demuestra un 36% de ahorro energía, se puede concluir que mejorar el rendimiento del uso de biomasa implica una disminución en la deforestación, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la familia y del sector.
- e. El principal aspecto que garantiza la sostenibilidad de la finca es garantizar el derecho al acceso y tenencia de la tierra. Asegurando este espacio físico se garantiza la disponibilidad de recursos energéticos para

la familia. Otro aspecto social es el capital social. Si la familia cuenta con el conocimiento y la voluntad de mantener sus árboles, y el mantenimiento de los sistemas tecnológicos para el aprovechamiento de las energías renovables (e.j. cocina mejorada, secador solar, etc.). El uso de energías renovables a nivel local promueve espacios de diálogo tanto a nivel familiar como comunitario, el aporte de las energías renovables contribuye a la organización y empoderamiento de las comunidades para alcanzar su soberanía energética. En términos económicos, el principal aspecto que contribuye a la sostenibilidad del sistema es garantiza un precio estable que no dependa de factores externos (e.j. políticos, económicos, de poder). Otro aspecto es el ahorro que se obtiene de la diversidad de energías, éste recurso se puede aprovechar en una finca contribuye a recuperar la inversión necesaria para la instalación de sistemas de energía no renovable. En el mediano plazo la familia puede contar con ingresos para invertir en otras necesidades para mejorar las condiciones de su finca, como la implementación de un bombeo para el reciclado de aguas. En este punto, es importante mencionar la disminución de la dependencia del recurso agua en la producción de energía, el mantenimiento de tecnologías locales no requiere el uso de grandes cantidades de agua como lo requiere los proyectos energéticos a gran escala (e.j. hidroeléctrica, combustibles fósiles)

- f. El aprovechamiento de diversas fuentes de energía genera un aporte social, económico y ambiental, es decir contribuye a la sostenibilidad largo plazo. El presente estudio plantea un sistema energético familiar o comunitario que permita la participación de los beneficiarios, y evite el manejo y control de los recursos por grandes grupos económicos, es decir se plantea un sistema energético que promueva la soberanía energética.

- g.** Se puede concluir que el uso de cualquier fuente de energía renovable y no renovable implica la responsabilidad social de todo ciudadano. El presente estudio plantea como responsabilidad social la siembra de árboles para alcanzar un equilibrio ambiental mínimo, entre la producción y consumo de energía. Por ejemplo para que una familia de una finca agroquímica alcance un equilibrio energético debería sembrar 270 árboles, mientras que en una finca agroecológica 40 árboles.

## **6.2 Recomendaciones**

- a.** Analizar procesos de transformación en los que se pueden aprovechar los recursos energéticos existentes en la finca (sol, viento, biomasa).
- b.** Crear un banco de datos y experiencias que permita realizar el registro de datos sobre el ahorro de energía que los agricultores han realizado durante miles de años en las formas de vida y cultivo propias que todavía se conservan
- c.** Socializar el estudio con los pobladores de las comunidades, como mecanismo para involucrar a los agricultores en la búsqueda de soluciones a sus necesidades, tomando en cuenta el cuidado de nuestra casa grande.
- d.** Realizar estudios de los ciclos de energía en los procesos de reciclaje de desechos en la producción agroecológica.
- e.** Buscar alternativas energéticas que permitan cubrir las necesidades de transporte de los agricultores del área rural.
- f.** Se recomienda la implementación de un sistema de identificación en base al uso de energía renovable en la producción: rojo - alto, amarillo - medio y verde – bajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acción Ecológica. (2007). *La cosecha perversa*. Quito: IÄCOBOS.
- Acosta, A. (2002). En la encrucijada de la globalización: Algunas reflexiones desde el ámbito local, nacional y global. *Ecuador Debate*, 37-55.
- Araujo, E., & Condo, A. (2014). Estimación y modelación Geoestadística de la Radiación Solar en la Provincia de Chimborazo en el año 2012. Riobamba.
- Benzing, A. (2001). *Agricultura Orgánica Fundamentos para la región andina*. Alemania: Necker-Verlag.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2008). *Termodinámica*. Mexico: McGrawHill.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2009). *Termodinámica*. Mexico: Mc Graw Hill.
- CONELEC. (2014). Información estadística anual de producción de Energía. file://C:/Users/Usuario/TESIS MAESTRIA/Consejo Nacional de electrificación. Recuperado el 10/10/2014.
- Coral, K. (2012). *Energía y ambiente*. Quito.
- Creus, A. (2014). *Energías Renovables*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Damien, A. (2010). *La Biomasa Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones*. Francia: Mundi Prensa.
- De Juana Sardón, J. M. (2003). *Energías renovables para el desarrollo*. Paraninfo.
- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (2016). *Datos climáticos de la Ciudad de Riobamba*. Riobamba.
- Fernández, J. (2011). *Guía Completa de la Energía Eólica*. Madrid: Madrid vicente ediciones.
- Guasumba, J. (2011). Radiación y Geometría solar. Sangolquí.
- Guinebault, A., & François-Rozis, J. (1997). *Calefacción Solar para regiones frías*. Lima: ITDG.

- Hualla, F., Gutarra, A., & Saavedra, G. (2009). *Arquitectura Bioclimática con énfasis en viviendas altoandinas*. Venezuela: Cer-uni.
- IDEA. (2007). *Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada*. Madrid.
- Jutglar, L. (2004). *Energía Solar*. Barcelona: CEAC.
- Linares, P. (2009). *Aspectos éticos en el uso de las distintas energías*. Madrid.
- López de Asiain, J. (1996). *Vivienda Social Bioclimática*. Sevilla: GANDOLFO.
- Mackay, D. (2012). *SUSTAINABLE ENERGY- without the hot air*. England: UIT Cambridge.
- Martínez, M., Orlandini, A., & Herrero, S. (2011). Crisis, Cambio Global y Energía. *Revista de economía mundial ISSN 1576-D162*, 263-264.
- Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (2013). *Balance Energético Nacional 2013 año base 2013*. Quito.
- Ministerio de Ambiente, Ministerio de Electricidad, Ministerio de Energías Renovables. (2012). *Factor de Emisión de CO2 del sistema interconectado del Ecuador al año 2011*. Quito.
- Muñoz, P. (2013). *La matriz Energética Ecuatoriana*. Loja.
- O'Murcho, D. (2014). *Teología Cuántica*. Quito: Abya Yalas.
- Paucar, M. (2014). *Estudio de emisiones de metano producidas por embalses en centrales hidroeléctricas en Ecuador*. Santiago de Chile: PCatólica de Chileontificia universidad.
- Pierre, J. (2005). *El canto de la Tierra*. Paris: Table Ronde.
- Reis, A. (2014). *Nuevas tecnologías energéticas*. Quito.
- Rosello, O. e. (2016). *c:/users/usuarios/desktop/biomasa/Comparación del Balance eergético y de los costos económicos en cítricos y hortícolas valenciano en cultivo ecológico y convencional*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016
- Salgado, J. (2010). *Guía completa de la energía solar térmica y termoeléctrica*. Madrid: A. Madrid vicente.
- Sancllemente, O. (2012). *Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo en el cultivo del maíz*. Colombia.

- Schifter, I., & González, C. (2005). *La Tierra tiene fiebre*. Mexico: IEPSA.
- Teixeira do Vale, A. (2013). *Características Energéticas de Biomasa*. Quito.
- Velasco, L. (2013). *Bioclimatismo*. Quito.