



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**“SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO  
POR GOTEO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y  
YAHUARCOCHA, CANTÓN IBARRA”**

Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de  
Ingenieros en Recursos Naturales Renovables

**AUTORES:** Washington Daniel Cerón Paredes  
Víctor Jhalmar Pérez Prado

**DIRECTORA:** MSc. Gladys Neri Yaguana Jiménez

IBARRA-ECUADOR

2019



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPEUARIAS Y  
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**“SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO  
POR GOTEO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y  
YAHUARCOCHA, CANTÓN IBARRA”**

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, previa a la obtención del  
título de:

**INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**APROBADO:**

MSc. Gladys Yaguana

**DIRECTORA**

PhD. Juan Carlos García

**ASESOR**

MSc. Doris Chalampunte

**ASESORA**

MSc. Eleonora Layana

**ASESORA**

**IBARRA – ECUADOR**

**JUNIO, 2019**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

##### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	100456015-2		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Cerón Paredes Washington Daniel		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Otavalo - Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	danielyn1804@hotmail.es		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062920761	<b>MÓVIL:</b>	0994578006

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1003851795		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Pérez Prado Víctor Jhalmar		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra - Imbabura		
<b>EMAIL:</b>	vicper20fe@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2551020	<b>MOVIL:</b>	0995617672

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO POR GOTEO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y

	YAHUARCOCHA, CANTÓN IBARRA
<b>AUTORES:</b>	Cerón Paredes Washington Daniel Pérez Prado Víctor Jhalmar
<b>FECHA:</b>	21 de junio del 2019
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Recursos Naturales Renovables
<b>DIRECTORA:</b>	MSc. Gladys Yaguana

## 2. CONSTANCIA

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 21 días del mes de junio de 2019

### LOS AUTORES

Cerón Paredes Washington Daniel

**C.I. 100456015-5**

Pérez Prado Víctor Jhalmar

**C.I. 100385179-5**

## **REGISTRO BIBLIOGRAFICO**

**Guía:** FICAYA- UTN

**Fecha:** 21 de junio del 2019

WASHINGTON DANIEL CERÓN PAREDES

VÍCTOR JHALMAR PÉREZ PRADO

**SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO POR GOTEO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, CANTÓN IBARRA**

### **TRABAJO DE GRADO**

Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte.  
Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 21 de junio de 2019

**DIRECTORA:** MSc. Gladys Yaguana

La presente investigación evaluó la sustentabilidad del uso de tres tipos de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados en Aloburo y Yahuarcocha con el fin de mejorar las actividades agrícolas mediante técnicas agroecológicas. Los resultados obtenidos evidenciaron cambios enfocados en el cuidado de los recursos naturales, mejora de ingresos y beneficio social

Ibarra, 21 de junio del 2019

### **AUTORES**



\_\_\_\_\_  
Cerón Paredes Washington Daniel



\_\_\_\_\_  
Pérez Prado Víctor Jhalmar

### **DIRECTORA**



\_\_\_\_\_  
MSc. Gladys Yaguana

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **Washington Daniel Cerón Paredes** y **Víctor Jhalmar Pérez Prado**, bajo mi supervisión en calidad de directora.



MSc. Gladys Yaguana

**DIRECTORA**

## DECLARACIÓN

Manifestamos que la presente obra es original y se ha desarrollado sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto, es original y somos los titulares de los derechos patrimoniales; por lo que asumimos la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldremos en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 21 de junio del 2019



---

Cerón Paredes Washington Daniel

**C.I. 100456015-5**



---

Pérez Prado Víctor Jhalmar

**C.I. 100385179-5**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar agradecemos a Dios por darnos la vida y permitirnos cumplir con éxito el trabajo de titulación*

*A nuestra querida Universidad Técnica del Norte, a la carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables y a sus docentes por habernos formado académica, ética y profesionalmente.*

*A nuestra directora MSc. Gladys Yaguana, por habernos brindado el apoyo necesario como docente, además por demostrarnos cariño y aprecio durante nuestra vida universitaria, de igual manera a nuestros asesores MSc. Doris Chalampunte, MSc. Eleonora Layana y PhD. Juan Carlos García por guiarnos en este trabajo de investigación.*

*Agradecimientos especiales a MSc. María Vizcaíno, y al Ing. Manuel Aguilar por habernos apoyado durante varias etapas de nuestra investigación. A los habitantes de Aloburo y Yahuarcocha que nos brindaron su colaboración y apoyo en todas las etapas de nuestro trabajo de investigación.*

*Washington Cerón  
Víctor Pérez*



## **DEDICATORIA**

*A Dios por regalarme la vida, guiarme y bendecirme diariamente en todos los instantes de mi vida*

*A mis padres, Margoth y Washington por darme la vida, amarme incondicionalmente y apoyarme siempre con esas palabras de aliento para levantarme, sacudirme y superar todo obstáculo. Dios les colme de bendiciones.*

*A mis hermanos, Lizbeth y Esteban por compartir momentos únicos y por brindarme su apoyo y cariño.*

*A mi amigo Víctor con el cual compartimos una amistad en los buenos y malos momentos.*

Washington Cerón

## **DEDICATORIA**

*A Dios por ayudarme día a día en cada acción de mi vida y permitirme junto a mi amigo y compañero culminar una meta académica anhelada*

*A mis padres María y Víctor que me han ayudado y guiado en mi vida desde el momento de mi nacimiento.*

*A mi hermana y cuñado Marisol y Galo por haberme querido y cuidado siempre como a un hijo más.*

*A mis sobrinos queridos que han estado en todos los momentos importantes de mi vida demostrándome su apoyo incondicional y su cariño.*

*A mi amigo Daniel con el cual hemos compartido gratos recuerdos y lecciones de vida.*

*También va dedicado a todas las personas que formaron parte de este proyecto de investigación, y confiaron en nosotros para llevarlo a cabo. Espero que este trabajo sea un aporte a la comunidad académica de la región.*

*Víctor Pérez*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problema de investigación.....	2
1.2. Preguntas de investigación .....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
2.1. Antecedentes .....	6
2.2. Marco teórico .....	8
2.2.1. Agroecosistema.....	8
2.2.1.2. Los recursos de un agroecosistema.....	11
2.2.2. Abonos orgánicos .....	11
2.2.2.1. Mulch o coberturas orgánicas .....	12
2.2.3. Cultivos asociados .....	13
2.2.4. Riego por goteo.....	14
2.2.5. Sustentabilidad de los agroecosistemas .....	14
2.2.6. Método MEMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad).....	16
2.3. Marco legal.....	17
<b>CAPÍTULO III</b> .....	20
3. MARCO METODOLÓGICO .....	20
3.1. Caracterización del área de estudio .....	20
3.2. Materiales, equipos y herramientas utilizadas en los ensayos.....	21
3.3. Metodología.....	22

3.3.1. Evaluación de la sustentabilidad económica, social y ecológica de tres tipos de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados, por localidad.....	23
3.3.1.1. Determinación del objeto de estudio .....	24
3.3.1.2. Determinación de las fortalezas y debilidades de los sistemas.....	26
3.3.1.3. Selección de indicadores estratégicos.....	27
3.3.1.4. Medición y monitoreo de indicadores .....	27
3.3.1.5. Presentación e integración de resultados .....	29
3.3.1.6. Conclusiones y recomendaciones .....	29
3.3.2. Análisis Estadístico.....	29
3.3.2.1. Análisis clúster.....	29
3.3.2.2. Análisis de correlación de Pearson .....	29
3.3.3. Comparación de la sustentabilidad entre las dos localidades en estudio, Aloburo y Yahuarcocha .....	30
3.3.3.4 Análisis estadístico .....	30
3.3.4. Estrategias para mejorar la sustentabilidad de las dos localidades en estudio, Aloburo Yahuarcocha .....	31
3.4. Consideraciones bioéticas .....	31
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>32</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	<b>32</b>
4.1. Evaluación de la sustentabilidad en la localidad de Aloburo .....	32
4.1.1. Caracterización del sistema de Aloburo .....	32
4.1.3. Medición y monitoreo de indicadores .....	43
4.1.4. Presentación e integración de resultados .....	50
4.1.5. Análisis estadístico .....	51
4.1.5.1. Análisis Clúster.....	51
4.1.5.2. Análisis de correlación de Pearson .....	53
4.1.5.3. Análisis LSD Fisher.....	55
4.2. Evaluación de la sustentabilidad en la localidad de Yahuarcocha .....	56
4.2.1. Caracterización del sistema de Yahuarcocha.....	56
4.2.3. Medición y monitoreo de indicadores .....	65
4.2.4. Presentación e integración de resultados .....	72
4.2.5. Análisis estadístico .....	73

4.2.5.1. Análisis Clúster.....	73
4.2.5.2. Análisis de correlación de Pearson .....	75
4.2.5.3. Análisis LSD Fisher.....	76
4.3. Comparación de la sustentabilidad de los sistemas entre las dos localidades en estudio.....	77
4.3.1. Análisis estadístico .....	79
4.4. Estrategias para mejorar la sustentabilidad en las zonas de Aloburo y Yahuarcocha .....	80
<b>CAPÍTULO V</b> .....	85
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	85
5.1 Conclusiones .....	85
5.2 Recomendaciones .....	86
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	87
<b>ANEXOS</b> .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Páginas</b>
1. Ejemplo de los arreglos espaciales y cronológicos de cultivos, malezas, nutrientes del suelo e insectos que podría ocurrir dentro de un agroecosistema.....	9
2. Estructura general de un agroecosistema.....	10
3. Cultivos intercalados.....	13
4. Componentes de una estrategia agroecológica para asegurar una producción agrícola sustentable.....	15
5. Mapa de ubicación de los sitios de experimentación.....	20
6. Pasos a seguir para el método MESMIS de sustentabilidad.....	23
7. Valores de sustentabilidad de los tratamientos del sistema en Aloburo.....	50
8. Costos de producción Aloburo.....	51
9. Porcentaje de humedad Aloburo.....	51
10. Porcentaje de malezas Aloburo.....	52
11. Presencia de Fósforo Aloburo.....	52
12. Presencia de Nitrógeno Aloburo.....	52
13. Materia orgánica Aloburo.....	53
14. Presencia de Potasio Aloburo.....	53
15. Relación Fósforo/Nitrógeno Aloburo.....	54
16. Relación MO/ Nitrógeno Aloburo.....	54
17. Relación Potasio/pH Aloburo.....	54
18. Análisis Fisher de la productividad en Aloburo.....	55
19. Valores de sustentabilidad de los tratamientos del sistema en Yahuarcocha....	72
20. Costos de produccion Yahuarcocha.....	73
21. Porcentaje de humedad Yahuarcocha.....	73
22. Porcentaje de malezas Yahuarcocha.....	74
23. Presencia de Fósforo Yahuarcocha.....	74
24. Presencia de Nitrógeno Yahuarcocha.....	74
25. Materia orgánica Yahuarcocha.....	75
26. Presencia de Potasio Yahuarcocha.....	75

27. Relación Fósforo/Nitrógeno.....	76
28. Relación Mo/Nitrógeno.....	76
29. Relación Mo/Fósforo.....	76
30. Análisis Fisher de la productividad en Yahuarcocha.....	77
31. Comparación de valores de sustentabilidad entre los sistemas de Aloburo y Yahuarcocha.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tablas</b>	<b>Páginas</b>
1. Relación entre los atributos de los sistemas de manejo sustentable y los criterios de diagnóstico.....	16
2. Descripción de los sitios experimentales de Aloburo y Yahuarcocha.....	21
3. Materiales, equipos y herramientas.....	21
4. Principales determinantes para caracterizar a los agroecosistemas (sistemas de manejo).....	24
5. Posibles puntos críticos para la sustentabilidad de los sistemas de manejo.....	26
6. Escala de valoración de sustentabilidad.....	27
7. Escala de porcentajes.....	27
8. Indicadores de sustentabilidad con su respectivo método de medición.....	28
9. Costos de producción del sistema de Aloburo.....	33
10. Producción e ingresos de la venta de cultivos del sistema-localidad Aloburo...34	
11. Costos de producción y producción de cultivos del sistema-localidad Aloburo.....	34
12. Relación costo beneficio del sistema-localidad Aloburo.....	35
13. Beneficiarios directos e indirectos de la comunidad de Aloburo.....	36
14. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre mulch orgánico sistema-Aloburo.....	37
15. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre el riego por goteo sistema-Aloburo.....	38
16. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre cultivos asociados sistema-Aloburo.....	38
17. Factibilidad de aplicación de mulch orgánico en cultivos de la comunidad de Aloburo.....	39
18. Factibilidad de aplicación del riego por goteo en cultivos de la comunidad de Aloburo.....	37
19. Análisis de suelos en Aloburo antes y después de la aplicación del mulch.....	41



20. Porcentaje de humedad del suelo entre los tratamiento del sistema de Aloburo.....	42
21. Promedio de presencia de malezas entre los tratamiento del sistema de Aloburo.....	43
22. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a los costos de producción sistema-Aloburo.....	43
23. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la productividad de cultivos sistema-Aloburo.....	44
24. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la rentabilidad económica sistema-Aloburo.....	44
25. Valores otorgados con respecto a la situación laboral comunidad-Aloburo...	45
26. Valores otorgados con respecto a los beneficiarios de la comunidad-Aloburo.....	45
27. Valores otorgados con respecto a las percepciones de los beneficiarios sistema-Aloburo.....	46
28. Valores otorgados con respecto a la factibilidad de aplicación tecnológica sistema-Aloburo.....	46
29. Valores otorgados con respecto a la eficiencia del agua sistema-Aloburo.....	47
30. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al mejoramiento de la calidad del suelo sistema-Aloburo.....	48
31. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de humedad sistema-Aloburo.....	49
32. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de incidencias de malezas sistema-Aloburo.....	49
33. Valores otorgados a los indicadores con respecto a la caracterización del sistema-Aloburo.....	50
34. Análisis de la varianza de la productividad en Aloburo.....	55
35. Costos de producción del sistema-localidad Yahuarcocha.....	56
36. Producción e ingresos de la venta de cultivos del sistema-localidad Yahuarcocha.....	57
37. Costos de producción y producción de cultivos del sistema-localidad Yahuarcocha.....	57

38. Relación costo beneficio del sistema-localidad Yahuarcocha.....	58
39. Beneficiarios directos e indirectos de la comunidad de Yahuarcocha.....	59
40. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre mulch orgánico sistema-Yahuarcocha.....	60
41. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre riego por goteo sistema-Yahuarcocha.....	60
42. Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre cultivos asociados sistema-Yahuarcocha.....	61
43. Factibilidad de aplicación de mulch orgánico en cultivos de la comunidad de Yahuarcocha.....	61
44. Factibilidad de aplicación del riego por goteo en cultivos de la comunidad de Yahuarcocha.....	62
45. Análisis de suelos en Yahuarcocha antes y después de la aplicación del mulch.....	63
46. Porcentaje de humedad del suelo entre los tratamiento del sistema de Yahuarcocha.....	64
47. Promedio de presencia de malezas entre los tratamiento del sistema de Yahuarcocha.....	64
48. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a los costos de producción sistema-Yahuarcocha.....	65
49. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la productividad de cultivos sistema-Yahuarcocha.....	66
50. Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la rentabilidad económica sistema-Yahuarcocha.....	66
51. Valores otorgados con respecto a la situación laboral comunidad-Yahuarcocha.....	67
52. Valores otorgados con respecto a los beneficiarios de la comunidad-Yahuarcocha.....	67
53. Valores otorgados con respecto a las percepciones de los beneficiarios sistema-Yahuarcocha.....	68
54. Valores otorgados con respecto a la factibilidad de aplicación tecnológica sistema-Yahuarcocha.....	68

55. Valores otorgados con respecto a la eficiencia del agua sistema-Yahuarcocha.....	69
56. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al mejoramiento de la calidad del suelo sistema Yahuarcocha.....	70
57. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de humedad sistema-Yahuarcocha.....	71
58. Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de incidencias de malezas sistema-Yahuarcocha.....	71
59. Valores otorgados a los indicadores con respecto a la caracterización del sistema-Yahuarcocha.....	72
60. Análisis de la varianza de la productividad en Aloburo.....	77
61. Valores otorgados a los indicadores del sistema de cada localidad, Aloburo y Yahuarcocha.....	78
62. Análisis de ponderación sistema-Aloburo.....	79
63. Análisis de ponderación sistema-Yahuarcocha.....	79
64. Estrategia 1. Tecnificación del riego en los cultivos de las comunidades como una forma de ahorro del recurso hídrico que es escaso en las zonas de estudio.....	80
65. Estrategia 2. Aprovechamiento de los residuos de cosecha producidos en las dos zonas de estudio como una fuente de mulch orgánico; los cuales aportan varios beneficios en el mejoramiento de los suelos.....	82
66. Estrategia 3. Capacitación en temas agroecológicos, abonos orgánicos compost, bocashi y elaboración de plaguicidas orgánicos.....	84

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexos</b>	<b>Páginas</b>
1. Entrevista realizada a los beneficiarios de Aloburo y Yahuarcocha.....	96
2. Costos de producción en el ensayo de Aloburo.....	98
3. Costos de producción en el ensayo de Yahuarcocha.....	99
4. Análisis FODA del sistema en la localidad de Aloburo.....	100
5. Análisis FODA del sistema en la localidad de Yahuarcocha.....	101
6. Interpretación de resultados – Productividad de cultivos (t/ha).....	102
7. Interpretación de resultados – Macronutrientes.....	102
8. Interpretación de resultados – pH.....	102
9. Interpretación de resultados - Materia orgánica.....	102
10. Interpretación de resultados – Capacidad de campo.....	102

SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO POR  
GOTEO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA,  
CANTÓN IBARRA

**RESUMEN**

Un agroecosistema, se puede definir como un sistema ecológico que ha sido transformado por la agricultura o expuesto a otros procesos de producción, transformación, comercialización y consumo de alimentos. La limitada disponibilidad de agua de riego en Aloburo; y, el uso de fertilizantes químicos para mejorar la producción de los cultivos de la zona de Yahuarcocha, han sido causas de la degradación de los suelos. Los objetivos específicos fueron determinar la sustentabilidad de los tres tipos de mulch en cada una de las localidades, comparar los resultados de sustentabilidad de cada localidad; y, construir estrategias para mejorar manejo sustentable de los sistemas de cada zona, para lo cual se utilizó el método MESMIS, el cual propone una estructura cíclica adaptada a varios niveles de información que logran evaluar la sustentabilidad de un sistema. Los resultados se obtuvieron mediante la toma directa de datos en campo, entrevistas aplicadas a los miembros de la junta de regantes de cada zona, y demás resultados del proyecto macro: Eficiencia del mulch orgánico en el mejoramiento de suelos y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados en Aloburo Yahuarcocha. Los tratamientos con mulch orgánico en los sistemas de Aloburo y Yahuarcocha presentaron mejores valores de sustentabilidad, lo que indicó que se encuentran “iniciándose en la sustentabilidad”, mientras que los tratamientos sin mulch presentaron “poca sustentabilidad”, tomando en cuenta los valores de los indicadores económicos, sociales y ecológicos del mejor tratamiento (mulch de fréjol) del sistema de cada localidad, el sistema de Yahuarcocha con un nivel de 3.7/5 demostró que es más sustentable que el sistema de Aloburo con un nivel de 3.5/5, con esto valores se menciona que están “iniciándose en la sustentabilidad”. Finalmente, se propuso tres estrategias relacionadas con la tecnificación del riego y el aprovechamiento del mulch orgánico, actividades que permitirán incrementar la sustentabilidad en sistemas agrícolas que se implementen en estas zonas.

**Palabras clave:** cultivos asociados, MESMIS, mulch, riego por goteo, sustentabilidad

## ABSTRACT

An agroecosystem, can be defined as an ecological system that has been transformed by agriculture or exposed to other processes of production, transformation, marketing and consumption of food. The limited availability of irrigation water in Aloburo; and, the use of chemical fertilizers to improve the production of crops in the Yahuarcocha area have been causes of soil degradation. The specific objectives were to determine the sustainability of the three types of mulch in each of the localities, to compare the sustainability results of each locality; and, to build strategies to improve sustainable management of the systems of each zone, for which the MESMIS method was used, which proposes a cyclic structure adapted to several levels of information that manage to evaluate the sustainability of a system. The results were obtained through the direct taking of data in the field, interviews applied to the members of the irrigation council of each zone, and other results of the macro project: Efficiency of the organic mulch in the improvement of soils and conservation of the humidity in plots of associated crops in Aloburo Yahuarcocha. The treatments with organic mulch in the systems of Aloburo and Yahuarcocha presented better values of sustainability, which indicated that they are "beginning in sustainability", while the treatments without mulch presented "little sustainability", taking into account the values of the economic, social and ecological indicators of the best treatment (mulch of beans) of the system of each locality, the system of Yahuarcocha with a level of 3.7 / 5 showed that it is more sustainable than the Aloburo system with a level of 3.5 / 5, with these values are mentioned that are "beginning in sustainability". Finally, three strategies related to the technification of irrigation and the use of organic mulch were proposed, activities that will increase sustainability in agricultural systems that are implemented in these areas.

**Keywords:** associated crops, drip irrigation, MESMIS, mulch, sustainability,

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La agricultura sustentable es una respuesta relativamente reciente en el cuidado de la calidad de la base de los recursos naturales, siendo ésta asociada con la agricultura moderna, la cual abrirá nuevas opciones de manejo de sistemas agroecológicos con objetivos sustentables (Altieri, 2001).

Dentro de las formas de agricultura sustentable se inserta la agroecología que incluye la idea de un uso múltiple del territorio y sugiere la aplicación de una agricultura multifuncional. Los agroecosistemas no solo deben limitarse a producir; como sucede actualmente, por el contrario, un agroecosistema debe buscar la sostenibilidad del sistema productivo conservando los recursos naturales para las futuras generaciones (Sarandón, 2009).

Tomando en cuenta el contexto, para León (2012), un agroecosistema se conoce como un sistema ecológico que ha sido transformado por la agricultura o expuesto a otros procesos de producción, transformación, comercialización y consumo de alimentos. En tanto, Sarandón y Flores (2014), lo visualizan como sistemas ecológicos asociados a variables socioeconómicas, que tienen por fin la producción de bienes y servicios de importancia económica.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) (2015), el sistema de cultivos asociados se adopta tanto por razones biológicas como económicas, mencionando que un área sembrada con dos o más cultivos en asociación puede incrementar la producción total comparada con la que se obtiene en el cultivo por separado en la misma superficie, el menor riesgo de pérdida provocado por las plagas y la disminución de enfermedades, al menos en una de las especies. De igual manera, para Sarandón y Flores (2014), la siembra en policultivos o cultivos asociados ayuda al uso eficiente de los recursos, genera sistemas más diversos y da lugar al crecimiento de menos malezas en los sistemas, en comparación con los monocultivos.

En lo referente al riego, Núñez (2000) menciona que el riego ecológico tiene el propósito de proporcionar la humedad necesaria para el desarrollo de los cultivos. Señala que este riego debe ser con profundidad, por cuanto el suelo es un organismo vivo que ayuda a distribuir el agua a través de toda su superficie. Tomando en cuenta lo citado anteriormente, el riego por goteo es un sistema tecnificado que ahorra agua en el proceso de entregar agua a las plantas para su crecimiento.

### **1.1. Problema de investigación**

El Ecuador posee condiciones biofísicas particulares y específicas que permiten tener una gran variedad y riqueza de recursos naturales, siendo la presencia de suelos aptos para actividades agrícolas uno de los más importantes; sin embargo, éstos se han visto afectados por procesos naturales o de origen antrópico. Los suelos de la Sierra ecuatoriana han sido aprovechados para la agricultura por las condiciones favorables de los mismos, pero la erosión ha ido acelerando el desgaste de la capa cultivable (Santos y Castro, 2012).

Anguiano, Souza, Ferrari y Soleño (citado en Cazco, Félix y Quinchiguango, 2017), mencionan que la agricultura es una de las potencialidades más grandes que posee el Ecuador, no obstante estos autores señalan que, el uso excesivo de pesticidas y malas prácticas agrícolas de agricultores y técnicos, ha producido un grave daño en el ambiente debido a la contaminación del agua y del suelo; residuos de pesticidas en los productos cosechados, pérdida de la biodiversidad, erosión severa del suelo y costos de producción más elevados.

En la comunidad de Yahuarcocha un 77% de la población de agricultores utilizan fertilizantes químicos, porque consideran obtener mejores resultados en su producción y se evitan de enfermedades que pueden provocar la destrucción total de la planta, sin tomar en cuenta la contaminación y degradación del suelo, siendo un problema para el agricultor (Ortiz y Villota, 2013). La utilización de los fertilizantes químicos, según Reina (2002) ha conseguido aumentar la producción agropecuaria; pero la productividad tiene sus límites, ya que el uso de estos



fertilizantes ha dado como resultado la pérdida de las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

En la comunidad de Aloburo, una de las causas de la degradación de los suelos es la limitada disponibilidad de agua de riego, ya que los caudales se han reducido de 7.2 a 2.5 l/s desde el 2014; otra causa es la escasa infraestructura de canales de riego lo que ha imposibilitado satisfacer la demanda de agua. (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2005). Aloburo y Yahuarcocha, están ubicados en sitios de escasa precipitación de 600 a 650 mm anuales (INAMHI, 2013). Estos niveles de precipitación determinan la necesidad de riego tanto para la producción de cultivos como para el crecimiento de una cobertura vegetal protectora del suelo que facilite la infiltración y conservación del agua en la microcuenca.

## **1.2. Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es el nivel de sustentabilidad que se logra con el uso de mulch orgánico y riego por goteo, en cultivos asociados, en Aloburo y Yahuarcocha, cantón Ibarra?
- ¿Qué estrategias se puede promover para mejorar la sustentabilidad del uso de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados, en las dos localidades en estudio: Aloburo y Yahuarcocha?

## **1.3. Justificación**

El uso de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados constituyen técnicas agroecológicas de fácil aplicación en el proceso de recuperación de la cobertura vegetal en sitios secos. La primera de ellas consiste en la utilización de residuos de cosechas que colocadas sobre la superficie del terreno favorecen la infiltración, mantenimiento de la humedad en el suelo, menor crecimiento de arvenses e incorporación de nutrientes a medida que se va descomponiendo siendo muy útil para la recuperación de suelos con bajos contenidos de materia orgánica (Márquez, Córdoba, Castejón e Higuera, 2013).

El uso del agua en sistemas agrícolas constituye una prioridad fundamental dada su fuerte repercusión en el monto total de agua utilizada; por lo tanto, la producción agrícola necesita cada vez más asegurar unos rendimientos mínimos para constituirse en una actividad viable. En este sentido, el riego por goteo se hace cada vez más imprescindible para obtener una producción más regular y predecible de los cultivos, por lo cual la mayor parte de las nuevas áreas de cultivos se han establecido bajo el sistema de riego por goteo ya que ayuda a incrementar la eficiencia del uso del agua en la agricultura (Medrano, Bota, Cifre, Flexas, Ribas y Gulías, 2007).

La asociación de gramíneas y leguminosas, como el maíz y arveja aplicadas en el presente estudio registra algunas bondades como la simbiosis con bacterias nitrificantes, previene el crecimiento de plagas o insectos nocivos, mejora el suelo y promueve el mejor rendimiento de los cultivos (Núñez, 2000).

La investigación se enmarca en el cumplimiento del Art 14 de la Constitución de la República del Ecuador, a través del cual *El Estado Ecuatoriano reconoce a sus habitantes el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación* (Constitución Política del Ecuador, 2008). Asimismo, se relaciona con el objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 o Plan Toda una Vida: *Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones* (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES, 2017).

La presente investigación se realizó en las comunidades de Aloburo y Yahuarcocha, de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura y fue parte del proyecto de investigación “Eficiencia de mulch orgánico en el mejoramiento del suelo y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados en Aloburo y Yahuarcocha, norte del Ecuador”, financiado por la Universidad Técnica del Norte.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la sustentabilidad de tres tipos de mulch orgánico en cultivos asociados *Zea mays-Pisum sativum* y riego por goteo en Aloburo y Yahuarcocha, cantón Ibarra.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la sustentabilidad económica, social y ecológica de la aplicación de tres tipos de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados en las dos localidades en estudio.
- Comparar los resultados de sustentabilidad entre las dos localidades, Aloburo y Yahuarcocha.
- Proponer estrategias para mejorar la sustentabilidad, con base en los resultados de la investigación.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes

A nivel mundial, existe un consenso basado en la necesidad de nuevas estrategias de desarrollo agrícola que asegure una producción continua de alimentos y, que esté acorde con el cuidado del ambiente, tomando en cuenta que los objetivos que persigue la agricultura sustentable son: la seguridad alimentaria, erradicar la pobreza, proteger el ambiente y conservar los recursos naturales (Altieri y Nicholls, 2000). Según los autores antes mencionados, desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento socioeconómico y agroecológico es necesario para juzgar el éxito de un proyecto de sustentabilidad, su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad, equidad, entre otros, además mencionan que los indicadores demuestran la capacidad de evaluar el nivel de sustentabilidad de un agroecosistema, concentrándose en el análisis de los indicadores social, económico, ecológico y en la relación entre éstos.

En los últimos años el ser humano ha tomado conciencia en el tema del negativo impacto ambiental, social, cultural y económico que genera la actividad de la agricultura moderna, es por eso que se ha propuesto un cambio con el fin de obtener un modelo agrícola más sustentable. El concepto de sustentabilidad es muy complejo ya que implica cumplir con varios objetivos ecológicos, económicos y sociales; por lo tanto, es necesario una metodología de evaluación que contemple los objetivos mencionados y su cumplimiento (Altieri y Nicholls, 2000).

Para evaluar la sustentabilidad, se han propuesto algunos marcos conceptuales como es el Marco de Referencia para la Evaluación de Sostenibilidad y Gestión (MRESG) y en el ámbito agronómico el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) mencionados por Sarandón y Flores (2009). Estos autores proponen procedimientos para la evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas, mediante una metodología sencilla y de bajo costo, que comprende una serie de pasos que dan

como resultado la construcción y el uso de un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos de la sustentabilidad y discutir sus alcances y limitaciones. Sobre el procedimiento a aplicar, Astier, Masera y López (1999), indican que el MESMIS brinda un marco metodológico para evaluar la sustentabilidad de diferentes agroecosistemas, utilizando diferentes indicadores de acuerdo con el sistema de manejo.

En Perú, Perales, Loli, Alegre y Camarena (2009) realizaron la investigación de Indicadores de Sustentabilidad del Manejo de Suelos en la Producción de Arveja (*Pisum sativum*), como resultados encontraron que a pesar de la importancia socioeconómica, el suelo no tiene la atención necesaria y que debido a las malas prácticas agrícolas se ha tenido consecuencias negativas en lo social, económico y ecológico. Ante esta situación proponen como desafío la práctica de la agricultura sustentable y la necesidad de utilizar indicadores confiables, sensibles y dependientes para detectar puntos críticos, establecer sus causas y proponer soluciones a mediano plazo.

Fortis, Leos, Preciado, Orona, García, García y Orozco (2009), estudiaron la aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo y determinaron que la aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos, lo que permitirá no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola. Además determinaron que las variables de calidad bromatológica, evidencian que la aplicación de abonos orgánicos son una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de calidad óptima, sin contaminar el ambiente.

A nivel nacional, López y Pérez (2015) evaluaron la sustentabilidad de los agroecosistemas en Guaranda, utilizando la metodología del análisis de contenido como instrumento de recolección de información. Este estudio constituyó una fuente eficaz para la definición de la estructura y comportamiento de las dimensiones evaluadas en cuanto a la sustentabilidad de los agroecosistema;

además, se identificó un desequilibrio en los aspectos ambientales y sociales, siendo éstos los que favorecen las matrices económicas y tecnológicas.

En la provincia de Napo, Medina, Marín, Marrero, Ruiz, Navarrete y Changoluisa (2017) evaluaron la sustentabilidad de unidades productivas mediante indicadores ambientales, socio-culturales, económicos y políticos. Estos autores indican que la sustentabilidad de las unidades productivas presentaron niveles críticos en cada dimensión y mencionaron los indicadores que deben ser mejorados para iniciarse en una unidad productiva, siendo éstos: a) número de prácticas agroecológicas b) diversificación de cultivos, c) nivel de erosión, d) mano de obra familiar, e) nivel de producción, f) ingresos netos, g) costos de insumos, h) costo de mano de obra, i) estrategias de comercialización, j) financiamiento de la producción, k) acompañamiento institucional y, l) programas relacionados con la UP. Además demostraron que la sustentabilidad no solo depende de aspectos técnicos y ambientales sino también de elementos socioculturales, económicos y políticos.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Agroecosistema**

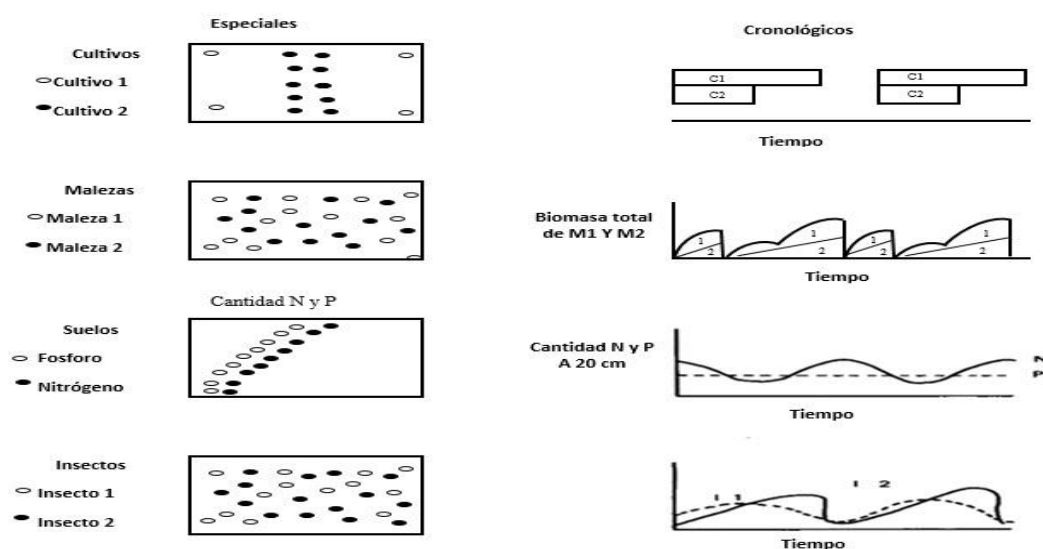
Sans (2007), menciona que un agroecosistema es un sistema antropogénico, es decir, su origen y mantenimiento están generalmente regulados por la intervención del ser humano; el agricultor tiene el propósito que cumplir con el sistema y lo maneja siguiendo un plan de manejo analizado que teóricamente le permita alcanzar objetivos específicos para obtener principalmente alimentos. En un agroecosistema incluye la interacción entre una comunidad biótica y el ambiente físico.

Para Sarandón y Flores (2014) los agroecosistemas son un tipo de ecosistema modificado que produce ciertos bienes y servicios diferentes a los que naturalmente producirían sin la intervención. Los agroecosistemas son de mayor importancia en la vida del ser humano ya que nos proveen de alimentos y tienen grandes impactos sobre la calidad del ambiente.

### 2.2.1.1. Estructura y Función del Agroecosistema

Un agroecosistema de plantas, cuenta con los componentes que son las poblaciones que constituyen la comunidad biótica (cultivos, malezas, cultivos y microorganismos) y los componentes del ambiente que interactúan con esta comunidad (Figura 1). Para denominar subsistemas del agroecosistema los componentes se pueden dividir en subconjuntos y funcionar como una unidad y podrán formar arreglos en el tiempo y en el espacio (Hart, 1985).

De la misma manera, León (2012) menciona que los agroecosistemas tienen una estructura la cual se encuentra definida por elementos en el orden ecosistémico (suelo, agua, cultivos, pasturas, biodiversidad asociada y funcional, animales domésticos y silvestres, microorganismos) y elementos en el orden cultural (mercado, instituciones, propietarios, consumidores, comercializadores, decisores políticos, sistema simbólicos y tecnologías disponibles). Estos elementos se deben entrelazar para cumplir con las funciones de producción, ecosistémicas y otras de tipo cultural.



**Figura 1.** Ejemplo de los arreglos espaciales y cronológicos de cultivos, malezas, nutrientes del suelo e insectos que podría ocurrir dentro de un agroecosistema.

**Fuente:** Gliessman (2007).

El funcionamiento de los agroecosistemas se refiere al proceso dinámico que ocurre en su interior: el movimiento de materia y energía y las interacciones y relaciones

de los organismos y materiales en el sistema (Figura 2). Es importante entender estos procesos para abordar el concepto de dinámica de ecosistemas, eficiencia productiva y desarrollo, siendo esto lo que puede marcar la diferencia entre el éxito o el fracaso de un cultivo o de una práctica de manejo (Gliessman, 2007).

La fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las leguminosas es parte de la función del ciclado de nutrientes del agroecosistema. Esta función se convierte en un servicio ecológico que puede suplir parte de la fertilización nitrogenada con el aporte de nitrógeno desde la atmósfera para mantener la fertilidad del suelo. Además las prácticas como la incorporación de leguminosas a través de abonos verdes o rotaciones favorecen el mejor funcionamiento del agroecosistema (Stupino, Iermano, Gargolof y Bonicatto, 2014).

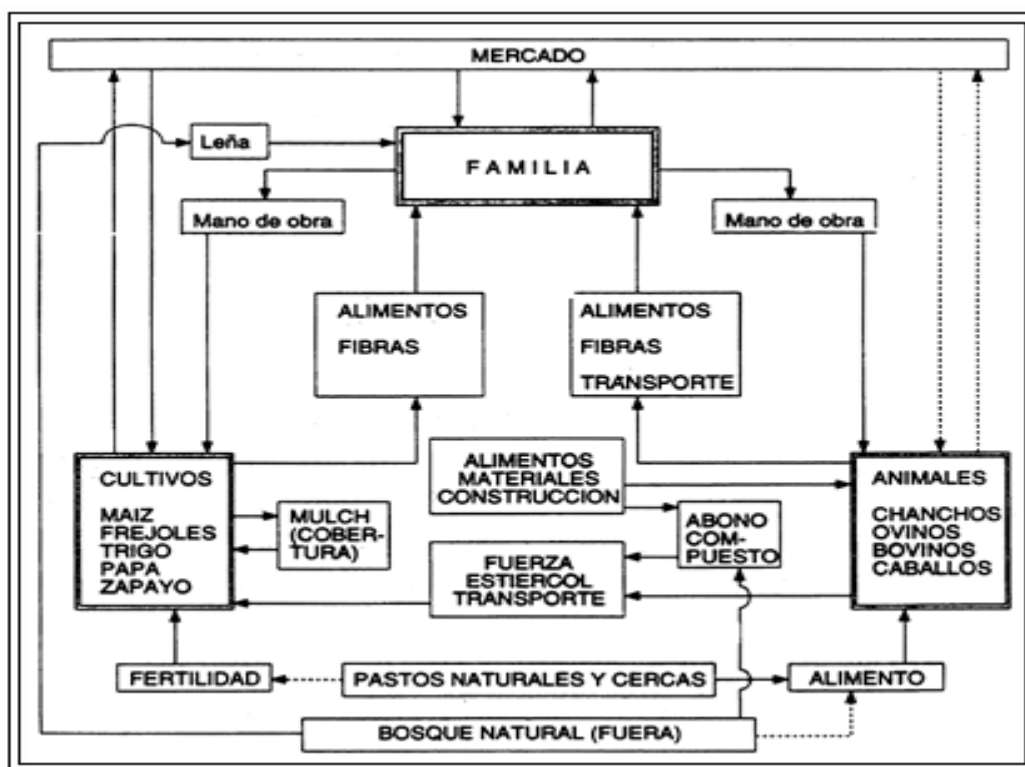


Figura 2. Estructura general de un agroecosistema.

Fuente: Gliessman (2007).



### 2.2.1.2. Los recursos de un agroecosistema

Montaño (2012) menciona que la combinación de los recursos encontrados comúnmente en un agroecosistema se divide en cuatro categorías:

- **Recursos naturales:** Son elementos que provienen del predio, lo que incluye su topografía, el grado de fragmentación de la propiedad, su ubicación con respecto a los mercados, la profundidad del suelo, la condición química, los atributos físicos y la vegetación natural.
- **Recursos humanos:** Están compuestos por la gente que vive y trabaja dentro de un predio y explota sus recursos para la producción agrícola, basándose en sus incentivos tradicionales o económicos.
- **Recursos de capital:** Son bienes y servicios creados, comprados o prestados por las personas asociadas con el predio para facilitar la explotación de los recursos naturales para la producción agrícola.
- **Recursos de producción:** Comprenden la producción agrícola del predio como de los cultivos y el ganado. Estos se transforman en recursos de capital si se venden y los residuos (cultivos, abono) son insumos nutrientes reinvertidos en el sistema.

### 2.2.2. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos abarcan los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen natural y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada (FAO, 2013).

Ormeño y Ovalle (2007) dice que, la ventaja de los abonos orgánicos no es solo económica, sino que permite el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica, con lo cual se aumenta la fertilidad y la producción del suelo; existen abonos orgánicos líquidos y sólidos:

- **Té de estiércol:** Es una preparación donde se convierte el estiércol sólido en un abono líquido. En ese proceso, el estiércol suelta sus nutrientes al agua y así se hacen disponibles para las plantas.
- **Té de compost/humus:** La preparación es similar al té de estiércol, con la diferencia que se agregan otros elementos. Toma más tiempo en producir pero es económico.
- **Compost:** Es la transformación de materiales de origen vegetal, animal o mixtos en humus a través de la descomposición aeróbica.
- **Humus de lombriz o vermicompost:** Las lombrices se alimentan de materiales orgánicos en proceso de descomposición y producen el humus.
- **Abono verde:** Son cultivos de cobertura en mezcla de gramíneas y leguminosas o únicamente leguminosas, que se incorporan con la finalidad de devolver al suelo sus nutrientes, ya sea durante su vida o a partir de la descomposición.

#### 2.2.2.1. Mulch o coberturas orgánicas

El mulch orgánico es una capa de materia orgánica que se encuentra suelta, puede ser paja, hierba cortada, hojas u otros materiales similares, siendo éstos utilizados en la protección del suelo donde se encuentran los cultivos. El uso de mulch orgánico es una práctica que puede resultar eficiente para el aumento de la producción y el control de malezas en los cultivos (Frutos, Pérez y Risco, 2016)

Según Ramón y Rodas (2007), los beneficios del mulch que influyen en las características del suelo, son:

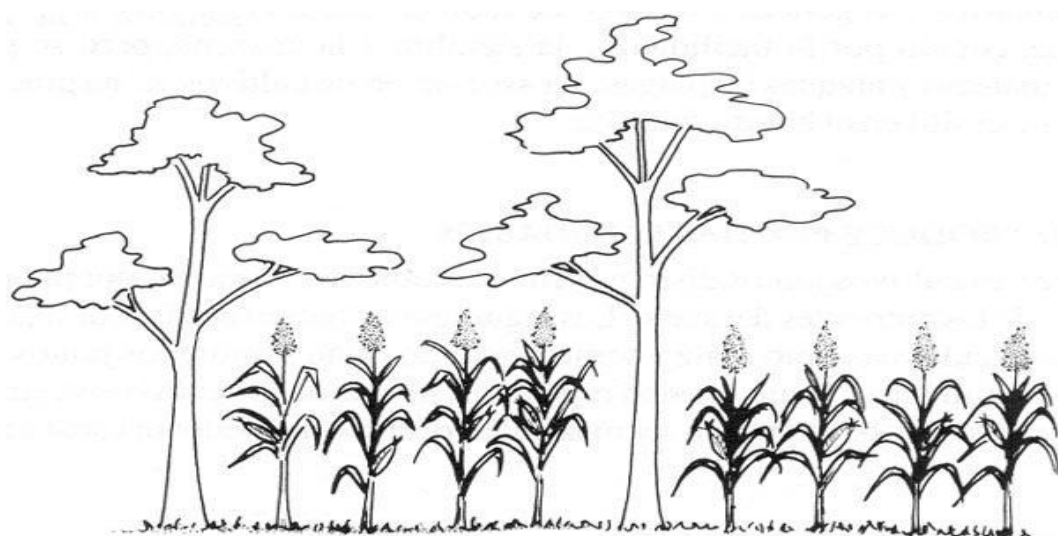
- El mulch orgánico aumenta la materia orgánica del suelo
- Enriquece al suelo con nutrientes disponibles
- Promedio anual de fijación de nitrógeno atmosférico es de 140kg/ha
- Los sistemas *Rhizobium*-Leguminosa forrajera, fijan entre 62 y 897kg/ha/año
- Evitan la erosión

- Mejora la estructura del suelo, permitiendo la formación de agregados que hacen que el suelo se torne poroso, facilitando la entrada de aire y agua
- Evita el crecimiento de malezas
- Disminuye el ataque de insectos plaga, pues se rompe el ciclo de vida de éstos.

### 2.2.3. Cultivos asociados

Stupino, Iermano, Gargolof y Bonicatto (2014) dicen que, se entiende por cultivo asociado la producción de dos o más cultivos en la misma área durante el mismo año. Un ejemplo clásico son las pasturas consociadas (gramíneas y leguminosas) utilizadas comúnmente en agroecosistemas, la presencia de una especie de gramíneas mezclada con leguminosas determina la conformación de distintos estratos y una distribución espacial des-uniforme.

Según la FAO (2015), sembrar diferentes cultivos en el mismo lugar provee abastecimiento de cultivos alimentarios y vegetales a lo largo de todo el año, los cultivos asociados (Figura 3) se han practicado en muchos países y son útiles en un agroecosistema familiar, sin embargo, el monocultivo es una práctica más utilizada debido a su facilidad de siembra y cosecha, aunque existen más problemas de malezas y ataque de plagas.



**Figura 3.** Cultivos intercalados

*Fuente:* FAO (2015)

Nuñez (2000) menciona que, las asociaciones de cultivos son alternativas efectivas de bajo costo para aumentar la productividad de la siembra. Es una práctica de la cual existen beneficios, entre los principales se encuentran:

- Reduce las necesidades de labranza
- Reduce el uso de maquinaria
- Evita problemas de compactación del suelo
- La arquitectura del policultivo con diferentes tamaños de hoja y tallo tiene las siguientes ventajas:
  - Intersección de agua más lentamente
  - La infiltración del agua en el suelo es lenta, lo que permite retener la humedad
  - Mejor fertilidad del suelo
  - Proporcionan más nutrientes

#### **2.2.4. Riego por goteo**

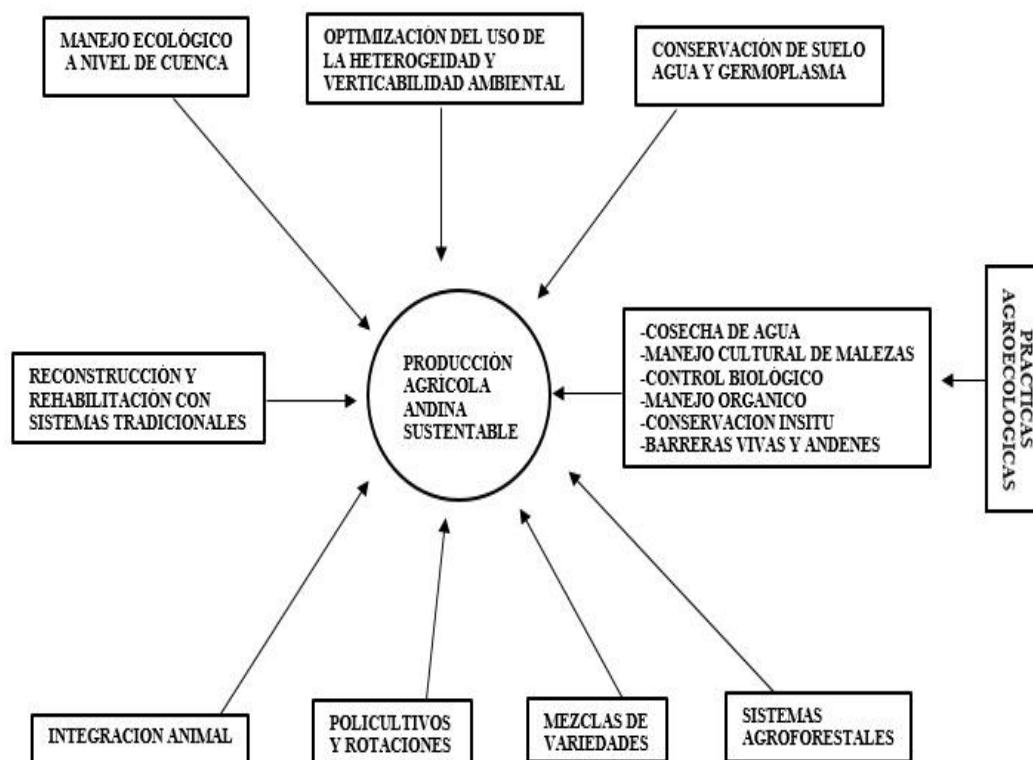
El riego por goteo suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas. Es una alternativa a los sistemas de riego por aspersores o surcos. El riego por goteo puede reducir el uso de agua. Un sistema de riego por goteo bien diseñado pierde muy poca agua. Con el riego por goteo hay menos contacto del agua con el follaje, los tallos y los frutos. Por eso, las condiciones son menos favorable para el desarrollo de enfermedades en las plantas. Con un buen programa de riego, es posible aumentar el rendimiento y la calidad de la cosecha (Shock y Welch, 2013).

#### **2.2.5. Sustentabilidad de los agroecosistemas**

El desarrollo sustentable o sustentabilidad es un concepto acuñado por la Comisión Brundtland de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en 1987 y dice: “Es el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”.

La sustentabilidad de un agroecosistema se refiere generalmente a la capacidad de mantener un rendimiento constante a lo largo del tiempo sin experimentar degradación ambiental y dentro de una lista extensa de condiciones (Altieri y Nicholls, 2000).

Es posible identificar cuatro atributos de los agroecosistemas (diversidad, capacidad, reciclaje y productividad). Estos cuatro atributos cuantificados simultáneamente puede dar una idea del nivel de integración y la sustentabilidad (Figura 4) de los agroecosistemas (Altieri y Nicholls, 2000).



**Figura 4.** Componentes de una estrategia agroecológica para asegurar una producción agrícola sustentable

**Fuente:** Altieri y Nicholls (2000)

La sustentabilidad y su evaluación son de carácter comparativo, se basa en el análisis simultáneo del sistema de manejo de referencia con un sistema comparativo o puede ser con el mismo sistema de manejo de referencia pero según el transcurso

del tiempo (Masera, Astier, y López, 2011). Estos autores proponen atributos básicos para la sustentabilidad (Tabla 1):

**Tabla 1.**

*Relación entre los atributos de los sistemas de manejo sustentable y los criterios de diagnóstico*

Atributo	Criterios de diagnóstico usuales
Productividad	Eficiencia Retornos promedio obtenidos (rendimiento) Disponibilidad de recursos
Estabilidad, confiabilidad, resiliencia	Tendencia de los rendimientos Conservación de los recursos Renovabilidad del uso del recurso
Adaptabilidad	Opciones técnica y económicamente disponibles Capacidad de innovación Procesos de aprendizaje y capacitación
Equidad	Costos y beneficios entre participantes Toma de decisiones Empleo generado
Autodependencia	Participación Insumos y factores externos Organización

**Fuente:** Modificado de Masera, Astier, y López (2011)

### **2.2.6. Método MEMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad)**

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad tiene como objetivo principal, brindar un marco metodológico para evaluar la sustentabilidad de diferentes sistemas de manejo de recursos naturales a escala local (parcela, unidad productiva, comunidad), para lograr esta meta propone una estructura cíclica la cual se encuentra adaptada a varios niveles de información y capacidades técnicas, el marco metodológico tiene una orientación práctica y participativa en la discusión de evaluados y evaluadores (Masera, Astier y López, 1999).

Se consideran indicadores de sustentabilidad a aquellos que proveen una imagen del progreso hacia una meta específica, que parten de conocimiento científico y deben de ser cuantificables. Estos valores deben ser fáciles de interpretar y primordialmente deben representar las expectativas y valores sociales (Rodríguez, 2002). La información que recojen debe de ser relevante para los participantes e involucrados en la toma de decisiones. Estos valores al ser primordialmente subjetivos no son exactos ni precisos y se basan de información accesible (Dourojeanni, 2000).

### **2.3. Marco legal**

La Constitución Política de la República del Ecuador (2008), en el Art. 12 y Art. 13 de la sección Agua y Alimentación mencionan el derecho del ser humano para el uso del agua siendo esto esencial para la vida, además del derecho a la obtención segura y permanente de alimentos sanos, suficientes y nutritivos. En la sección de Ambiente Sano en el Art. 14 reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, además declara de interés público la preservación del ambiente y la conservación de los ecosistemas.

En las disposiciones constitucionales también se menciona los deberes y responsabilidades de las y los ecuatorianos. El Art. 83 señala que las personas tienen la responsabilidad de defender la integridad territorial y sus recursos naturales, además de respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

En lo pertinente a la organización de competencias, los gobiernos parroquiales ejercerán las siguientes: el uso del suelo, el incentivo al desarrollo de las actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente, siendo esto redactado en el Art. 267.

Establecer el mejoramiento de la calidad y esperanza de vida como objetivo para el régimen del desarrollo se estipula en el Art. 276, señalando la construcción de un sistema económico, justo y productivo, la conservación de la naturaleza para

mantener un ambiente sano y sustentable hacia el ser humano, además de promover un ordenamiento territorial equilibrado y equitativo.

En el Art. 282 del Régimen de Desarrollo menciona que el Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Además el párrafo 3ero señala que el Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.

La Constitución reconoce los principios ambientales en el Art. 395, inciso 1, en el cual se menciona que el Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural. La participación activa y permanente de las personas será fundamental para la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

En lo que se refiere al suelo el Art. 409 menciona que es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil, para esto se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En el Art. 410 menciona que El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

Refiriéndose al Agua en el Art 411 se señala que, el Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

Adicional a los artículos de la Constitución Nacional, se podría mencionar la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (2010), que establece los



mecanismos mediante los cuales el Estado cumpla con su obligación y objetivo estratégico de garantizar a las personas alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados de forma permanente, esto concuerda con el Art. 281 del régimen de desarrollo de la constitución del Ecuador (2008) el cual se refiere a proteger a la población del consumo de alimentos contaminados.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, usos y aprovechamiento del Agua (2014), tiene como objetivo garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, a fin de garantizar el Buen Vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

El Código Orgánico del Ambiente (2017), tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del Buen Vivir.

En el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (2010), se establece los alcances de las rectorías sectoriales, siendo la ambiental una de ellas; además dispone que las competencias, potestades y funciones, en materia ambiental, le corresponde a todos y cada uno de los niveles de gobierno.

El Plan Nacional de Desarrollo “Toda una Vida” 2017-2021, en el objetivo 3, menciona que los ecosistemas se encuentran amenazados y destaca la necesidad de generar investigación para obtener conocimientos sobre los recursos del Ecuador. Además se propone una gobernanza sostenible de los recursos no renovables, a través del establecimiento de prácticas responsables con el medio ambiente y con la población.

### CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Caracterización del área de estudio

Los sitios experimentales estuvieron situados en la zona andina del Ecuador, en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia La Dolorosa del Priorato, en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha (Figura 5).

Los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, corresponden a la microcuenca de la “Laguna de Yahuarcocha”, sistema lacustre ubicado en una depresión volcánica rodeada por zonas agrícolas, urbanas y obras civiles, esta zona posee un alto interés cultural y ecológico que se evidencia, entre otras, en las actividades de extracción de Totorá (*Schoenoplectus californicus*) por pobladores de la zona para elaborar artesanías (Maridueña, 2003).

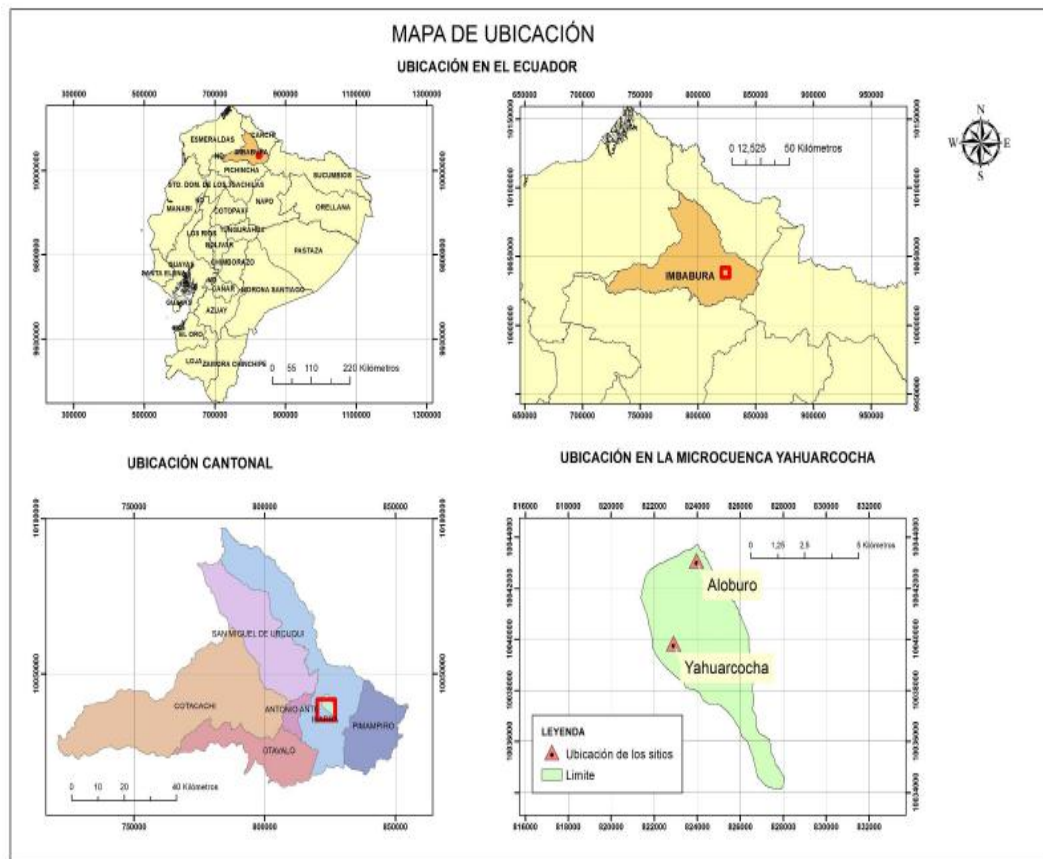


Figura 5. Mapa de ubicación de los sitios de experimentación

El ensayo Aloburo se ubicó en una altitud de 2452 msnm, la temperatura media anual es de 13.24°C; mientras, el ensayo Yahuarcocha estuvo localizado a una altitud de 2210 msnm, con una temperatura media anual de 14.5°C; con precipitaciones promedio entre 600 a 650 mm/año (Tabla 2). Estos valores corresponden a un clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo, la vegetación de la zona es xerofítica, propia del ecosistema Bosque y arbustal semideciduo de los valles del norte, debido a la carencia de agua (INAHMI, 2013).

**Tabla 2.**

*Descripción de los sitios experimentales de Aloburo y Yahuarcocha*

Localización	Sitio N° 1	Sitio N° 2
Provincia	Imbabura	Imbabura
Cantón	Ibarra	Ibarra
Sitio	Aloburo	Yahuarcocha
Latitud	0°23'21.11"N y	0°21'35.67"N y
Longitud	78°05'23.44"O	78°05'57.48"O
Altitud msnm	2452	2210
Precipitación	601.2mm/año	607.4mm/año
Temperatura	13.24°C	14.5°C

### **3.2. Materiales, equipos y herramientas utilizadas en los ensayos**

Los materiales, equipos y herramientas que se utilizaron se indican en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Materiales, equipos y herramientas*

Campo	Equipo	Insumos	Herramientas
Alambre de púas	GPS	Semillas (maíz, arveja)	MESMIS
Estacas	Riego por goteo	Mulch orgánico de arveja, cebada y fréjol	Herramientas agrícolas
Piola	Balanza	Humus	(azadón, machete, pala recta, martillo)
Pingos	Computadora		
Flexómetro			
Letreros			
Fundas herméticas			

### 3.3. Metodología

El presente trabajo de titulación evaluó la sustentabilidad del uso de tres tipos de mulch orgánico (residuos de cosechas de arveja, cebada y fréjol) y riego por goteo en cultivos asociados maíz-arveja (*Zea mays* - *Pisum sativum*), mediante el método MESMIS, desarrollado en 1999 por Masera, Astier y López.

De acuerdo con Toro, García, Gómez-Castro, Perea, Acero y Rodríguez-Estévez (2010), la metodología MESMIS presenta alta flexibilidad permitiendo su adaptación a diversos agroecosistemas mediante la definición de puntos críticos, criterios de diagnóstico e indicadores. Estos autores, añaden que de acuerdo con Brink (1991) y Beloff y Beaver (2000), esta metodología es muy útil para la evaluación de sistemas que utilizan razas autóctonas o locales y que se localizan en zonas desfavorecidas y marginales.

La determinación de los indicadores se realizó mediante toma directa de datos en campo, por los autores. Asimismo, de la información registrada dentro del Proyecto Macro, a través de trabajos de titulación, en lo concerniente a la evaluación de la calidad del suelo, conservación de la humedad; comportamiento agronómico e impacto ambiental generado por cada tratamiento con mulch en los agroecosistemas implementados en cada una de las localidades en estudio.

El proyecto Macro utilizó un diseño experimental, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones que resultaron de combinar los tratamientos de mulch de arveja, cebada y fréjol y un tratamiento testigo el cual no utilizó mulch. Cada sistema tuvo un área de 561m<sup>2</sup> (33mx17m), con 16 parcelas netas experimentales de 21m<sup>2</sup> (7mx3m) cada una y separación de 1m. El sistema presentó cultivos asociados entre plantas poaceas/gramíneas como el maíz (*Zea mays*) y plantas leguminosas/fabáceas como la arveja (*Pisum sativum*).

La metodología aplicada respondió a cada uno de los objetivos específicos de la investigación.

### 3.3.1. Evaluación de la sustentabilidad económica, social y ecológica de tres tipos de mulch orgánico y riego por goteo en cultivos asociados, por localidad

Para la evaluación de la sustentabilidad del agroecosistema en cada localidad se aplicó el método MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad), que contiene los siguientes pasos (Figura 6):

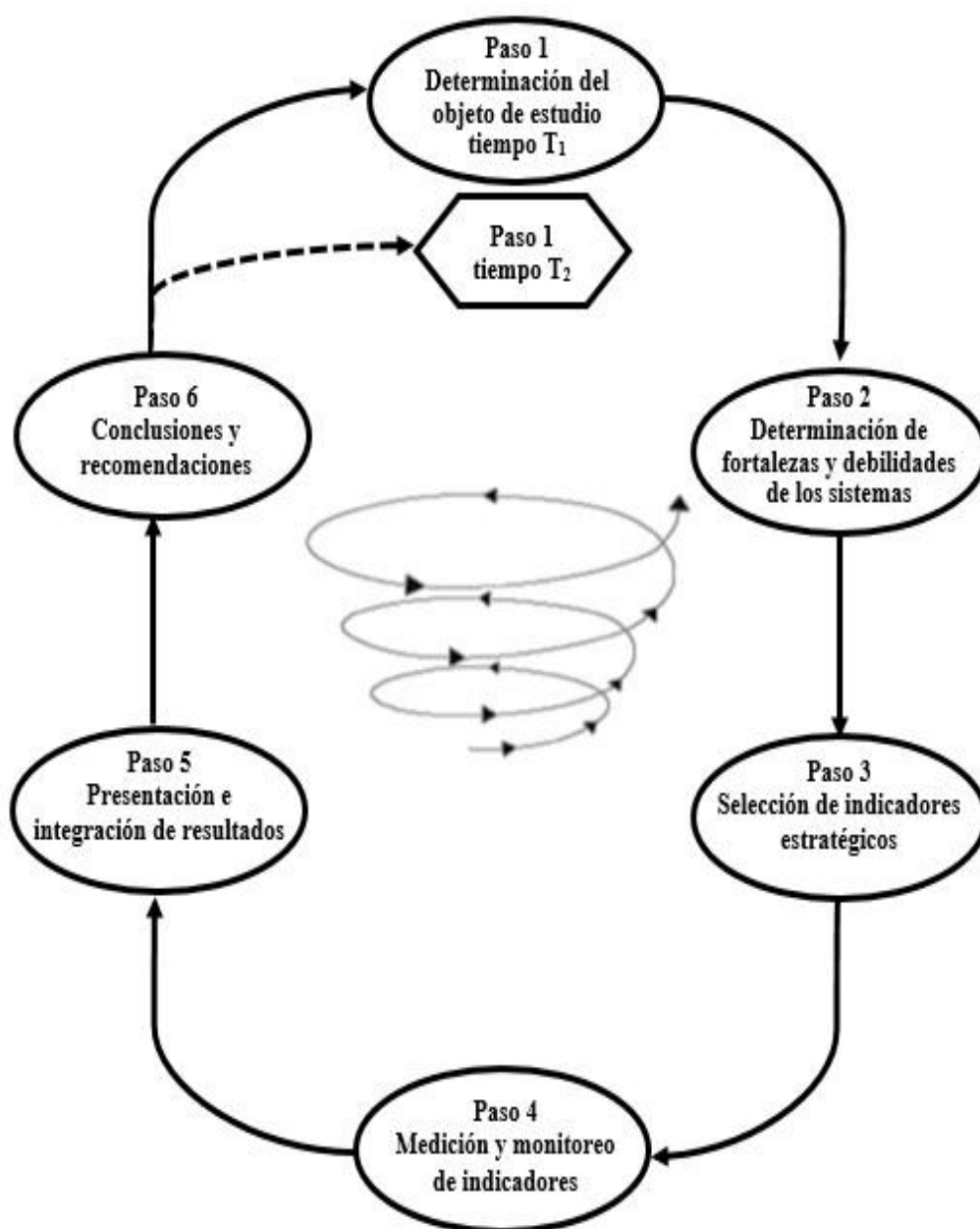


Figura 6. Pasos a seguir para el método MESMIS de sustentabilidad

Fuente: Masera, Astier y López (1999)

### 3.3.1.1. Determinación del objeto de estudio

Se estableció dos localidades de estudio, la localidad 1 en Aloburo, en la propiedad del Sr. Hugo Revelo y la localidad 2, en Yahuarcocha, en la propiedad de la Sra. María Gavilima, cada sistema (ensayo) tuvo una superficie de 561m<sup>2</sup>, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Para determinar el objeto de estudio, se consideró las recomendaciones de Altieri (2001), para sistemas de manejo o agroecosistemas, respecto de: componentes biofísicos, insumos y productos necesarios; prácticas agrícolas aplicadas, características socioeconómicas de los productores y nivel de organización (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Principales determinantes para caracterizar a los agroecosistemas (sistemas de manejo)*

Determinantes	Descripción
Biofísicas	-Suelo -Vegetación original
Tecnológicas y de Manejo	-Tipo de especies y principales variedades manejadas -Organización cronológica: cultivos asociados (policultivos) -Prácticas de manejo: abono orgánico y fertilizante, residuos de cosecha, riego por goteo -Tecnología empleada: manual.
Socioeconómicas	-Nivel económico -Objetivo de la producción: ingresos -Tipo de unidad: familiar -Percepciones de la Junta de Regantes -Factibilidad de aplicación de tecnológica

**Fuente:** Altieri (2001)

Las localidades de estudio seleccionadas se caracterizaron de acuerdo a las tres dimensiones de la sustentabilidad económica, social y ecológica.

### **a) Dimensión económica**

Para obtener resultados económicos del sistema de manejo se tomó en cuenta los costos de producción del sistema/ensayo en las dos localidades en estudio, Aloburo y Yahuarcocha. Las variables que se determinaron en los costos de producción fueron: preparación del terreno, siembra, control, cuidados culturales y cosecha. Además se determinó la productividad (kg/sistema) de cultivos respecto de la producción de maíz y arveja de las dos localidades en estudio.

Finalmente se determinó la rentabilidad económica tomando en cuenta los egresos e ingresos económicos del sistema en cada localidad. Los egresos económicos fueron los costos de producción (\$/ha) en cada localidad y los ingresos que se habría obtenido por la venta de la producción (t/ha) de los cultivos (Maíz-Arveja).

### **b) Dimensión Social**

Para esta dimensión se aplicó entrevistas (Anexo 1) a los propietarios de los dos terrenos (beneficiarios directos) donde se realizó el proyecto y a los miembros de las juntas de agua (beneficiarios indirectos) de los dos sectores: Aloburo y Yahuarcocha.

La estructura de la entrevista se enfocó en conocer el sector social, situación laboral y el número de miembros en la familia de cada entrevistado. Por otra parte, se estructuró preguntas con el fin de conocer las percepciones y factibilidad de la réplica tecnológica utilizada en los sistemas estudiados.

### **c) Dimensión Ecológica**

Se realizó visitas de campo a las dos localidades en estudio con el fin de determinar la estructura y función de los sistemas. Además se consideró los resultados obtenidos por los investigadores tanto del presente estudio, como del proyecto macro: Eficiencia del mulch orgánico en el mejoramiento de suelos y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados en Aloburo Yahuarcocha.

### 3.3.1.2. Determinación de las fortalezas y debilidades de los sistemas

Se analizó las fortalezas y debilidades del sistema en estudio para cada localidad. Para ello se realizó el análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), mediante lo propuesto por Ramírez (2008).

#### a) Identificación de los criterios de análisis

Se identificaron el mayor número de puntos críticos de acuerdo con los atributos que se consideraron relevantes en el desempeño de la sustentabilidad de los sistemas en estudio (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Posibles puntos críticos para la sustentabilidad de los sistemas de manejo*

Atributo	Punto Crítico
Productividad	Beneficio económico
	Costo económico
	Baja o alta productividad (cultivos asociados)
Adaptabilidad	Capacidad de innovación tecnológica
Equidad	Manejo de actividades del sistema
Autogestión	
Estabilidad	Pérdida o degradación de suelos
Resiliencia	Daños por plagas o malezas
Confiabilidad	Eficiencia del uso de agua

**Fuente:** Altieri (2001)

#### b) Determinación de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) de los sistemas en estudio

Se realizó con base en la observación *in situ* y criterios de los propietarios de predios mediante la técnica de la entrevista, que permitió puntualizar las fortalezas y debilidades de los sistemas productivos.

Después de obtener la información FODA de cada sistema, se definió el listado con las condiciones reales consideradas como más relevantes, de manera que se correspondan con los atributos para el estudio de sustentabilidad (Tabla 5), conforme lo recomienda Altieri (2001).



### 3.3.1.3. Selección de indicadores estratégicos

Después de realizar el análisis FODA de cada sistema en estudio, se obtuvo las características y puntos críticos respectivos de acuerdo a los atributos. Con estos datos se identificó los diferentes criterios de diagnóstico y se procedió a seleccionar los indicadores que permitieron evaluar el grado de sustentabilidad de los sistemas de manejo en estudio, en Aloburo y Yahuarcocha. Para evaluar la sustentabilidad se seleccionaron 11 indicadores (Tabla 8).

### 3.3.1.4. Medición y monitoreo de indicadores

Tomando en cuenta la información del paso 1, se decidió aplicar una escala cualitativa, con un valor de 1 a 5 para cada indicador y tratamiento según la tabla 6. Los indicadores económicos y ecológicos se evaluaron por tratamiento, mientras que los indicadores sociales por sistema/comunidad.

**Tabla 6**

*Escala de valoración de sustentabilidad.*

Escala	Interpretación
1 < 2	No es sustentable
2 < 3	Poco sustentable
3 < 4	Iniciándose en la sustentabilidad
4 < 4,5	En camino hacia la sustentabilidad
4,5 - 5	Sustentable

**Fuente:** Alfonso, Torrez-Alruiz, Albán y Griffon (citado en Morante, 2016)

Los valores que se obtuvieron en porcentajes fueron transformados a una escala de 5 puntos de la siguiente manera (Tabla 7):

**Tabla 7**

*Escala de porcentajes*

Porcentaje	81 a 100%	61 a 80%	41 a 60%	21 a 40%	0 a 20%
Escala	5	4	3	2	1

**Fuente:** Astier, Masera y López (1999)

**Tabla 8***Indicadores de sustentabilidad con su respectivo método de medición*

Atributo	Criterio de diagnóstico	Indicadores	Área de evaluación	Método de medición
Productividad	Eficiencia productiva	Productividad de cultivos (kg/sistema): Con mulch vs Sin mulch	Económica	PC= Producción de maíz y arveja según INEC (2003)
		Costos de producción: Tratamientos con mulch vs Sin mulch	Económica	CP= Instrumentos (formato de costos de producción) de información.
	Rentabilidad económica: Con mulch vs Sin mulch	Económica	RE= Relación Beneficio-Costo (B/C). B/C=1, ni pérdidas ni ganancias, B/C<1, genera pérdidas, B/C>1, genera ganancias	
Autogestión	Evolución del empleo	Situación laboral	Social	Porcentaje de entrevistados dedicados a la agricultura, Instrumento de información
Adaptabilidad	Capacidad de cambio e innovación	Beneficiarios del sistema	Social	Promedio de integrantes por familia, Instrumento de información
		Percepciones de los beneficiarios	Social	Promedio de percepciones positivas mencionadas por los beneficiarios sobre la aplicación del riego por goteo, mulch orgánico, cultivos asociados
		Factibilidad de aplicación tecnológica	Social	Porcentaje de factibilidad de aplicación tecnológica. Instrumento de información
Estabilidad Resiliencia	Conservación de recursos naturales	Eficiencia del uso del agua	Ecológica	Disponibilidad del recurso hídrico (percepciones) Sistema de riego aplicado
		Mejoramiento de la calidad del suelo	Ecológica	Rangos de macronutrientes, materia orgánica y pH en el suelo según Agrocalidad (2016) (resultados de análisis del suelo)
		Porcentaje de humedad (% de retención) Con mulch vs Sin mulch	Ecológica	Contenido de Humedad del suelo según la capacidad de campo de Agrocalidad (2016)
		Porcentaje de incidencias de malezas Con mulch vs Sin mulch	Ecológica	Valor porcentual; 100% = población de malezas en tratamiento sin mulch (Testigo)

### **3.3.1.5. Presentación e integración de resultados**

Con los resultados obtenidos en el paso 4, los indicadores económicos, sociales y ecológico obtuvieron valores finales para cada tratamiento, con estos datos se realizó cuatro gráficas AMOEBA sobrepuestas, este procedimiento se efectuó en las dos localidades. El promedio del valor final de cada indicador se lo interpretó de acuerdo con la información de la tabla 6.

### **3.3.1.6. Conclusiones y recomendaciones**

Los resultados de sustentabilidad obtenidos fueron utilizados para elaborar las conclusiones y recomendaciones; así como, para proponer estrategias para mejorar la sustentabilidad de los sistemas en cada una de las localidades en estudio.

## **3.3.2. Análisis Estadístico**

El análisis de datos se tabuló a través de los programas Infostat 2016 y Past 3, en los cuales se realizó el análisis Clúster y de correlación de Pearson, además se realizó la prueba LSD Fisher para la variable productividad de cultivos.

### **3.3.2.1. Análisis clúster**

El análisis Clúster se realizó para diferenciar las variables con un comportamiento homogéneo de las variables que presentan un comportamiento totalmente distinto y poder agruparlas en dos grupos:

1. Los grupos que presentan comportamientos estadísticos similares
2. Los grupos que presentan comportamientos estadísticos diferentes

### **3.3.2.2. Análisis de correlación de Pearson**

Se realizó el análisis de correlación de Pearson con las variables edáficas; y se seleccionaron aquellas que tuvieron un coeficiente de determinación de 0,8 en adelante, este valor demostró el grado de relación entre dos variables cuantitativas.

### **3.3.2.3. LSD Fisher**

Se realizó esta prueba para comprobar el efecto de los tres tratamientos donde se aplicó mulch orgánico y el tratamiento testigo (sin mulch) sobre la productividad obtenida en Aloburo y Yahuarcocha.

Se plantearon 2 hipótesis en este estudio:

Ho: Todos los tratamientos son estadísticamente iguales

H1: Al menos uno de los tratamientos es estadísticamente diferente

### **3.3.3. Comparación de la sustentabilidad entre las dos localidades en estudio, Aloburo y Yahuarcocha**

Mediante un análisis de la información obtenida al realizar la integración de resultados (paso 5 del método MESMIS) se efectuó la comparación de la sustentabilidad entre el mejor tratamiento de cada localidad, realizando una gráfica AMOEBA con los valores de los indicadores económicos, sociales y ecológicos, obteniendo figuras que al sobreponerlas evidenciaron aquellos aspectos que le otorgan mayor sustentabilidad una localidad con respecto de la otra.

### **3.3.3.4 Análisis estadístico**

Para la selección del mejor tratamiento se realizó una ponderación en la cual se asignó valores de 1 a 4; otorgando el valor de 4 al tratamiento que mostró mejor comportamiento y 1 al de comportamiento menos efectivo. Se realizó este procedimiento para los indicadores de las dimensiones económicas y ecológicas; a continuación se determinó el promedio y el tratamiento que obtuvo los valores más altos fue seleccionado como el mejor. No se efectuó el análisis estadístico para los indicadores de la dimensión social debido a que los resultados se obtuvieron por localidad, distinto a los indicadores de las dimensiones económicas y ecológicas que se obtuvieron por tratamiento.

### **3.3.4. Estrategias para mejorar la sustentabilidad de las dos localidades en estudio, Aloburo Yahuarcocha**

A partir de los resultados se diseñaron estrategias que permitan lograr una mejor sustentabilidad mediante la aplicación de mulch orgánico: arveja, cebada, fréjol y riego por goteo en cultivos asociados en cada una de las localidades.

Para el establecimiento de las estrategias se consideró los puntos críticos de sustentabilidad determinados para los sistemas en cada localidad, para incidir sobre ellos con alternativas viables, según sugiere Altieri (2001). Asimismo, se tuvo en cuenta los resultados del análisis FODA de cada sitio experimental.

Se propuso estrategias para los indicadores cuya sustentabilidad demuestre ser de media a baja, además de incentivar la continuación de las actividades que coadyuven sustentabilidad alta. La formulación presentada se hizo proponiendo estrategias que procuren el cuidado de los recursos naturales, la mejora de ingresos económicos y el beneficio social.

Las estrategias están directamente dirigidas a los agricultores de las comunidades de Aloburo y Yahuarcocha con el fin de promocionar la realización de una agricultura sustentable, utilizando metodologías y lenguaje de fácil comprensión.

### **3.4. Consideraciones bioéticas**

La recolección de información y uso del suelo en las dos localidades de Aloburo y Yahuarcocha se realizó con el consentimiento de los propietarios de los predios donde se efectuó el estudio macro. Además, se efectuó la socialización de los resultados respecto del cambio en las propiedades del suelo, retención de humedad y rendimientos productivos en la Junta de Regantes a la que pertenecen los propietarios de predios. En la realización de entrevistas se dio a conocer, previamente, que la información obtenida servirá exclusivamente con fines investigativos. El proyecto fue financiado en su totalidad por la Universidad Técnica del Norte.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Los resultados de la investigación se muestran de acuerdo a la metodología de la investigación. Primero se presentó la caracterización de cada localidad, análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), medición y monitoreo de los indicadores y la presentación e integración de los resultados

Después se realizó la comparación de la sustentabilidad entre las dos localidades en estudio, para lo cual se utilizó la información del paso 5 (integración de resultados) del objetivo 1.

Por último se diseñaron estrategias para mejorar la sustentabilidad de las dos localidades en estudio. Para crear las estrategias se consideró los puntos críticos de sustentabilidad en la caracterización de cada localidad, además se utilizó los resultados del análisis FODA.

#### **4.1. Evaluación de la sustentabilidad en la localidad de Aloburo**

Luego de haber aplicado cada uno de los pasos recomendados por Altieri (2001), se obtuvo:

##### **4.1.1. Caracterización del sistema de Aloburo**

El suelo del sitio donde se ubicó el ensayo, antes de su instalación, resultó ser franco (Fco.) con 42% arena, 34% limo y 24% de arcilla; pH 7.82 (ligeramente alcalino); materia orgánica 2.46% (bajo). El contenido de macronutrientes (elemento mayores) fueron: nitrógeno amoniacal 32.72 ppm (medio); fósforo 11.43 ppm (medio); y, potasio 1.32 meq/100g (alto).

##### **a) Dimensión económica**

Mazuela (2017), señala que los costos de producción pueden variar acorde al calendario comercial que posee cada alimento dando a entender que los cultivos

tienen una temporada de siembra y cosecha ya establecidas las cuales influyen directamente en sus costos de producción así como en la rentabilidad de los mismos.

Para los costos de producción de los cultivos asociados, se tomó en cuenta la implementación y mantenimiento del sistema, la siembra y cosecha del cultivo, generando un costo monetario de 663.52 dólares/sistema, lo que representa un total de 11 827 dólares/ha. En la tabla 9 se realizó la comparación de costos entre los tres tipos de mulch, arveja, cebada y fréjol que se aplicaron en cada parcela. La diferencia de estos costos es por la actividad de transporte y colocación del mulch (Anexo 2).

**Tabla 9**

*Costos de producción del sistema-localidad Aloburo*

localidad	Tipo de mulch	Costo total/parcelas (\$)	Transporte y colocación de mulch	Costo total por tipo de mulch (\$)
Aloburo	Arveja	145.18	35.94	181.12
	Cebada	145.18	25.94	171.12
	Fréjol	145.18	20.94	166.12
	Sin mulch	145.18	-	145.18

En el sistema se obtuvo una producción total de 22,81 kg/sistema de maíz y 9,24 kg/sistema de arveja. En la tabla 10 se demuestra la producción de los cultivos de acuerdo a la sumatoria de las cuatro repeticiones de cada tratamiento, además de la producción de las parcelas que no contenían mulch (Testigo), el destino de la producción y los ingresos que se habría obtenido de acuerdo con el precio del mercado. El cultivo de maíz, en el tratamiento con mulch de cebada obtuvo 6.16 kg/parcelas (0.8 t/ha) siendo este el de mayor rendimiento, y de igual manera en el cultivo de arveja el mismo tratamiento presento mayor rendimiento 3.82 kg/parcelas (0.47 t/ha).

**Tabla 10***Producción e ingresos de la venta de cultivos del sistema-localidad Aloburo*

localidad	Producto	Tipo de mulch	Cantidad (kg/∑parcelas)	Ingreso/beneficio (\$)	
Aloburo	Maíz	Arveja	5.31	10.62	
		Cebada	6.16	12.32	
		Frejol	5.70	11.4	
		Sin mulch	5.64	11.28	
	Arveja	Arveja	1.24	2.73	
		Cebada	3.82	8.40	
		Frejol	2.75	6.05	
		Sin mulch	1.42	3.12	
	Total de cañas:			2017 cañas	
	Destino de producción: Autoconsumo				
	Precio por Kilogramo:			Maíz: 2.00 dólares	
				Arveja: 2.20 dólares	
Precio por cantidad de cañas:			40cañas/1.00 dólares		

**Fuente:** Enríquez y Soria, 2018

En la tabla 11 se presenta los costos de producción del cultivo asociado (maíz-arveja) por hectárea, además se observa la producción de los cultivos en toneladas/hectárea para cada tratamiento.

**Tabla 11***Costos de producción y producción de cultivos del sistema-localidad Aloburo*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Sin mulch
Costo de producción	12 914 \$/ha	12 201 \$/ha	11 844 \$/ha	10 351 \$/ha
Producción de maíz	1.27 t/ha	1.47 t/ha	1.36 t/ha	1.35 t/ha
Producción de arveja	0.30 t/ha	0.92 t/ha	0.66 t/ha	0.34 t/ha

Para obtener la relación costo beneficio se tomó en cuenta los ingresos que se habría derivado de la venta de la producción del cultivo asociado (maíz - arveja) y como egresos se utilizó los costos de producción. La relación costo beneficio se realizó para los cuatro tratamientos (Tabla 12).



**Tabla 12***Relación costo beneficio del sistema-localidad Aloburo*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Sin mulch
Costo de producción	12 914 \$	12 201 \$	11 844 \$	10 351 \$
Ingresos por venta de producción de maíz-arveja	3 201 \$	4 971 \$	4 186 \$	3 456 \$
Relación B/C	0.24	0.40	0.35	0.33

La relación costo beneficio demuestra que los valores son menores a 1 en todos los tratamientos, lo que indica que los egresos por costos de producción fueron mayores que los ingresos por la venta de la producción de maíz y arveja.

#### **b) Dimensión Social**

La junta de regantes participó en la socialización del trabajo de investigación, además un total de 25 representantes de la junta desarrollaron la entrevista que permitió registrar sus percepciones. En la socialización se dio a conocer las características del sistema y en la entrevista se determinó las percepciones sobre el uso de abonos orgánicos, la implementación del riego por goteo y los cultivos asociados, técnicas agroecológicas que se utilizaron en el sistema, además de la posibilidad de replicar el sistema.

En la tabla 13 se registró a los 25 representantes (Familias beneficiadas) que participaron en la entrevista, tomando en cuenta el número de integrantes en la familia de cada entrevistado se determinó un total de 90 personas, de los cuales 35 (38.90%) fueron hombres y 55 (61.10%) mujeres.

Además de las entrevistas se determinó que 20 (80%) representantes de familia se dedican a la agricultura, como principal actividad económica, siendo ésta la que genera ingresos para el sustento de las familias.

**Tabla 13***Beneficiarios directos e indirectos de la comunidad de Aloburo*

Área de estudio	Familias beneficiadas	Miembros de la familia	Sexo		Situación laboral del jefe de la familia
			H	M	
Aloburo	1	5	2	3	Ganadero
	2	7	2	5	Agricultor
	3	4	1	3	Agricultor
	4	4	1	3	Agricultor
	5	4	2	2	Agricultor
	6	6	3	3	Agricultor
	7	4	2	2	Agricultor
	8	1	-	1	Empleada Doméstica
	9	2	-	2	Empleada Doméstica
	10	7	2	5	Agricultor
	11	6	2	4	Agricultor
	12	2	1	1	Agricultor
	13	2	1	1	Agricultor
	14	1	1	-	Agricultor
	15	3	-	3	Empleada Doméstica
	16	4	2	2	Agricultor
	17	6	3	3	Pecuario
	18	2	1	1	Agricultor
	19	3	2	1	Agricultor
	20	3	1	2	Agricultor
	21	2	1	1	Agricultor
	22	2	1	1	Agricultor
	23	2	-	1	Agricultor
	24	2	1	1	Agricultor
	25	6	2	4	Agricultor
Promedio de integrantes por familia		4	35	55	

Los resultados de las principales percepciones de los entrevistados, en lo referente al uso de mulch orgánico, riego por goteo y cultivos asociados se mencionan a continuación; Respecto al uso de mulch orgánico, Herrán, Torres, Martínez, Ruiz y Portugal (2008) mencionan que, el uso de mulch orgánico mejora la retención de la humedad del suelo, la capacidad de retención del agua y estimula el desarrollo de las plantas, estas reacciones son similares con las percepciones señaladas por los entrevistados.

En la tabla 14 se registró un total de 2 percepciones negativas y 5 percepciones positivas, de las cuales se destaca la percepción número 3 con un 60.9% fue la más mencionada por los entrevistados.

**Tabla 14**

*Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre mulch orgánico sistema-Aloburo*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	Falta de conocimiento	8%
	2	No hay rastrojo	4%
Positivas	3	Buen abono, conserva la humedad	60.9%
	4	Ayuda a la planta a su crecimiento	13.50%
	5	Mejor producción de cultivos	3.40%
	6	Ayuda a mejorar los nutrientes	6.80%
	7	Alimento para animales	3.40%
Percepciones negativas= 2			
Percepciones Positivas= 5			

En la tabla 15 se indica las percepciones de los entrevistados sobre la aplicación del riego por goteo en cultivos asociados, los entrevistados mencionaron 3 percepciones negativas y 3 percepciones positivas, con un 36% las percepciones número 4 y 5 fueron las más mencionadas, señalando que, “el riego por goteo es un buen sistema debido a que economiza el recurso agua”.

**Tabla 15***Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre el riego por goteo sistema-Aloburo*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	No han aplicado en sus terrenos	4%
	2	Falta de conocimiento	8%
	3	Malo debido a la falta de agua en la comunidad y es muy costoso	12%
Positivas	4	Muy buen sistema	36%
	5	El sistema economiza el agua	36%
	6	Sistema eficiente en cultivos grandes	4%
Percepciones negativas= 3			
Percepciones positivas= 3			

De las percepciones sobre el cultivo asociado (maíz-arveja) se destaca que los entrevistados mencionan que la variación de cultivos en un sistema tiene como finalidad producir cultivos diferentes de acuerdo a la necesidad del mercado, además de generar mejor producción. En la tabla 16 se registró 3 percepciones negativas y 2 percepciones positivas mencionadas por los entrevistados.

**Tabla 16***Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre cultivos asociados sistema-Aloburo*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	No tiene experiencia	8%
	2	No se desarrollan de buena manera los cultivos	24%
	3	Actualmente no es bueno por la falta de agua	4%
Positivas	4	Muy bueno porque genera mejor producción	32%
	5	Efectivo debido a la variación de cultivos	32%
Percepciones negativas= 3			
Percepciones Positivas= 2			

De igual manera se demuestra los resultados de las entrevistas, en los que se refiere a la factibilidad de la aplicación del mulch orgánico y el riego por goteo en cultivos asociados. En cuanto a la factibilidad de aplicación de mulch orgánico en la tabla 17 se demuestra una predisposición del 88% (22 representantes) de los entrevistados por aplicar esta técnica, mencionando que es un buen abono, conserva la humedad, ayuda a las plantas a su crecimiento y mejora la producción, por otro lado el 12% (3 personas) no aplicarían esta tecnología por falta de conocimiento.

**Tabla 17**

*Factibilidad de aplicación de mulch orgánico en cultivos de la comunidad de Aloburo*

Concepto	Sí aplicarían	No aplicarían
Porcentaje	88%	12%
¿Por qué?	-Buen abono y conserva la humedad -Ayuda a la planta a su crecimiento -Mejor producción de cultivo	-Falta de conocimiento -No hay rastrojo

En lo que se refiere a la factibilidad de aplicación del riego por goteo en la tabla 18 se muestra una predisposición del 88% (22 personas) de entrevistados por aplicar este sistema de riego, debido a que ahorra agua y ayuda principalmente a la planta, mientras que el 12% (3 personas) de los entrevistados no aplicarían este sistema por su alto costo de instalación.

**Tabla 18**

*Factibilidad de aplicación del riego por goteo en cultivos de la comunidad de Aloburo*

Concepto	Sí aplicarían	No aplicarían
Porcentaje	88%	12%
¿Por qué?	-La planta siempre permanece húmeda -Ahorra agua -Muy bueno pero se necesita ayuda económica	-No hay suficiente agua -Gasto económico alto

Aguilar, Tolón y Lastra (2011) señalan que la predisposición de los agricultores es una fortaleza, ya que implementar tecnologías alternativas aumentara los niveles de producción en futuras siembras.

### **c) Dimensión Ecológica**

Con un porcentaje del 60% (15 entrevistados) indicaron que la disponibilidad de agua para la actividad de la agricultura en la comunidad es regular, mencionando que el agua es medianamente suficiente para emplearla en labores agrícolas.

Medrano, Bota, Cifre, Flexas, Ribas y Gulías (2007) señalan que, la cantidad de agua disponible condiciona la producción de nueva biomasa en cualquier cultivo o comunidad vegetal. En el caso del sistema, objeto del presente estudio, éste tuvo acceso al agua a través de la implementación del sistema de riego por goteo que fue instalado al inicio de la investigación macro, por lo que la eficiencia de agua estuvo garantizada.

En cuanto al mejoramiento del suelo, los resultados de variables edáficas a los cinco meses de instalado el ensayo (Tabla 19), determinaron variaciones en el contenido de macronutrientes.

El nitrógeno total registró una disminución cuantitativa que determinó su paso desde el límite inferior del rango medio al rango bajo, luego del ciclo de los cultivos; sin embargo, su tendencia es a permanecer el rango bajo. Los resultados coinciden con lo encontrado por Acevedo, Sánchez, Acosta y Massiotti (2011), quienes al estudiar los cambios en el suelo, con fertilización orgánica y química en el cultivo de maíz, para un periodo de siete años, determinaron que luego del primer ciclo de cultivo, los resultados fueron no significativos para este nutriente, es decir resultaron ser estadísticamente iguales.

Por comparación cuantitativa el tratamiento con mulch de arveja y mulch de fréjol, se comportaron de manera similar entre ellos, siendo los contenidos de nitrógeno total en el suelo, mayores que los contenidos del mismo elemento en el mulch de cebada que fue similar al testigo.

**Tabla 19***Análisis de suelos en Aloburo antes y después de la aplicación del mulch*

Nutriente	Antes	Mulch arveja	Mulch cebada	Mulch fréjol	Testigo (sin mulch)	Unidad
N	0.16	0.11	0.1	0.11	0.1	%
P	11.43	55.5	40.4	49.2	59.9	mg/kg
K	1.32	1.23	1.25	1.27	1.59	cmol/kg
Mo	2.46	2.12	1.95	2.12	2.09	%
pH	7.82	7.94	7.98	7.78	7.83	-

**Fuente:** Agrocalidad, 2018

El fósforo disponible pasó de un contenido medio antes del ensayo a un contenido alto a los cinco meses para todos los tratamientos incluido el testigo que fue mayor que en los tratamientos con mulch, lo cual se explica por los procesos de fijación de este elemento en suelos orgánicos. Pellegrini (2017) menciona que, la presencia de materia orgánica se encuentra dominada de cargas negativas posibilitando la formación de cationes hidroxilados con Fe y Al, combinaciones complejas que inmovilizan estos iones dejando en libertad a los iones fosfatos, incrementando el fósforo disponible de los suelos.

El potasio del suelo, tanto antes como a los cinco meses del ensayo se ubicó en el rango alto. El potasio en contenidos altos se halla en suelos volcánicos que se encuentran en la sierra centro-norte del Ecuador por lo que, la sustentabilidad del suelo en estudio, se garantiza en lo referente al contenido de potasio edáfico. El potasio es un elemento favorable para la fertilidad ya que activa la función enzimática, ayuda a los procesos de fotosíntesis y formación de carbohidratos; mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad (FAO, 2002), por lo que su presencia en sitios de baja precipitación es beneficiosa.

La materia Orgánica se encontró con valores bajos de concentración en todos los tratamientos. Según Andriulo e Irizar (2017), el desarrollo de la agricultura ha disminuido las reservas de materia orgánica en el suelo debido a su degradación y a la desertificación.

El suelo presentó un pH ligeramente alcalino de 7.82 a 7.98 entre tratamientos estos valores se deben a las condiciones de clima y contenido de bases cambiables presentes en el suelo, especialmente de calcio, potasio y magnesio. Pérez (citado en Mejía y Monteros, 2018) menciona que, un pH ligeramente alcalino permite una asimilación de fósforo en la planta y estimula la deficiencia de cobalto, cobre, hierro, zinc y manganeso.

La humedad en el periodo de los cultivos asociados se elevó en los tratamientos con mulch, en relación con las parcelas testigo. Los valores de porcentaje de retención de humedad variaron de 17.59% en las parcelas testigo a 19.9% de humedad promedio en las parcelas que se implementó el mulch de fréjol. Este contenido de humedad, de acuerdo con la textura del suelo se ubicó entre el 75 y 100% del contenido de humedad a capacidad de campo, aconsejable para un buen rendimiento de cultivos. Según Vaca (2018), los porcentajes se relacionan con la textura del suelo, contenido de materia orgánica y temperatura anual (Tabla 20).

**Tabla 20**

*Porcentaje de humedad del suelo entre los tratamiento del sistema de Aloburo*

Parámetro	Mulch arveja	Mulch cebada	Mulch fréjol	Testigo (Sin mulch)	Unidad
Porcentaje	19.78	19.83	19.90	17.59	%

**Fuente:** Vaca, 2018

En cuanto al porcentaje de malezas, las parcelas testigo (sin mulch) se tomaron como referencia ya que presentaron mayor incidencia de malezas con un promedio 121.25 (100%) malezas. En la tabla 21 se observa que los tratamiento que contenían mulch de arveja y fréjol presentaron menor incidencia de malezas comparándolas con el tratamiento sin mulch, estos valores indican que el mulch sí ejerce influencia en el control natural de malezas, comprobándose lo señalado por Ramón y Rodas (2007), en el sentido de que el mulch evita el crecimiento de malezas, mejorando las características del suelo. El tratamiento con mulch de fréjol presento menor incidencia de malezas en sus parcelas.



**Tabla 21***Promedio de presencia de malezas entre los tratamiento del sistema de Aloburo*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Testigo (Sin mulch)
Nº de malezas	76	59.75	40.5	121.25
%de malezas	62.68	49.28	33.40	100

**Fuente:** Enríquez y Soria, 2018**4.1.2. Determinación de las fortalezas y debilidades de los sistemas**

Se realizó el análisis de los puntos críticos, estableciendo las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. El resultado del análisis, en resumen, se presenta en el anexo 3.

**4.1.3. Medición y monitoreo de indicadores**

Después de realizar la caracterización detallada del sistema, se efectuó la evaluación de la sustentabilidad de cada indicador por tratamiento, obteniéndose los valores que se explican a continuación:

En los indicadores del área de evaluación económica, los costos de producción obtuvieron un valor final de 1/5 en todos los tratamientos, esto debido a que se invirtió un alto costo en la producción del cultivo asociado, causa por lo cual el sistema no generaría ganancias (Tabla 22).

**Tabla 22***Valores otorgados a los tratamientos con respecto a los costos de producción sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo				
1. Costos de producción (\$/ha)	CP= Instrumentos (formato de costos de producción) de información (con mulch): MAr= 12 914\$/ha; MCb= 12 201\$/ha; MFr= 11 844\$/ha; SMul=10 351\$/ha				
	Nivel	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	Bajo	1	1	1	1
	Medio	3	3	3	3
	Alto	5	5	5	5

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

La productividad de cultivos, referente a la producción de maíz registró rendimientos similares en todos los tratamientos por lo cual obtuvieron un valor de

3/5, por otro lado para la producción de arveja, los tratamientos con mulch de cebada y fréjol obtuvieron un valor de 5/5, y los tratamientos con mulch de arveja y sin mulch (testigo) obtuvieron un valor de 3/5 debido a que presentaron menor rendimiento (Tabla 23). Los datos fueron evaluados según el rendimiento (t/ha) de cultivos del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) (2003) (Anexo 6).

**Tabla 23**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la productividad de cultivos sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo				
2.Productividad de cultivos (t/ha)	PC= Producción de maíz: MAr= 1.27t/ha; MCb= 1.47t/ha; MFr= 1.36t/ha; SMul= 1.35t/ha				
	Producción t/ha		Valor otorgado		
		MAr	MCb	MFr	SMul
	<0.56	1	1	1	1
	0.57 – 1.69	3	3	3	3
	>1.70	5	5	5	5
	PC= Producción de arveja: Mar= 0.30t/ha; MCb= 0.92t/ha; MFr= 0.66t/ha; SMul= 0.34t/ha				
	Producción t/ha		Valor otorgado		
		MAr	MCb	MFr	SMul
	<0.13	1	1	1	1
0.14 – 0.38	3	3	3	3	
>0.39	5	5	5	5	
Media	3	4	4	3	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

La rentabilidad económica obtuvo un valor final de 1/5 en todos los tratamientos ya que los egresos fueron mayores que los ingresos y al realizar la relación costo beneficio todos registraron valores menores a 1 (Tabla 24).

**Tabla 24**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la rentabilidad económica sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo				
3. Rentabilidad económica	RE= Relación Beneficio-Costo (B/C) (con mulch). MAr= 0.24; MCb= 0.40; MFr=0.35; SMul=0.33				
	Nivel		Valor otorgado		
		MAr	MCb	MFr	SMul
	B/C<1	1	1	1	1
	B/C=1	3	3	3	3
B/C>1	5	5	5	5	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

En los indicadores del área de evaluación social, la situación laboral obtuvo un valor final de 4/5 esto debido a que un 80% de los entrevistados mencionaron que se dedican a la agricultura como principal actividad, siendo esta el sustento económico familiar (Tabla 25).

**Tabla 25**

*Valores otorgados con respecto a la situación laboral comunidad-Aloburo*

Indicador	Atributo	
4. Situación laboral	Porcentaje de entrevistados dedicados a la agricultura = 80%	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
81 a 100%	5	

En los beneficiarios del sistema se obtuvo un valor final de 4/5 ya que se promedió un total de 4 integrantes por familia, un número alto los cuales dependen del sistema agrícola familiar (Tabla 26).

**Tabla 26**

*Valores otorgados con respecto a los beneficiarios de la comunidad-Aloburo*

Indicador	Atributo	
5. Beneficiarios del sistema	Promedio de integrantes por familia= 4 integrantes	
	Número de personas	Valor otorgado
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
5 o más	5	

En las percepciones de los beneficiarios se obtuvo un valor final de 3/5 debido a que se promedió un total de 3 percepciones positivas mencionadas por los entrevistados sobre el uso de mulch orgánico, riego por goteo y cultivos asociados, técnicas aplicadas en el sistema (Tabla 27).

**Tabla 27***Valores otorgados con respecto a las percepciones de los beneficiarios sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo	
6. Percepciones de los beneficiarios	Percepciones positivas mencionadas por los beneficiarios sobre: Aplicación de mulch orgánico = 5 percepciones; Riego por goteo = 3 percepciones; Cultivos asociados = 2 percepciones	
	Promedio = 3 percepciones	
	Nº Percepciones positivas	Valor otorgado
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5 o más	5

Factibilidad de aplicación tecnológica obtuvo un valor final de 5/5 ya que con un porcentaje del 88% los entrevistados mencionaron que estarían dispuestos a implementar el mulch orgánico y el sistema de riego por goteo en sus cultivos (Tabla 28).

**Tabla 28***Valores otorgados con respecto a la factibilidad de aplicación tecnológica sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo	
7. Factibilidad de aplicación tecnológica	Porcentaje de factibilidad de aplicación de mulch orgánico = 88% (22 entrevistados)	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
	81 a 100%	5
	Porcentaje de factibilidad de aplicación de riego por goteo = 88% (22 entrevistados)	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
	81 a 100%	5
	Media	5

En los indicadores del área de evaluación ecológica, la eficiencia del uso del agua, en lo que se refiere al recurso hídrico los entrevistados indicaron que la disponibilidad del agua para la agricultura es regular, por lo que se le otorgó un valor de 3/5. En lo que se refiere al sistema de riego aplicado obtuvo un valor de 5/5 debido a que el riego por goteo fue un sistema que garantizó la eficiencia del agua (Tabla 29).

**Tabla 29**

*Valores otorgados con respecto a la eficiencia del agua sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo	
8. Eficiencia del uso del agua	Disponibilidad del recurso hídrico (percepciones de los entrevistados)= 60% (Regular)	
	Nivel	Valor otorgado
	Muy baja	1
	Baja	2
	Regular	3
	Buena	4
	Muy buena	5
	Sistema de riego aplicado= Riego por goteo	
	Sistema	Valor otorgado
	Gravedad	1
Aspersión	3	
Por goteo	5	
Media	4	

En el mejoramiento de la calidad del suelo, la Materia orgánica y el Nitrógeno registraron porcentajes bajos en todos los tratamientos por lo que obtuvieron un valor final de 1/5, mientras que la cantidad de Fósforo y Potasio en todos los tratamientos presentaron cantidades mayores de acuerdo al rango establecido, por lo cual obtuvieron un valor final de 5/5, por último el pH obtuvo un valor final de 3/5 para todos los tratamientos (Tabla 30).

Estos datos fueron evaluados de acuerdo a la interpretación de resultados de Agrocalidad (2016) y Castellanos (2015) (Anexos 7, 8 y 9).

**Tabla 30**

Valores otorgados a los tratamientos con respecto al mejoramiento de la calidad del suelo sistema-Aloburo

Indicador	Atributo				
9. Mejoramiento de la calidad del suelo	Porcentaje de materia orgánica: MAr= 2.12%; MCb=1.95%; MFr= 2.12%; SMul= 2.09%				
	%	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	1 – 2,9	1	1	1	1
	3 - 4.9	3	3	3	3
	>5	5	5	5	5
	Porcentaje de Nitrógeno: MAr= 0.11%; MCb= 0.1%; MFr= 0.11%; SMul= 0.1%				
	%	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	0 – 0.15	1	1	1	1
0.16 – 0.3	3	3	3	3	
>0.31	5	5	5	5	
Cantidad de Fósforo (mg/kg): MAr= 55.5; MCb= 40.4; MFr= 49.2; SMul= 59.9					
mg/kg	Valor otorgado				
	MAr	MCb	MFr	SMul	
0 – 10.0	1	1	1	1	
11.0 – 20.0	3	3	3	3	
>21.0	5	5	5	5	
Cantidad de Potasio cmol/kg: MAr= 1.23; MCb= 1.25; MFr= 1.27; SMul= 1.59					
cmol/kg	Valor otorgado				
	MAr	MCb	MFr	SMul	
<0.2	1	1	1	1	
0.2 – 0.38	3	3	3	3	
>0.4	5	5	5	5	
pH= MAr= 7.94; MCb= 7.98; MFr= 7.78; SMul= 7.83					
	MAr	MCb	MFr	SMul	
<5.5	1	1	1	1	
>8.1	2	2	2	2	
7.4 – 8.0	3	3	3	3	
5.6 – 6.4	4	4	4	4	
6.5 – 7.5	5	5	5	5	
Media	3	3	3	3	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

El porcentaje de humedad obtuvo un valor final de 5/5 para los tratamientos con mulch de arveja, cebada y fréjol esto debido a que registraron porcentajes altos de

acuerdo a la capacidad de campo, mientras que el tratamiento sin mulch (testigo) obtuvo un valor final de 3/5 ya que presento un porcentaje medio (Tabla 31). Estos valores fueron evaluados de acuerdo al contenido de humedad del suelo según la capacidad de campo de Agrocalidad (2016) (Anexo 10).

**Tabla 31**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de humedad sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo				
10. Porcentaje de humedad (% de retención)	Contenido de humedad del suelo según la capacidad de campo= MAR= 19.78%; MCb= 19.83%; MFr= 19.90%; SMul= 17.59%				
	Capacidad de campo (%)	Valor otorgado			
		MAR	MCb	MFr	SMul
	11.5 – 15.33	1	1	1	1
	15.34 – 19.17	3	3	3	3
	19.18 - 23	5	5	5	5

MAR= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

El porcentaje de incidencias de malezas, el tratamiento sin mulch (testigo) obtuvo un valor final de 1/5 ya que fue el registró un porcentaje mayor de incidencia, los tratamientos con mulch de arveja, cebada y fréjol obtuvieron valores finales de 2/5, 3/5 y 4/5 respectivamente, esto debido a que el porcentaje de incidencias fue menor al testigo (Tabla 32).

**Tabla 32**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de incidencias de malezas sistema-Aloburo*

Indicador	Atributo				
11. Porcentaje de incidencias de malezas	<b>Valor porcentual; 100% = población de malezas del testigo:</b>				
	MAR= 62.68%; MCb= 49.8%; MFr= 33.40; SMul= 100%				
	%	Valor otorgado			
		MAR	MCb	MFr	SMul
	81 a 100%	1	1	1	1
	61 a 80%	2	2	2	2
41 a 60%	3	3	3	3	
21 a 40%	4	4	4	4	
0 a 20%	5	5	5	5	

#### 4.1.4. Presentación e integración de resultados

La evaluación de la sustentabilidad de los indicadores obtuvo valores de sustentabilidad por tratamiento, estos se encuentran resumidos en la tabla 33.

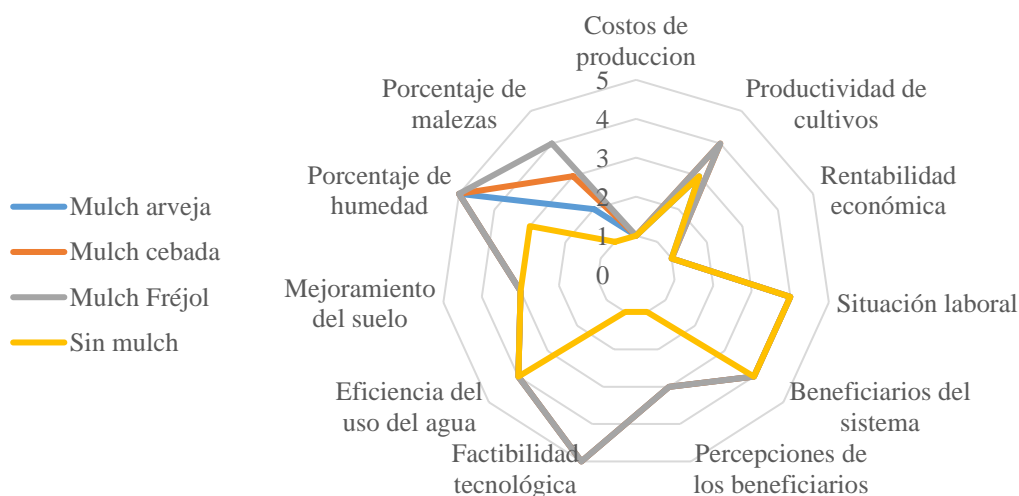
**Tabla 33**

*Valores otorgados a los indicadores con respecto a la caracterización del sistema-Aloburo*

Indicador	Valor otorgado			
	MAr	MCb	MFr	SMul
Costos de producción	1/5	1/5	1/5	1/5
Productividad de cultivos	3/5	4/5	4/5	3/5
Rentabilidad económica	1/5	1/5	1/5	1/5
Situación laboral	4/5	4/5	4/5	4/5
Beneficiarios del sistema	4/5	4/5	4/5	4/5
Percepciones de los beneficiarios	3/5	3/5	3/5	1/5
Factibilidad de aplicación tecnológica	5/5	5/5	5/5	1/5
Eficiencia del uso del agua	4/5	4/5	4/5	4/5
Mejoramiento de la calidad del suelo	3/5	3/5	3/5	3/5
Porcentaje de humedad	5/5	5/5	5/5	3/5
Porcentaje de incidencias de malezas	2/5	3/5	4/5	1/5
Media	3.2/5	3.4/5	3.5/5	2.4/5

MAR= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

Tomando en cuenta los valores otorgados a cada indicador de sustentabilidad por tratamiento en la tabla 33, se realizó las gráficas AMOEBA (Figura 7), determinando que el tratamiento de mulch de fréjol con una media de 3.5/5 es el que presentó el mejor valor final de sustentabilidad, por lo que se menciona que se encuentra iniciándose en la sustentabilidad (Tabla 6).



**Figura 7.** Valores de sustentabilidad de los tratamientos del sistema en Aloburo



#### 4.1.5. Análisis estadístico

Los resultados de los Análisis Clúster, correlación de Pearson y LSD Fisher se presentan a continuación:

##### 4.1.5.1. Análisis Clúster

El análisis se realizó para costos de producción, porcentaje de humedad, porcentaje de malezas, materia orgánica y macronutrientes.

Características de las figuras: T1= Mulch arveja; T2= Mulch de Cebada; T3= Mulch fréjol; T4= Sin mulch.

En la figura 8 los costos de producción se evidenciaron la formación de dos grupos diferenciados, siendo el T1 (181.12\$) y T2 (171.12\$) los que tienen un comportamiento estadístico similar; mientras que el T4 (145.18\$) es estadísticamente diferente de los demás tratamientos.

En cuanto al porcentaje de humedad los tratamientos T1 (19.78%), T2 (19.83%) y T3 (19.9%) son estadísticamente similares, mientras que el T4 (17,59%) difiere estadísticamente de los tratamientos antes mencionados (Figura 9).

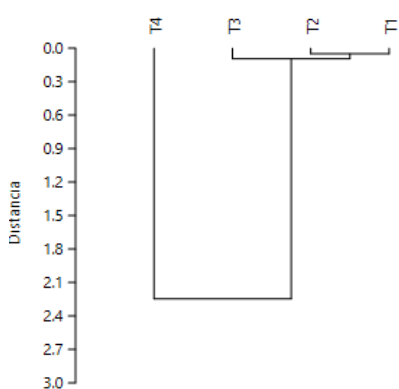


Figura 8. Costos de producción (A)

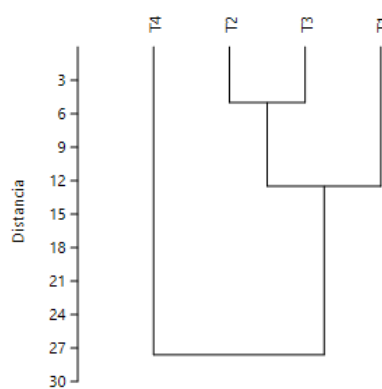
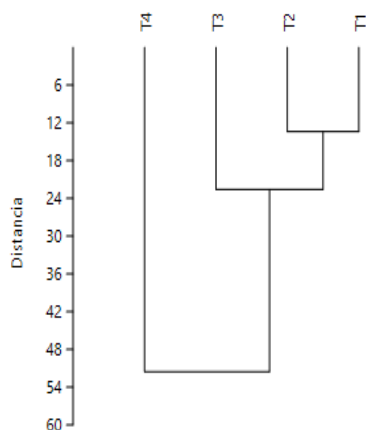


Figura 9. Porcentaje de humedad (A)

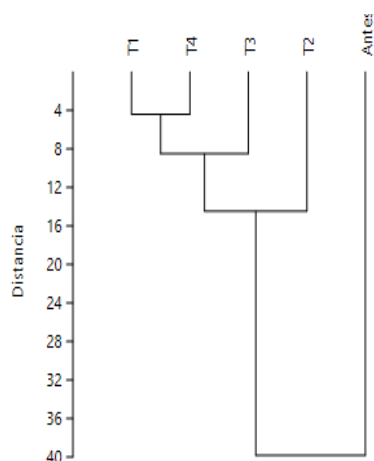
En lo que se refiere al porcentaje de malezas se observa que el T1 (62.68%) y T2 (49.28%) presentan comportamientos similares, por el contrario, el T4 (100%) mostró un comportamiento diferente al resto de tratamientos (Figura 10).



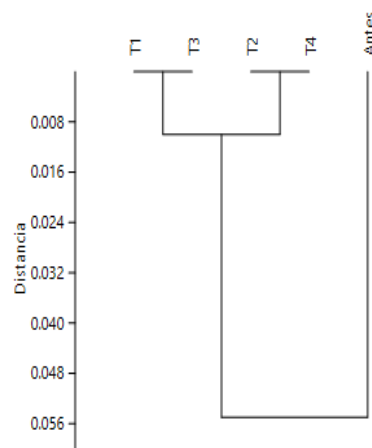
**Figura 10.** Porcentaje de malezas (A)

En cuanto a la presencia de Fósforo (P), la figura 11 muestra como las concentraciones de este elemento aumentaron en todos los tratamientos con respecto a la concentración inicial que presentaron los suelos.

La figura 12 indica como los valores de Nitrógeno (N) se redujeron en todos los tratamientos con respecto al valor inicial (0.16); siendo el T1 y T3 en los que los niveles de nitrógeno fueron idénticos con un valor de (0.11) y el T2 y T4 también fueron iguales (0.10); sin embargo, los valores indican que indistintamente de los tratamientos, los valores de N son muy similares en todos los tratamiento.



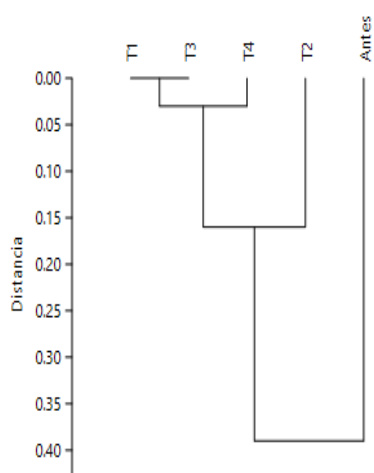
**Figura 11.** Presencia de Fósforo (A)



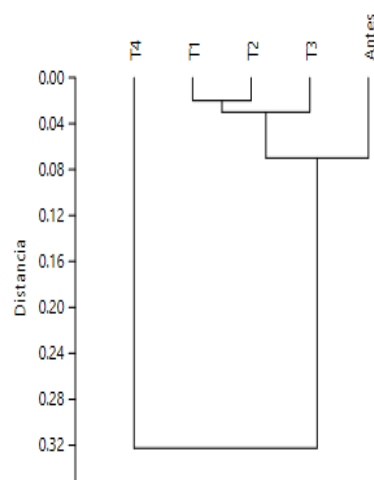
**Figura 12.** Presencia de Nitrógeno (A)

Los niveles de materia orgánica disminuyeron en todos los tratamientos; sin embargo, la variación no fue significativa y por lo tanto, los cuatro tratamientos se mantuvieron dentro del rango medio de concentración (Figura 13).

La figura 14 muestra los niveles de Potasio (K), encontrándose que los niveles de este elemento disminuyeron de una manera insignificante en todos los tratamientos en los que se aplicó el mulch.



**Figura 13.** Materia orgánica (A)

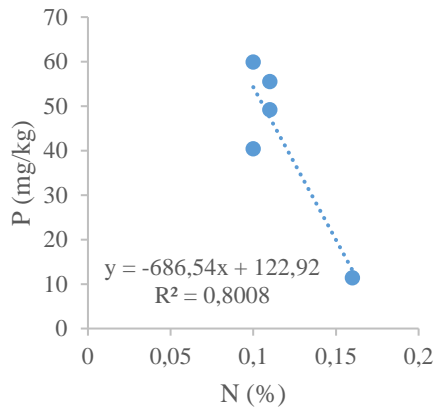


**Figura 14.** Presencia de Potasio (A)

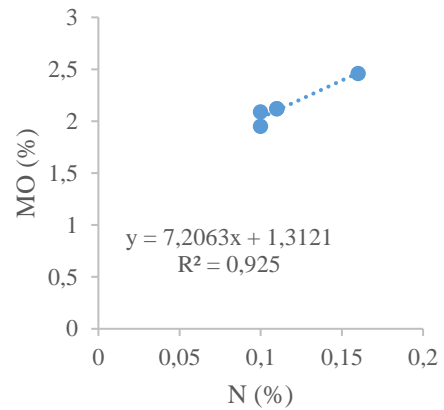
#### 4.1.5.2. Análisis de correlación de Pearson

Se realizó el análisis para las variables edáficas, seleccionando aquellas que tuvieron un coeficiente de determinación de confiabilidad mayor a 0.8. El análisis muestra varias interacciones evidentes entre las variables.

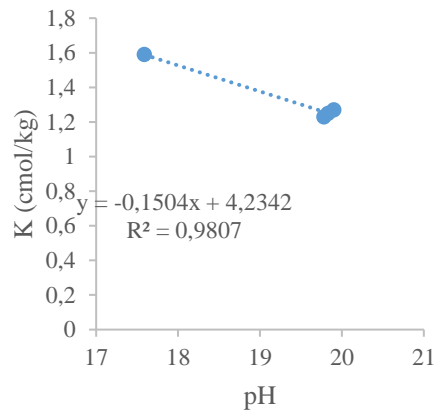
Una de las interacciones nos muestra como la relación P/N tiene una correlación negativa importante; mientras que los valores de Fósforo disminuyen los valores de Nitrógeno aumentan (Figura 15).



**Figura 15.** Relación Fósforo/Nitrógeno (A)



**Figura 16.** Relación MO/ Nitrógeno (A)



**Figura 17.** Relación Potasio/pH (A)

Por otro lado, la figura 16 marca una correlación positiva importante entre la materia orgánica y el nitrógeno, al aumentar los niveles de una variable, los niveles de la otra también se incrementan.

Por último se analizó la relación potasio (K) y el potencial de hidrogeno (pH) la cual indico una correlación lineal positiva entre las dos variables (Figura 17).

### 4.1.5.3. Análisis LSD Fisher

El análisis de la varianza de la tabla 34 muestra que no existió una diferencia significativa entre tratamientos. El coeficiente de varianza fue de 28.03%; y al ser menor al 30% es aceptable para esta investigación.

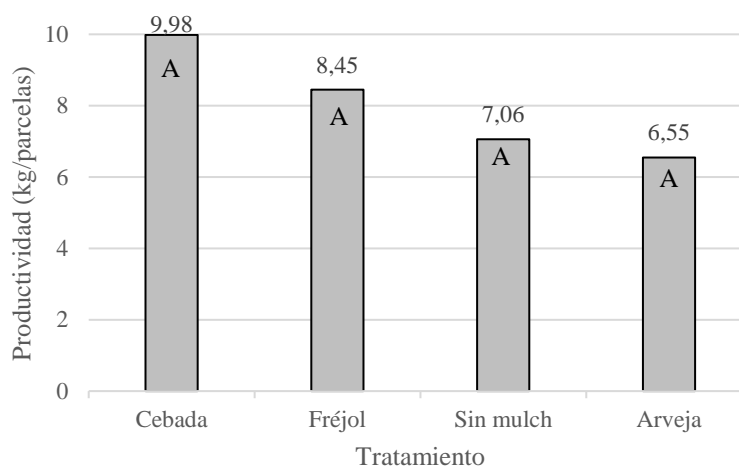
**Tabla 34**

*Análisis de la varianza de la productividad en Aloburo*

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.44	3	0.15	0.19	n.s.
TRATAMIENTO	0.44	3	0.15	0.19	n.s.
Error	9.25	12	0.77		
Total	9.69	15			

CV=28.03

La figura 18 muestra el análisis Fisher para la productividad en Aloburo. Los cuatros tratamientos registraron rangos de A, mostrando una similitud estadística entre ellos. La cobertura orgánica de cebada fue el mejor tratamiento para el sector de Aloburo en cuanto a la productividad.



**Figura 18.** Análisis Fisher de la productividad en Aloburo

## 4.2. Evaluación de la sustentabilidad en la localidad de Yahuarcocha

Luego de haber aplicado cada uno de los pasos recomendados por Altieri (2001), se obtuvo:

### 4.2.1. Caracterización del sistema de Yahuarcocha

En Yahuarcocha el suelo donde se ubicó el sistema, antes de su instalación, resultó ser franco (Fco.) con 30% de arena, 48% limo y % 22% de arcilla; pH 7.60 (ligeramente alcalino); materia orgánica 2.75% (bajo). En cuanto a macronutrientes los resultados fueron: nitrógeno amoniacal 28.08 ppm (bajo); fósforo 42.76 ppm (alto); y, potasio 0.81 meq/100g (alto).

#### a) Dimensión económica

En cuanto a los costos de producción de los cultivos asociados obtenidos en este sistema, como se menciona: la implementación y mantenimiento del sistema, siembra y cosecha del cultivo generaron un costo monetario de 643.30 dólares/sistema, lo que representa un total de 11 467 dólares/ha. En la tabla 35 se realizó la comparación de los costos de acuerdo a los tres tipos de mulch, arveja, cebada y frejol, aplicados en el sistema (Anexo 3).

**Tabla 35**

*Costos de producción del sistema-localidad Yahuarcocha*

localidad	Tipo de mulch	Costo total/parcelas (\$)	Transporte y colocación de mulch	Costo total por tipo de mulch (\$)
Yahuarcocha	Arveja	140.12	35.94	176.06
	Cebada	140.12	25.94	166.06
	Frejol	140.12	20.94	161.06
	Sin mulch	140.12	-	140.12

En este sistema se obtuvo una producción total de 16.01kg/sistema de maíz y 8,66kg/sistema de arveja. Se indica la producción de acuerdo a la sumatoria de las cuatro repeticiones de cada tratamiento, además de la producción de las parcelas

que no contenían mulch (Testigo), el destino de la producción y los ingresos que se habría obtenido de acuerdo con el precio del mercado (Tabla 36).

El tratamiento con mulch de arveja obtuvo la mejor producción de maíz 4.51 kg/parcelas (0.6 t/ha), mientras que la producción de arveja se obtuvo mejor rendimiento en el tratamiento con mulch de fréjol 1.49 kg/parcelas (0.40 t/ha).

**Tabla 36**

*Producción e ingresos de la venta de cultivos del sistema-localidad Yahuarcocha*

localidad	Producto	Tipo de mulch	Cantidad (kg/∑parcela)	Ingreso/beneficio (\$)	
Yahuarcocha	Maíz	Arveja	4.51	9.02	
		Cebada	3.87	7.74	
		Fréjol	3.93	7.86	
		Sin mulch	3.70	7.40	
	Arveja	Arveja	1.05	2.31	
		Cebada	2.85	6.27	
		Fréjol	3.27	7.19	
		Sin mulch	1.49	3.27	
	Total de cañas:			675 cañas	
	Destino de producción: Autoconsumo				
Precio por Kilogramo:			Maíz: 2.00 dólares		
			Arveja: 2.20 dólares		
Precio por cantidad de cañas:			40 cañas/1.00 dólares		

**Fuente:** Enríquez y Soria, 2018

Se muestra los costos de producción del cultivo asociado por hectárea, también se observa la producción de los cultivos en toneladas/hectárea por cada tratamiento (Tabla 37).

**Tabla 37**

*Costos de producción y producción de cultivos del sistema-localidad Yahuarcocha*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Sin mulch
Costo de producción	12 530 \$/ha	11 840 \$/ha	11 483 \$/ha	9 990 \$/ha
Producción de maíz	1.08 t/ha	0.93 t/ha	0.94 t/ha	0.89 t/ha
Producción de arveja	0.25 t/ha	0.68 t/ha	0.79 t/ha	0.36 t/ha

De la misma manera que en el sistema de la localidad de Aloburo, la relación beneficio costo se obtuvo tomando en cuenta los ingresos de la venta de la producción de los cultivos y para los egreso se utilizó los costos de producción (Tabla 38).

**Tabla 38**

*Relación costo beneficio del sistema-localidad Yahuarcocha*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Sin mulch
Costo de producción	12 530 \$	11 840 \$	11 483 \$	9 990 \$
Ingresos por venta de producción de maíz-arveja	2 718 \$	3 363 \$	2 953 \$	2 561 \$
Relación B/C	0.21	0.28	0.25	0.25

Los valores obtenidos en el costo beneficio demostraron inferioridad a 1 en todos los tratamientos, estos valores indican que los egresos por costos de producción fueron mayores que los ingresos por la venta de la producción de los cultivos.

#### **b) Dimensión Social**

De igual manera que el sistema de Aloburo, la junta de regantes participó en la socialización sobre las características del sistema y 14 representantes de la junta desarrollaron la entrevista para obtener la información.

En la tabla 39 se registró a los 14 representantes (Familias beneficiadas) que participaron en la entrevista, tomando en cuenta el número de integrantes en la familia de cada entrevistado se determinó un total de 63 personas, de los cuales 23 (36.51%) fueron hombres y 40 (63.49%) mujeres, además de las entrevistas se determinó que los 14 (100%) representantes de familia indicaron que la agricultura es la actividad principal, generando ingresos económicos para el sustento de las familias.



**Tabla 39***Beneficiarios directos e indirectos de la comunidad de Yahuarcocha*

	Área de estudio	Familias beneficiadas	Miembros de la familia	Sexo		Situación laboral del jefe de la familia
				H	M	
Yahuarcocha		1	4	1	3	Agricultor
		2	3	1	2	Agricultor
		3	4	2	2	Agricultor
		4	3	-	3	Agricultor
		5	5	1	4	Agricultor
		6	3	-	3	Agricultor
		7	1	1	-	Agricultor
		8	6	3	3	Agricultor
		9	12	7	5	Agricultor
		10	6	3	3	Agricultor
		11	6	1	5	Agricultor
		12	5	2	3	Agricultor
		13	2	-	2	Agricultor
		14	3	1	2	Agricultor
	Promedio de integrantes por familia		5	23	40	

A continuación se presenta los resultados de las entrevistas de los 14 representantes que establecieron sus percepciones en cuanto al uso de mulch orgánico, riego por goteo y cultivos asociados.

En la tabla 40 se detalla las percepciones mencionadas por los entrevistados en cuanto al uso de mulch orgánico, registrando una percepción negativa y 4 percepciones positivas. De las percepciones mencionadas se destacan características importantes que ayudan al mejoramiento del suelo y a la producción de los cultivos.

**Tabla 40**

*Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre mulch orgánico sistema-Yahuarcocha*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	Solo utiliza químicos	14.29%
Positivas	2	Muy bueno porque los abonos químicos dañan el suelo	7.14%
	3	Buen resultado en sus cultivos	14.29%
	4	Buen abono, humedece el suelo	57.14%
	5	Limpia el suelo de hongos y bacterias	7.14%
Percepciones negativas= 1			
Percepciones Positivas= 4			

En la tabla 41 se indica las percepciones de los entrevistados sobre la aplicación del riego por goteo en cultivos asociados, en la cual se destaca la percepción número 2 con un 64.28% siendo la percepción más mencionada. Se registró una percepción negativa y 2 percepciones positivas.

**Tabla 41**

*Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre riego por goteo sistema-Yahuarcocha*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	Falta de conocimiento	28.56%
Positivas	2	Es muy bueno porque no desperdicia agua	64.28%
	3	Muy vital para verano	7.14%
Percepciones negativas= 1			
Percepciones Positivas= 2			

Las percepciones de los entrevistados sobre los cultivos asociados se observa en la tabla 42, en la percepción 4 los entrevistados mencionan que se obtiene buena producción de los cultivos asociados (50%). Se registró una percepción negativas y 4 percepciones positivas.

**Tabla 42**

*Categorización de las percepciones de los entrevistados sobre cultivos asociados sistema-Yahuarcocha*

Categoría	Número de percepción	Percepciones de los entrevistados	Porcentaje
Negativas	1	No tiene experiencia	7.14%
Positivas	2	Muy bueno dependiendo del terreno	7.14%
	3	Efectivo para consumo personal	7.14%
	4	Mejora la producción	50%
	5	Muy bueno porque se ayudan entre cultivos	28.57%
Percepciones negativas= 1			
Percepciones Positivas= 4			

De igual manera se señalan los resultados de las entrevistas, en los que se refiere a la factibilidad de la aplicación del mulch orgánico y el riego por goteo en cultivos asociados. Mencionando el porcentaje de factibilidad de aplicación de mulch orgánico, se demuestra una predisposición del 86% (12 personas) de los entrevistados por aplicar esta técnica, debido que es un buen abono orgánico, por otro lado el 14% (2 personas) seguirían utilizando químicos en sus cultivos por la falta de conocimiento sobre abono orgánicos (Tabla 43).

**Tabla 43**

*Factibilidad de aplicación de mulch orgánico en cultivos de la comunidad de Yahuarcocha*

Concepto	Si aplicaría	No aplicaría
Porcentaje	85.71%	14.29%
¿Por qué?	-Es buen abono orgánico -Los abonos químicos dañan el suelo	-Falta de conocimiento -Utiliza químicos

Además en cuanto al riego por goteo en la tabla 44 se observa lo mencionado por los entrevistados, con un porcentaje de 71.42% (10 personas) sí sería factible la aplicación del sistema de riego por motivo que ahorra y regula el agua en los cultivos y se menciona que el 28.57% (4 personas) no aplicaría este sistema, debido a la falta de conocimiento.

**Tabla 44***Factibilidad de aplicación del riego por goteo en cultivos de la comunidad de Yahuarcocha*

Concepto	Si aplicaría	No aplicaría
Porcentaje	71.42%	28.57%
¿Por qué?	-Economiza el uso de agua y abarca todo el área de la planta -Humedece la tierra -Es muy bueno porque regula el agua	-Falta de conocimiento -Terreno pequeño

#### a) **Dimensión Ecológica**

De las 14 entrevistas realizadas, todas indicaron que la disponibilidad de agua que poseen los agricultores de la zona es muy buena y que cubre las necesidades requeridas para un óptimo desempeño de las labores agrícolas diarias. El acceso al agua de este ensayo de igual forma fue mediante la implementación del riego por goteo. Vega, Mata, Salmones y Caballero (2006) nos dicen que, la eficiencia en cuanto a la factibilidad de agua es fundamental para asegurar que la producción de cultivo en las zonas sea sustentable ya que cumple con las tres dimensiones de sustentabilidad.

En cuanto al mejoramiento del suelo, los resultados de variables edáficas a los cinco meses de instalado el ensayo (Tabla 45), determinaron variaciones en el contenido de macronutrientes. El nitrógeno total registró un aumento desde un rango bajo al rango medio, luego del ciclo del cultivo, mencionando que todos los tratamientos se encontraron en similares concentraciones. Las cantidades de nitrógeno presentes en los distintos suelos pueden estimarse a partir del contenido de materia orgánica (Perdomo y Barbazán, 2003), por lo que hay una relación directa entre los dos parámetros.

De similar manera a los suelos del sistema de Aloburo, también los suelos de Yahuarcocha registraron un contenido alto de fósforo disponible, tanto antes del ensayo como a los cinco meses para todos los tratamientos incluyendo al testigo.

Esto tiene relación con los procesos de fijación de este elemento en suelos orgánicos, el tratamiento de mulch de arveja registró los mayores valores de fósforo disponible en el suelo.

**Tabla 45**

*Análisis de suelos en Yahuarcocha antes y después de la aplicación del mulch*

Nutriente	Antes	Mulch arveja	Mulch cebada	Mulch fréjol	Testigo (sin mulch)	Unidad
N	0.14	0.22	0.21	0.19	0.23	%
P	42.76	188.3	143.5	158.4	165.9	mg/kg
K	0.81	1.22	1.22	1.15	1.09	cmol/kg
Mo	2.75	4.35	4.18	3.81	4.55	%
pH	7.6	7.18	7.27	7.29	7.12	-

**Fuente:** Agrocalidad, 2018

El potasio del suelo, tanto antes como a los cinco meses del ensayo se ubicó en el rango alto. Este macronutriente juega un papel vital en la plantas, mejora el hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, las plantas bien provistas con potasio sufren menos enfermedades (FAO, 2002).

La materia Orgánica se encuentra con valores medios de concentración en todos los tratamientos. La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad (FAO, 2002).

En Yahuarcocha se tuvo un pH prácticamente neutro de 7.12 a 7.6, que se relaciona con una absorción de mayor cantidad de nutrientes en relación con Aloburo donde el pH fue ligeramente alcalino. El valor de pH del suelo indica su aptitud para actividades agrícolas y para la captación de nutrientes.

Este sistema presentó valores más altos de porcentaje de retención de humedad de 26.20 en las parcelas sin mulch (testigo) a 29.22 en las parcelas que se implementó mulch de arveja con relación a los valores de cada tratamiento (Tabla 46). Este

contenido de humedad, de acuerdo con la textura del suelo se ubicó entre los valores de capacidad de campo aconsejables para un buen rendimiento de cultivos. Vaca (2018) señaló que estos valores son más altos debido al mayor porcentaje de materia orgánica que presenta este suelo.

**Tabla 46**

*Porcentaje de humedad del suelo entre los tratamientos del sistema de Yahuarcocha*

Parámetro	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Testigo (Sin mulch)	Unidad
Porcentaje	29.22	26.57	28.39	26.20	%

**Fuente:** Vaca, 2018

En Yahuarcocha las parcelas testigo presentaron el promedio mayor de incidencia de malezas, con 222.75 malezas (100%); mientras, la menor incidencia se presentó en las parcelas con tratamiento de mulch de fréjol, con un promedio de 91.5 malezas (Tabla 47). El contenido de malezas mayor en este sitio se debe a su uso en cultivos transitorios

**Tabla 47**

*Promedio de presencia de malezas entre los tratamientos del sistema de Yahuarcocha*

Concepto	Mulch de arveja	Mulch de cebada	Mulch de fréjol	Testigo (Sin mulch)
N° de malezas	104.75	164.50	91.50	222.75
% de malezas	47.03	73.85	41.08	100

**Fuente:** Enríquez y Soria 2018

#### **4.2.2. Determinación de las fortalezas y debilidades de los sistemas**

Se realizó el análisis de los puntos críticos, estableciendo las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. El resultado del análisis se presenta resumido en el anexo 4.

### 4.2.3. Medición y monitoreo de indicadores

De igual forma luego de realizar la caracterización detallada del sistema, se efectuó la evaluación de sustentabilidad de cada indicador por tratamiento de los cuales se obtuvo valores explicados a continuación:

En los indicadores del área de evaluación económica, los costos de producción fueron altos para la producción del cultivo asociado, por lo cual el sistema no generaría ganancias, por lo cual todos los tratamientos obtuvieron un valor final de 1/5 (Tabla 48).

**Tabla 48**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto a los costos de producción sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo				
1. Costos de producción (\$/ha)	CP= Instrumentos (formato de costos de producción) de información (con mulch): MAr= 12 530\$/ha; MCb= 11 840\$/ha; MFr= 11 483\$/ha; SMul=9 990\$/ha				
	Nivel	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	Bajo	1	1	1	1
	Medio	3	3	3	3
Alto	5	5	5	5	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

La productividad de cultivos, en lo que se refiere a la producción de maíz se registró rendimientos similares para los tratamientos con mulch de arveja y fréjol, obteniendo un valor final de 3/5, mientras que los tratamiento con mulch de cebada y el testigo obtuvieron un valor final de 1/5 debido a su baja producción. Por otro lado la producción de arveja, los tratamientos con mulch de cebada y fréjol obtuvieron un valor de 5/5, el tratamiento con mulch de arveja obtuvo un valor de 1/5 y el tratamiento sin mulch obtuvo un valor de 3/5, debido a que estos presentaron menor rendimiento (Tabla 49). Los datos fueron evaluados de acuerdo al rendimiento (t/ha) de cultivos según INEC, 2003 (Anexo 6).

**Tabla 49**

Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la productividad de cultivos sistema-Yahuarcocha

Indicador	Atributo				
2.Productividad de cultivos (t/ha)	PC= Producción de maíz: MAr= 1.08t/ha; MCb= 0.93t/ha; MFr= 0.94t/ha; SMul= 0.89t/ha				
	Producción t/ha	MAr	MCb	MFr	SMul
	<0.56	1	1	1	1
	0.57 – 1.69	3	3	3	3
	>1.70	5	5	5	5
	PC= Producción de arveja: MAr= 0.25t/ha; MCb= 0.68t/ha; MFr= 0.79t/ha; SMul= 0.36t/ha				
	Producción t/ha	MAr	MCb	MFr	SMul
	<0.13	1	1	1	1
	0.14 – 0.38	3	3	3	3
	>0.39	5	5	5	5
Media	3	3	4	3	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

La rentabilidad económica, en todos los tratamientos los egresos fueron mayores que los ingresos y al realizar la relación costo beneficio todos los tratamientos registraron valores menores a 1, por lo tanto obtuvieron un valor final de 1/5 (Tabla 50).

**Tabla 50**

Valores otorgados a los tratamientos con respecto a la rentabilidad económica sistema-Yahuarcocha

Indicador	Atributo				
3. Rentabilidad económica	RE= Relación Beneficio-Costo (B/C) (con mulch). MAr= 0.21; MCb= 0,28; MFr=0,25; SMul=0.25				
	Nivel	MAr	MCb	MFr	Smul
	B/C<1	1	1	1	1
	B/C=1	3	3	3	3
	B/C>1	5	5	5	5

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch



En los indicadores del área de evaluación social, la situación laboral obtuvo un valor final de 5/5 esto debido a que el 100% de los entrevistados mencionaron que se dedican a la agricultura como principal actividad, la cual sustenta la economía familiar (Tabla 51).

**Tabla 51**

*Valores otorgados con respecto a la situación laboral comunidad-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo	
4. Situación laboral	Porcentaje de entrevistados dedicados a la agricultura = 100%	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
81 a 100%	5	

En los beneficiarios del sistema se promedió un total de 5 integrantes por familia los cuales dependen del sistema agrícola familiar, obteniendo un valor final de 5/5 (Tabla 52).

**Tabla 52**

*Valores otorgados con respecto a los beneficiarios de la comunidad-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo	
5. Beneficiarios del sistema	Promedio de integrantes por familia= 5 integrantes	
	Número de personas	Valor otorgado
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
5 o más	5	

En las percepciones de los beneficiarios se promedió un total de 3 percepciones positivas mencionadas por los entrevistados sobre las técnicas aplicadas en el sistema, obteniendo un valor final de 3/5 (Tabla 53).

**Tabla 53***Valores otorgados con respecto a las percepciones de los beneficiarios sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo	
6. Percepciones de los beneficiarios	Percepciones positivas mencionadas por los beneficiarios sobre: Aplicación de mulch orgánico = 4 percepciones; Riego por goteo = 2 percepciones; Cultivos asociados = 4 percepciones	
	Promedio = 3 percepciones	
	N° Percepciones positivas	Valor otorgado
	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5 o más	5

Factibilidad de aplicación tecnológica, en lo que se refiere al uso de mulch orgánico obtuvo un valor de 5/5 ya que con un porcentaje del 85.71% los entrevistados estarían dispuestos a implementar en sus cultivos, mientras que con 71.42% el riego por goteo, obteniendo un valor de 4/5 (Tabla 54).

**Tabla 54***Valores otorgados con respecto a la factibilidad de aplicación tecnológica sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo	
7. Factibilidad de aplicación tecnológica	Porcentaje de factibilidad de aplicación de mulch orgánico = 85.71% (12 entrevistados)	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
	81 a 100%	5
	Porcentaje de factibilidad de aplicación de riego por goteo = 71.42% (10 entrevistados)	
	%	Valor otorgado
	0 a 20 %	1
	21 a 40%	2
	41 a 60%	3
	61 a 80%	4
	81 a 100%	5
	Media	5

En los indicadores del área de evaluación ecológica, la eficiencia del uso del agua, los entrevistados indicaron que la disponibilidad del agua para la agricultura es muy buena, por lo que se le otorgo un valor de 5/5.

En lo que se refiere al sistema de riego aplicado obtuvo un valor de 5/5 debido a que el riego por goteo fue un sistema que garantizó la eficiencia del agua (Tabla 55).

**Tabla 55**

*Valores otorgados con respecto a la eficiencia del agua sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo	
8. Eficiencia del uso del agua	Disponibilidad del recurso hídrico (percepciones de los entrevistados)= 100% (Muy buena)	
	Nivel	Valor otorgado
	Muy baja	1
	Baja	2
	Regular	3
	Buena	4
	Muy buena	5
	Sistema de riego aplicado= Riego por goteo	
	Sistema	Valor otorgado
	Gravedad	1
	Aspersión	3
	Por goteo	5
	Media	5

En el mejoramiento de la calidad del suelo, la materia orgánica y el Nitrógeno registraron porcentajes medios en todos los tratamientos por lo que obtuvieron un valor final de 3/5. En todos los tratamientos la cantidad de Fósforo y Potasio presentaron cantidades mayores de acuerdo al rango establecido, por lo cual obtuvieron un valor final de 5/5. Por último el pH obtuvo un valor final de 5/5 para todos los tratamientos (Tabla 56).

Estos datos fueron evaluados de acuerdo a la interpretación de resultados de Agrocalidad (2016) y Castellanos (2015) (Anexo 7, 8 y 9).

**Tabla 56**

Valores otorgados a los tratamientos con respecto al mejoramiento de la calidad del suelo sistema Yahuarcocha

Indicador	Atributo				
9. Mejoramiento de la calidad del suelo	Porcentaje de materia orgánica: MAr= 4.35%; MCb=4.18%; MFr= 3.81%; SMul= 4.55%				
	%	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	1 – 2.9	1	1	1	1
	3 - 4.9	3	3	3	3
	>5	5	5	5	5
	Porcentaje de Nitrógeno: MAr= 0.22%; MCb= 0.21%; MFr= 0.19%; SMul= 0.23%				
	%	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	0 – 0.15	1	1	1	1
0.16 – 0.3	3	3	3	3	
>0.31	5	5	5	5	
Cantidad de Fósforo (mg/kg): MAr= 188.3; MCb= 143.5; MFr= 158.4; SMul= 165.9					
mg/kg	Valor otorgado				
	MAr	MCb	MFr	SMul	
0 – 10.0	1	1	1	1	
11.0 – 20.0	3	3	3	3	
>21.0	5	5	5	5	
Cantidad de Potasio cmol/kg: MAr= 1.22; MCb= 1.22; MFr= 1.15; SMul= 1.09					
cmol/kg	Valor otorgado				
	MAr	MCb	MFr	SMul	
<0.2	1	1	1	1	
0.2 – 0.38	3	3	3	3	
>0.4	5	5	5	5	
pH= MAr= 7.18; MCb= 7.27; MFr= 7.29; SMul= 7.12					
	MAr	MCb	MFr	SMul	
<5.5	1	1	1	1	
>8.1	2	2	2	2	
7.4 – 8.0	3	3	3	3	
5.6 – 6.4	4	4	4	4	
6.5 – 7.5	5	5	5	5	
Media	4	4	4	4	

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

El porcentaje de humedad obtuvo un valor final de 5/5 para todos los tratamientos ya que registraron porcentajes alto de acuerdo a la capacidad de campo (Tabla 57).

Estos valores fueron evaluados de acuerdo al contenido de humedad del suelo según la capacidad de campo de Agrocalidad (2016) (Anexo 10).

**Tabla 57**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de humedad sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo				
10. Porcentaje de humedad (% de retención)	Contenido de humedad del suelo según la capacidad de campo= MAr= 29.22%; MCb= 26.57%; MFr= 28.39%; SMul= 26.20%				
	Capacidad de campo (%)	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	14 – 18.7	1	1	1	1
	18.8 – 23.5	3	3	3	3
	23.6 - 28	5	5	5	5

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

El porcentaje de incidencias de malezas, el tratamiento sin mulch (testigo) obtuvo un valor final de 1/5 ya que fue el cual registró un porcentaje mayor de incidencia, los tratamientos con mulch de arveja y fréjol obtuvieron valores finales de 3/5 y el tratamiento con mulch cebada obtuvo un valor final de 2/5, siendo este el que menos incidencia de malezas registró (Tabla 58).

**Tabla 58**

*Valores otorgados a los tratamientos con respecto al porcentaje de incidencias de malezas sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Atributo				
11. Porcentaje de incidencias de malezas	<b>Valor porcentual: 100% = población de malezas del testigo:</b>				
	MAr= 47.03%; MCb= 73.85%; MFr= 41.08; SMul= 100%				
	%	Valor otorgado			
		MAr	MCb	MFr	SMul
	81 a 100%	1	1	1	1
	61 a 80%	2	2	2	2
	41 a 60%	3	3	3	3
	21 a 40%	4	4	4	4
	0 a 20%	5	5	5	5

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

#### 4.2.4. Presentación e integración de resultados

La evaluación de la sustentabilidad de los indicadores obtuvo valores de sustentabilidad por tratamiento, estos se encuentran resumidos en la tabla 59.

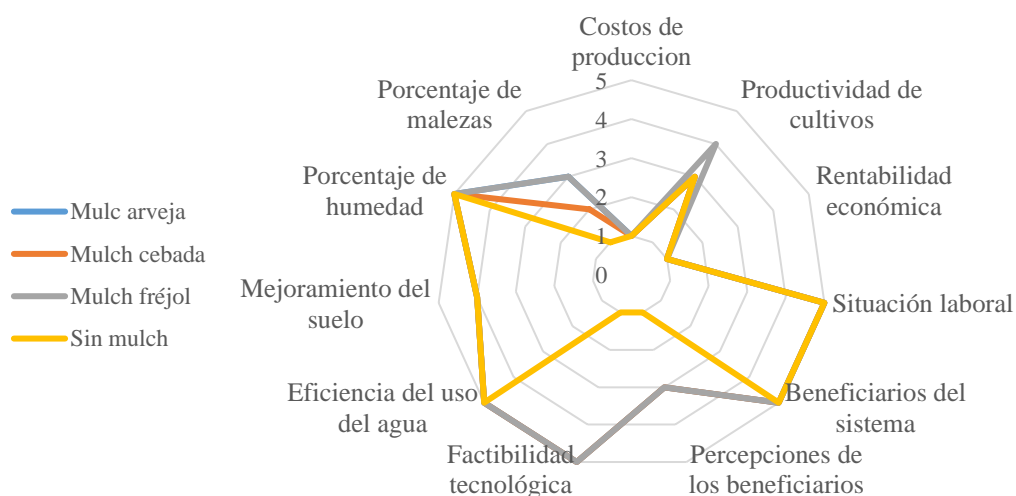
**Tabla 59**

*Valores otorgados a los indicadores con respecto a la caracterización del sistema-Yahuarcocha*

Indicador	Valor otorgado			
	MAr	MCb	MFr	SMul
Costos de producción	1/5	1/5	1/5	1/5
Productividad de cultivos	3/5	3/5	4/5	3/5
Rentabilidad económica	1/5	1/5	1/5	1/5
Situación laboral	5/5	5/5	5/5	5/5
Beneficiarios del sistema	5/5	5/5	5/5	5/5
Percepciones del sistema	3/5	3/3	3/3	1/5
Factibilidad de aplicación tecnológica	5/5	5/5	5/5	1/5
Eficiencia del uso del agua	5/5	5/5	5/5	5/5
Mejoramiento de la calidad del suelo	4/5	4/5	4/5	4/5
Porcentaje de humedad	5/5	5/5	5/5	5/5
Porcentaje de incidencias de malezas	3/5	2/5	3/5	1/5
Media	3.6/5	3.5/5	3.7/5	2.9/5

MAr= Mulch Arveja; MCb= Mulch Cebada; MFr= Mulch fréjol; SMul= Sin Mulch

Con base en los valores otorgados a cada indicador ecológico y económico por tratamiento en la tabla 59, se realizó las gráficas AMOEBA (Figura 19), determinando que el tratamiento de mulch de fréjol con una media de 3,3/5 es el que presentó el mejor valor final de sustentabilidad, por lo que se menciona que está iniciándose en la sustentabilidad (Tabla 6).



**Figura 19.** Valores de sustentabilidad de los tratamientos del sistema en Yahuarcocha

#### 4.2.5. Análisis estadístico

A continuación se presentan los resultados de los Análisis Clúster, correlación de Pearson y LSD Fisher:

##### 4.2.5.1. Análisis Clúster

El análisis se realizó para costos de producción, porcentaje de humedad, porcentaje de malezas, materia orgánica y macronutrientes.

Características de las figuras: T1= Mulch arveja; T2= Mulch de Cebada; T3= Mulch fréjol; T4= Sin mulch.

La figura 20 muestra los costos de producción; donde se evidencia la formación de dos grupos diferenciados, siendo el T1 (176.06) y T2 (166.06\$) los más costosos, mientras que el T4 (140.12\$) es el menos costoso.

El porcentaje de humedad muestra que se formaron dos grupos. En el primer grupo el T2 (26.57) y el T4 (26.2) mostraron un comportamiento similar siendo los que menor porcentaje de humedad tuvieron; mientras que el T1 (29.22) y el T3 (28.39) fueron los que mayor porcentaje de humedad tuvieron (Figura 21).

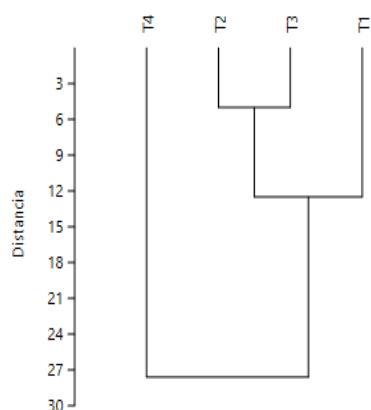


Figura 20. Costos de producción (Y)

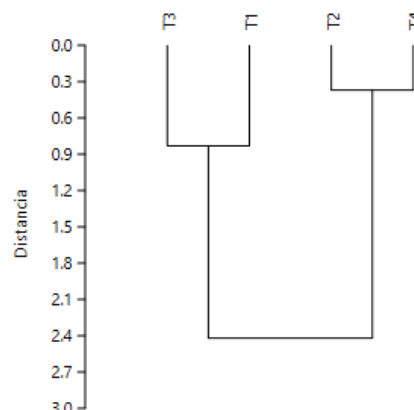
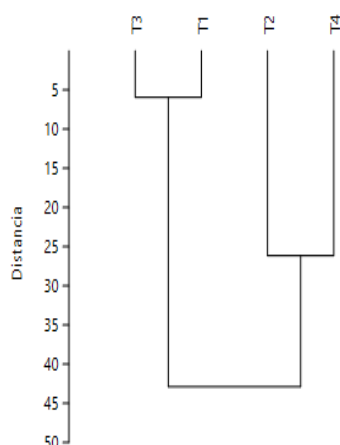


Figura 21. Porcentaje de humedad (Y)

En cuanto al porcentaje de malezas el T1 (47.03) y el T3 (41.08) mostraron ser los tratamientos que menor porcentaje de malezas tuvieron comparados con el tratamiento testigo (T4) que fue en el que mayor número de malezas se encontró. Por otro lado,

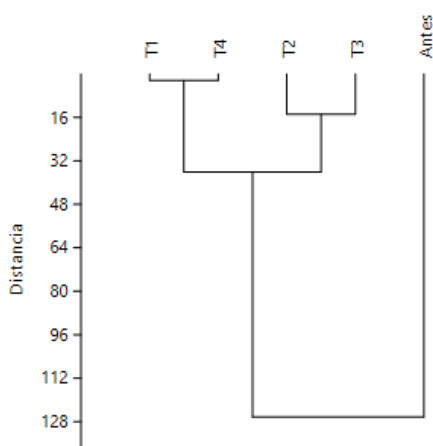
el T2 (73,85) fue el que mostró mayor número de malezas de los tratamientos en los que se aplicó un tipo de mulch (Figura 22).



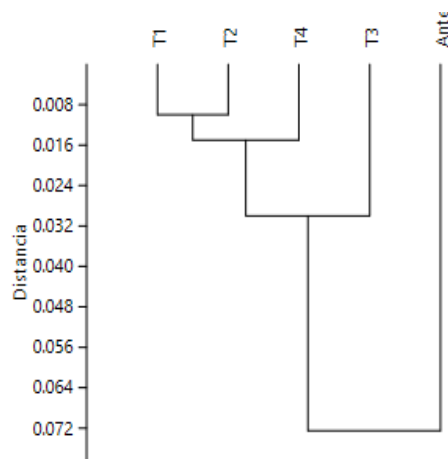
**Figura 22.** Porcentaje de malezas (Y)

En cuanto a la presencia de Fósforo (P), la figura 23 muestra como los niveles de este elemento aumentaron considerablemente en todos los tratamientos con relación al análisis inicial del mismo.

La figura 24 indica como los valores de Nitrógeno (N) aumentaron en todos los tratamientos con respecto al valor inicial (0,14) siendo el T1 (0.22) y T2 (0.21) los que presentan un comportamiento similar, mientras que el T3 (0.19) es el valor que más se acercó al valor inicial. Por otro lado, el T4 (0.23) fue el tratamiento que aumento la concentración de N en mayor cantidad.



**Figura 23.** Presencia de Fósforo (Y)

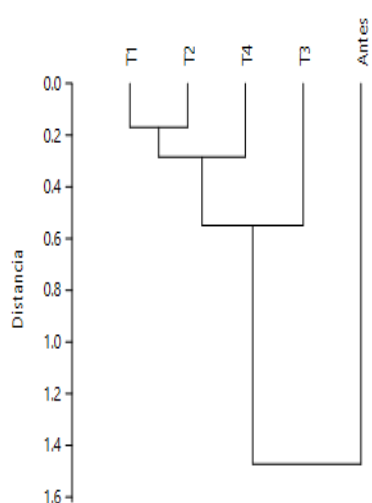


**Figura 24.** Presencia de Nitrógeno (Y)

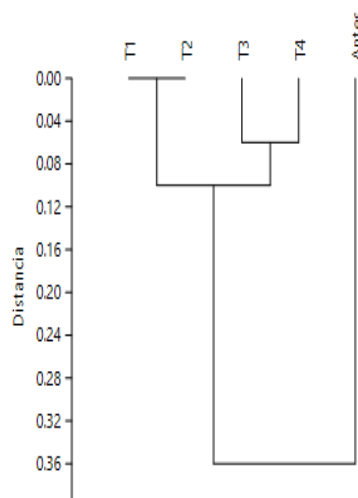


Los niveles de materia orgánica aumentaron en todos los tratamientos con respecto al nivel inicial del mismo; de esta manera, la variación fue significativa y por lo tanto, los cuatro tratamientos pasaron de tener una concentración baja de azufre a una concentración media (Figura 25).

La figura 26 muestra los niveles de Potasio (K) con un valor inicial de (0.81) y se encontró que los niveles de este elemento aumentaron en todos los tratamientos; siendo T1 y T2 aquellos que tuvieron un comportamiento homogéneo.



**Figura 25.** Materia orgánica (Y)



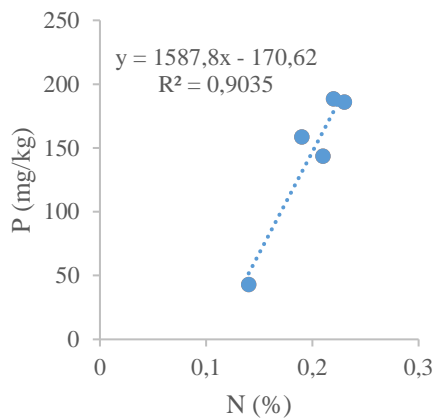
**Figura 26.** Presencia de Potasio (Y)

#### 4.2.5.2. Análisis de correlación de Pearson

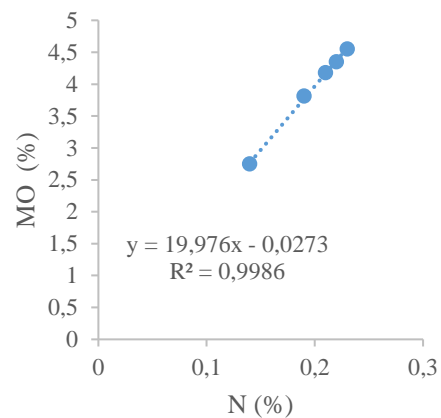
Se realizó el análisis para las variables edáficas, seleccionando aquellas que tuvieron un coeficiente de determinación mayor a 0.8. El análisis muestra varias interacciones evidentes entre las variables.

La relación P/N muestra una correlación positiva importante en la cual al aumentar el valor de Fósforo en el suelo, la cantidad de Nitrógeno presente también se incrementa (Figura 27).

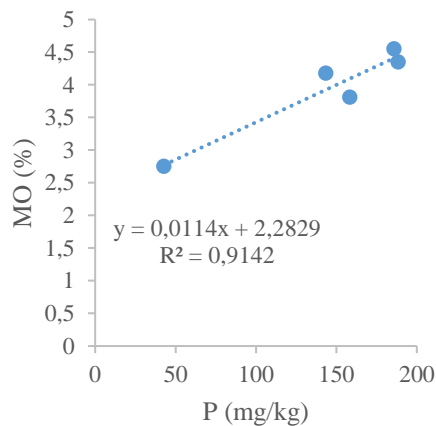
En cuanto a la relación MO/N la figura 28 nos muestra una correlación positiva significativa en la cual el nivel de Materia orgánica presente en el suelo se incrementa al mismo tiempo que el Nitrógeno.



**Figura 27.** Relación Fósforo/Nitrógeno (Y)



**Figura 28.** Relación Mo/Nitrógeno (Y)



**Figura 29.** Relación Mo/Fósforo (Y)

Por otro lado, la relación MO/P expresa que poseen una correlación positiva significativa en la cual los valores de Materia orgánica se incrementan cuando los valores de Fósforo aumentan (Figura 29).

#### 4.2.5.3. Análisis LSD Fisher

En el análisis de varianza la tabla 60 indica que no existió una diferencia significativa entre tratamientos. El coeficiente de varianza fue de 27.44%, al ser menor al 30% es considerado aceptable para esta investigación.

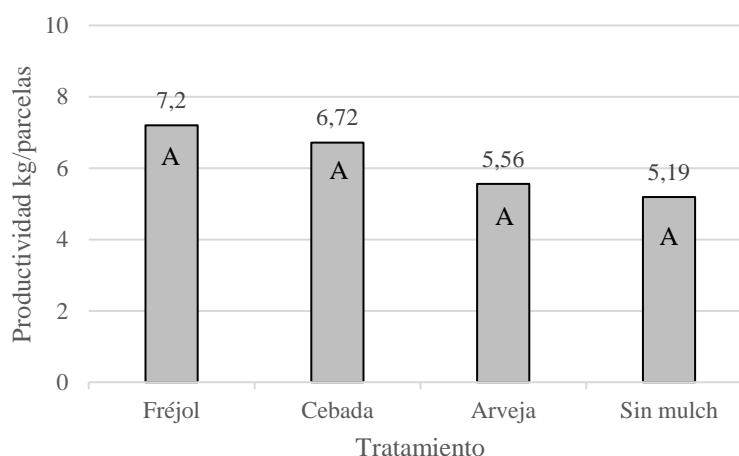
**Tabla 60**

Análisis de la varianza de la productividad en Aloburo

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
BLOQUE	0.5	3	0.17	0.44	0.7309
TRATAMIENTO	0.5	3	0.17	0.44	
Error	4.63	12	0.39		
Total	5.13	15			

CV=27.44

La figura 30 muestra el análisis Fisher para la productividad en Yahuarcocha. Los cuatro tratamientos registraron rangos de A, mostrando una similitud estadística entre ellos. La cobertura orgánica de fréjol fue el mejor tratamiento para el sector de Yahuarcocha en cuanto a la productividad.

**Figura 30.** Análisis Fisher de la productividad en Yahuarcocha

#### 4.3. Comparación de la sustentabilidad de los sistemas entre las dos localidades en estudio

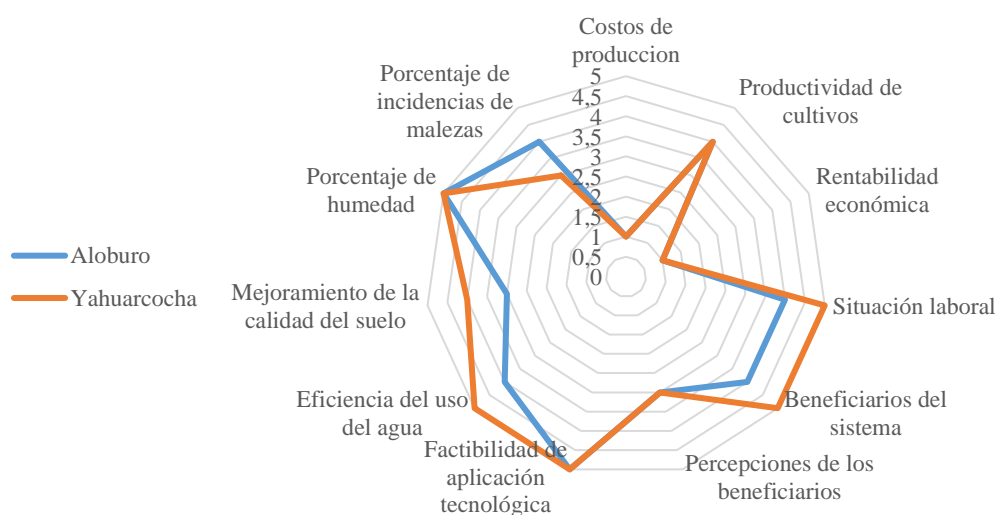
En la tabla 61 se muestra los valores finales de sustentabilidad de acuerdo al mejor tratamiento de cada sistema. Además se indica el promedio de los valores de sustentabilidad, demostrando que el sistema en Yahuarcocha con una media de 3,7/5 es más sustentable que el sistema en Aloburo que obtuvo una media de 3.5/5.

**Tabla 61**

Valores otorgados a los indicadores del sistema de cada localidad, Aloburo y Yahuarcocha

Indicador	Valor final por localidad	
	Aloburo	Yahuarcocha
	Mulch fréjol	Mulch fréjol
1. Costos de producción	1/5	1/5
2. Productividad de cultivos	4/5	4/5
3. Rentabilidad económica	1/5	1/5
4. Situación laboral	4/5	5/5
5. Beneficiarios del sistema	4/5	5/5
6. Percepciones de los beneficiarios	3/5	3/5
7. Factibilidad de aplicación tecnológica	5/5	5/5
8. Eficiencia del uso del agua	4/5	5/5
9. Mejoramiento de la calidad del suelo	3/5	4/5
10. Porcentaje de humedad (% de retención)	5/5	5/5
11. Porcentaje de incidencias de malezas	4/5	3/5
Media	3.5/5	3.7/5

Con los valores finales de la tabla 61 se realizó la figura 31, en la cual se demuestra la comparación de los indicadores de sustentabilidad entre el mejor tratamiento del sistema de cada localidad.



**Figura 31.** Comparación de valores de sustentabilidad entre los sistemas de Aloburo y Yahuarcocha

### 4.3.1. Análisis estadístico

Después de realizar la ponderación de los indicadores económicos y ecológicos para los sistemas de Aloburo y Yahuarcocha, se obtuvo el promedio y se seleccionó el mejor tratamiento.

En la tabla 62 se observa la ponderación de los indicadores por tratamiento del sistema Aloburo, determinado que el tratamiento con mulch de fréjol presentó el mejor promedio 3.2/4

**Tabla 62**

*Análisis de ponderación sistema-Aloburo*

	Análisis de ponderación					Pro.
	Costos de producción	Productividad de cultivos	% de Humedad	% de maleza	Mejoramiento de suelos	
Mulch arveja	1	1	2	2	3	1.8
Mulch cebada	2	4	3	3	2	2.8
Mulch Fréjol	3	3	4	4	2	3.2
Sin mulch	4	2	1	1	3	2.2

De la misma manera que el sistema de Aloburo, el sistema de Yahuarcocha presentó el mejor promedio 3.2/4 en el tratamiento con mulch de fréjol (Tabla 63).

**Tabla 63**

*Análisis de ponderación sistema-Yahuarcocha*

	Análisis de ponderación					Pro.
	Costos de producción	Productividad de cultivos	% de Humedad	% de maleza	Mejoramiento de suelos	
Mulch arveja	1	2	4	3	3	2.6
Mulch cebada	2	3	2	2	2	2.2
Mulch Fréjol	3	4	3	4	2	3.2
Sin mulch	4	1	1	1	2	1.8

Después de realizar la ponderación, se determina que en los dos sistemas, el tratamiento con mulch de fréjol presentó el mejor promedio de 3.2/4. Estos datos son similares a los obtenidos en la evaluación de la sustentabilidad, donde el tratamiento con mulch de fréjol mostró el mejor valor de sustentabilidad de 3.5/5 para el sistema de Aloburo y 3.7/5 para el sistema de Yahuarcocha.

#### 4.4. Estrategias para mejorar la sustentabilidad en las zonas de Aloburo y Yahuarcocha

La agricultura sustentable se refiere generalmente a un modo de agricultura que intente proporcionar rendimientos sostenidos a largo plazo, mediante el uso de tecnologías de manejo que integren los componentes del predio de manera que se mejore la eficiencia biológica del sistema. Esto requiere que el sistema agrícola sea considerado como un ecosistema, por lo que la investigación agrícola no se debiera orientar solo a obtener altos rendimientos de un cultivo, sino más bien en la optimización de un sistema como un todo. Además de tomar en cuenta rentabilidad económica, estabilidad ecológica y equidad social (Conway y Barbier, 2013).

Las estrategias para el manejo sustentable en la zonas de Aloburo y Yahuarcocha fueron diseñados con el propósito de incrementar la sustentabilidad de los indicadores que tengan valores de sustentabilidad de media a baja. Sin embargo, para los indicadores que presentan valores de sustentabilidad alta, se debe promover la continuación de técnicas agroecológicas. Se diseñaron cuatro estrategias enfocadas en el cuidado de los recursos naturales, mejora de ingresos económicos y beneficio social.

**Tabla 64**

*Estrategia 1.* Tecnificación del riego en los cultivos de las comunidades como una forma de ahorro del recurso hídrico que es escaso en las zonas de estudio

<p>Los agroecosistemas sustentables deben orientarse hacia una mejora de la producción, reduciendo los impactos negativos ambientales y sociales; al mismo tiempo, reduciendo el uso de insumos externos.</p> <p>La presente estrategia propone incrementar la sustentabilidad de los cultivos de la zona de Aloburo basado en la aplicación de varios de los principios ecológicos cómo: asegurar que el suelo posea condiciones favorables para el crecimiento de las plantas y minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo de suelo a través del aumento en la cobertura (Reinjtjes, Haverkort y Waters, 1992).</p>
<p><b>Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Capacitar a los agricultores de las zonas de Aloburo y Yahuarcocha sobre la tecnificación y métodos de riego eficientes en cultivos.</li><li>– Diseñar mediante un consenso la técnica de riego adecuado para los cultivos de la zona</li></ul>
<b>Aspectos a mejorar</b>

Indicadores		FODA
Costos de producción Productividad de cultivos Factibilidad de aplicación tecnológica Mejoramiento de la calidad del suelo		D: Insuficiente agua de riego en época de verano D: Escasa o nulo conocimiento sobre la agricultura tecnificada A: Suelos susceptibles a la erosión
Contenido	Actividades a realizar	
Agricultura sustentable: conceptos y principios básicos	A través de charlas dirigidas por los estudiantes del proyecto y docentes de la UTN se proporcionara a las comunidades bases teóricas para que de esta manera entiendan cuales son los beneficios de la aplicación de métodos ecológicamente responsables y viables en los cultivos de su comunidad.	
Riego tecnificado: ¿Por qué? y ¿Para qué?	<p>Los investigadores del proyecto socializaran los resultados que mostro la aplicación del riego por goteo en los cultivos. Además explicaran cuales son los beneficios ecológicos y económicos y sociales que puede brindar el sistema; si este fuese aplicado en los cultivos de la zona.</p> <p>A través de varias salidas de campo en los cultivos de la zona, los estudiantes y docentes de la UTN junto con los dueños de los predios analizaran los puntos positivos que tendría la aplicación de un sistema tecnificado de riego, si este fuese adecuado acorde a las características que presentan los predios.</p>	
El riego tecnificado es positivo para la zona de Aloburo. ¿Cómo implementarlo?	<p>La UTN aportara con los estudios para que el riego tecnificado en Aloburo sea puesto en marcha; lo hará de la siguiente manera:</p> <p>Presentación de resultados a las autoridades de la junta de riego</p> <p>Promoción de los beneficios de la aplicación de un riego tecnificado en la zona</p> <p>Trabajo conjunto con la comunidad para la búsqueda de incentivos tributarios en la adquisición de insumos para riego por goteo</p> <p>Capacitaciones en el manejo de los sistemas de riego.</p>	

**Tabla 65**

*Estrategia 2.* Aprovechamiento de los residuos de cosecha producidos en las dos zonas de estudio como una fuente de mulch orgánico; los cuales aportan varios beneficios en el mejoramiento de los suelos.

<p>El mulch o acolchado es un medio eficiente para el reciclaje racional de nutrientes, beneficia al crecimiento de las plantas y devuelve al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo. (Romero, Trinidad, García y Cerrato, 2007).</p> <p>Asimismo, mejoran las características físicas y previenen la erosión del suelo, reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental, enfocado a una agricultura sostenible, en donde se disminuye y elimina el empleo de agroquímicos a fin de proteger el ambiente, y la salud animal y humana (Acevedo y Pire, 2004). Los agroecosistemas sustentables deben orientarse hacia una mejora de la producción reduciendo los impactos negativos ambientales y sociales; al mismo tiempo, reduciendo el uso de insumos externos.</p> <p>El escaso conocimiento técnico sobre técnicas agroecológicas en la comunidad provoca un estancamiento en cuanto al logro de una agricultura sustentable. La diversificación de cultivos observada en la zona hace viable el aprovechamiento de los distintos tipos de mulch producidos post cosecha para que sean aprovechados para el mejoramiento de la producción y a la vez reduzcan los costos de producción, mejorando así sus ingresos económicos</p>	
<p><b>Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar en base a los resultados del trabajo de investigación una propuesta de aprovechamiento de mulch orgánico que pudiese ser la idónea para las necesidades de la comunidad.</li> <li>- Implementar el mulch orgánico en los cultivos de la comunidad.</li> </ul>	
<p><b>Aspectos a mejorar</b></p>	
<p>Indicadores</p>	<p>FODA</p>
<p>Mejoramiento de la calidad del suelo Factibilidad de aplicación tecnológica Porcentaje de retención de humedad</p>	<p>O: Posibilidad del uso de abono orgánico para mejor producción F: Rastrojos existentes en las zonas D: Insuficiente agua de riego en época de verano</p>
<p>Contenido</p>	<p>Actividades a realizar</p>
<p>Mulch orgánico: Resultados de la aplicación del mulch en cultivos de la zona.</p>	<p>Mediante la socialización de resultados por parte de los investigadores de la UTN, los miembros de la comunidad conocerán como el mulch orgánico beneficia al mejoramiento de la productividad de los cultivos y también mejora las propiedades físico químicas del suelo.</p>
<p>Diversificación de cultivos: (diversidad de tipos de mulch en la zona)</p>	<p>El análisis FODA reveló que en la zona se cultivan varios productos, entre los principales tenemos: la cebada, el maíz, la arveja, el frejol, estos cultivos pueden convertirse en un excelente mulch.</p> <p>Se realizará un intercambio de conocimientos y opiniones entre los agricultores de la zona y los integrantes del proyecto de investigación, mediante el cual se analizara los beneficios que</p>



	<p>cada tipo de mulch genera y cuál de estos es el que mayor factibilidad de aplicación tendría.</p>
<p>Implementación del mulch orgánico en cultivos de la comunidad</p>	<p>Las salidas de campo y el trabajo conjunto con la comunidad permiten que actualmente ya se esté replicando la aplicación del mulch en cultivos de la zona.</p> <p>De esta manera la tendencia hacia el uso de mulch en los cultivos de la zona crece constantemente; entonces se puede tener una apreciación de que los objetivos que tuvo el proyecto investigativo cumplieron con las expectativas marcadas.</p>

**Tabla 66**

*Estrategia 3. Capacitación en temas agroecológicos, abonos orgánicos compost, bocashi y elaboración de plaguicidas orgánicos.*

<p>Un sistema de producción en el que se enfatice la sustentabilidad ecológica de largo plazo en lugar de la productividad de corto plazo, será un sistema productivo que se encamine hacia la sustentabilidad. (Altieri y Nichols, 2000).</p> <p>El incremento de los conocimientos en cuanto a técnicas agroecológicas en los dos sitios de estudio permitirá un mejor entendimiento de los procesos inherentes a la producción agrícola de la zona, de esta manera los conocimientos ancestrales que ya poseen los agricultores serán complementados y mejorados.</p> <p>La Universidad Técnica del Norte y su departamento de vinculación con la comunidad podrán trabajar en capacitaciones en temas agroecológicos en las dos localidades, por otra parte, la transferencia de saberes junto con el incremento de la conciencia ambiental harán que las dos localidades incrementen la sustentabilidad en su producción agrícola.</p>	
<p><b>Objetivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar un instrumento de capacitación en el que se incluyan temas agroecológicos de rápido aprendizaje y sean eficientes en las comunidades</li> <li>- Realizar las capacitaciones en las dos comunidades; las cuales serán realizadas por estudiantes que realicen vinculación con la comunidad.</li> </ul>	
<p><b>Aspectos a mejorar</b></p>	
<p>Indicadores</p> <p>Mejoramiento de la calidad del suelo Porcentaje de humedad Porcentaje de incidencias de malezas</p>	<p>FODA</p> <p>O: Posibilidad del uso de abono orgánico para mejor producción D: Poca capacitación de propietarios sobre tecnología F: Rastrojos existentes en las zonas D: Utilización de químicos en el proceso de producción</p>
<p>Contenido</p>	<p>Actividades a realizar</p>
<p>Técnicas agroecológicas: ¿Cuáles son las que se debe implementar en las localidades?</p>	<p>A través de charlas dirigidas por los estudiantes del proyecto y docentes de la UTN y contando con los resultados finales del trabajo de investigación, se realizarán conversatorios con los agricultores y líderes de las comunidades. Se proporcionara a la comunidad de las bases teóricas para que de esta manera se incremente el conocimiento empírico que la gran mayoría de sus habitantes posee.</p>
<p>Abonos orgánicos:</p>	<p>¿Qué son? ¿Por qué se debe utilizarlos? : ventajas desventajas</p>
<p>Plaguicidas orgánicos:</p>	<p>¿Qué son? ¿Cuáles son los tipos plaguicidas que existen? ¿Cuáles son los adecuados para la zona y sus cultivos? ¿Cómo elaborarlos?</p>

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La sustentabilidad económica, social y ecológica se ve favorecida con uso de mulch orgánico. Los mejores tratamientos resultaron ser aquellos en los que se utilizó mulch cuyos valores de sustentabilidad se ubicaron entre 3.2/5 y 3.7/5, que corresponde a la categoría “iniciándose en la sustentabilidad”; mientras que, los tratamientos sin mulch fueron los más bajos con valores entre 2.4/5 y 2.9/5 que se califican en la categoría “poca sustentabilidad”.
- En lo ecológico, los tratamientos con mulch de arveja y mulch de fréjol son más sustentables; por su característica de leguminosas, resultaron ser los mejores en cuanto al contenido de nitrógeno total en el suelo en relación con los tratamientos que los tratamientos con mulch de cebada y el testigo a los cinco meses del ensayo.
- Considerando el mejor tratamiento que fue el mulch de fréjol, los sistemas de Aloburo y Yahuarcocha se encuentra iniciándose en la sustentabilidad; el sistema de Aloburo presentó un nivel de 3.5/5 y el sistema de Yahuarcocha un nivel de 3.7/5. Los datos determinan que el sistema de Yahuarcocha, considerando el aspecto social, ecológico y económico, es relativamente más sustentable que el sistema de Aloburo, pero se requiere estrategias que ayuden a mejorar los indicadores que están con valores más bajos en cada una de las localidades con el fin de incrementar la sustentabilidad.
- Las técnicas agroecológicas de uso de mulch orgánico y riego por goteo, implementadas en Aloburo y Yahuarcocha, resultaron ser adecuadas por sus beneficios para la protección y mantenimiento del suelo, además de la optimización del uso del agua de riego que tiene interferencias en la entrega a usuarios y disminuye el caudal en época seca.

- Las estrategias planteadas para el manejo sustentable en las dos localidades, establecidas con base en los resultados de los indicadores de sustentabilidad y del análisis FODA realizado con los miembros de la Junta de Riego, son: 1) Tecnificación del riego en los cultivos de las comunidades; 2) Aprovechamiento de los residuos de cosecha producidos en las dos zonas de estudio; 3) Capacitación en temas agroecológicos, por lo cual al aplicarlas permitirán incrementar la sustentabilidad como producto de las actividades agrícolas que se realicen en la zona.

## **5.2 Recomendaciones**

- Incentivar a la población de Aloburo y Yahuarcocha a implementar técnicas agroecológicas, como el riego por goteo en sus cultivos, ya que permite el ahorro de agua que es más escasa en los meses de la época seca.
- Promover el uso de abonos y coberturas orgánicas en los cultivos, en las dos localidades, dadas sus condiciones de precipitación anual de alrededor de 600 mm/año, que las ubican en el límite superior de las zonas subhúmedas secas; y, las ventajas del asocio gramíneas-leguminosas
- Implementar las estrategias planteadas en este trabajo de investigación, con el fin de mejorar la sustentabilidad de los sistemas de las zonas de Aloburo y Yahuarcocha; promoviendo el cuidado de los recursos naturales, la posibilidad de ingresos económicos y el beneficio social.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I., y Pire, R. (2004). Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (Carica papaya L.). *Interciencia*, 29(5), 274-279.
- AGROCALIDAD. (2016). *Instructivo de Muestras para Análisis Nematológico*. Quito, Ecuador: INT/N/07.
- Aguilar-Jiménez, C., Tolón-Becerra, A., y Lastra-Bravo, X. (2011). *Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México*. Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias, 43 (1), 155-174.
- Altieri, M. (2001). *Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria*. Berkeley: Universidad de California.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Mexico D.F: Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. ONU-PNUMA.
- Andriulo, A. E., e Irizar, A. B. (2017). La materia orgánica como indicador base de calidad del suelo.
- Astier, M., Maser, O., y López, S. (1999). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS*. México D.F.: GIRA-MundiPrensa.
- Beloff, B. y Beaver, E. 2000. *Sustainability indicators and metrics of industrial performance*. Presentado en SPE International Conference on Health,

Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Stavanger. Noruega.

Brink, B. 1991. *The AMOEBA approach as a useful tool for establishing sustainable development*. In: Kuik, O., Verbruggen, H. (Eds.). In search of indicators of sustainable development. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

Castellanos, J. (2015). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua.

Cazco, C., Félix, I., y Quinchiguango, A. (2017). *AGRICULTURA Sostenible del Ecuador. CIDE*, 7-21.

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización del Ecuador (2010). *Registro oficial*, 303 (19 de octubre de 2010).

Código Orgánico del Ambiente del Ecuador (2017). *Registro oficial*, 983 (12 de abril de 2017)

Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Registro Oficial*, 449. (20 de octubre de 2008).

Conway, G. R., y Barbier, E. B. (2013). *After the green revolution: sustainable agriculture for development*. Routledge.

Cristóbal-Acevedo, D., Álvarez-Sánchez, M. E., Hernández-Acosta, E., y Améndola-Massiotti, R. (2011). Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 325-332.

- Dourojeanni, A. 2000. *Procedimientos para el desarrollo sustentable*. Naciones Unidas, CEPAL, ECLAC. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile. 372 p.
- Enríquez, P., y Soria, M. (2018). *Eficiencia de tres tipos de mulch orgánico en el comportamiento agronómico e impacto ambiental en cultivos asociados maíz (zea mays) – arveja (pisum sativum) en Aloburo y Yahuarcocha, Imbabura-Ecuador*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Food and Agriculture Org.
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v5290s/v5290s16.htm>
- FAO. (2015). *Mejorando La Nutrición a Través De Huertos Y Granjas Familiares. Problemas de Alimentación Y Nutrición*.
- Fortis , M., Leos, J., Preciado, P., Orona, I., García, J., García, J., y Orozco, J. (2009). *Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo*. Terra Latinoamericana, 329-336.
- Frutos, V., Pérez, M., y Risco, D. (2016). *Efecto de diferentes mulches orgánicos sobre el cultivo de brócoli en Ecuador*. IDESIA, 61-66
- Gliessman, S. (2007). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba: CATIE.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal De San Miguel De Ibarra, 2015. *Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra 2015-2023*. Ecuador: Autor.

- Hart, R. D. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Herrán, J. A. F., Torres, R. R. S., Martínez, G. E. R., Ruiz, R. M., y Portugal, V. O. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, 4(1), 57-68.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI. (2013). *Boletín Agrometeorológico mensual*. Ecuador.
- León, T. E. (2012). *Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas-la perspectiva ambiental*. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales.
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua del Ecuador (2014). *Registro oficial*, 305. (6 de agosto de 2014).
- Ley Orgánica Reformatoria a la Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria del Ecuador. (2010). *Registro Oficial*, 349. (27 de Diciembre de 2010).
- López, J. y Pérez, I. (2015). *Acercamiento a la Evaluación de la Sustentabilidad de los Agroecosistemas: El caso de salinas de guaranda*. ECOCIENCIA, (pp1-14).
- Maridueña A., Chalén, N., Coello, D., Cajas, J., Elías, E., Solís-Coello, P. y Aguilar, F. (2011). *Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. Febrero 2003. *Boletín Especial*, 02 (1).
- Márquez, R., Córdoba, T., Castejón, L., e Higuera, A. (2013). *Efecto de la aplicación de cobertura vegetal de *Cenchrus ciliaris* L. y fertilización fosfórica sobre el porcentaje de control de malezas, rendimiento y*



*concentración de fósforo en semillas de frijol Vigna unguiculata (L.) Walp. Revista de la Facultad de Agronomía, 20, (4).*

Masera, O., Astier, M. y López, S. (2011). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. Ciudad de Mexico: Mundi-Prensa.

Mazuela, Pilar. (2017). *Indicadores de sustentabilidad para un cultivo de pimiento en el valle de Azapa, Arica, Chile*. Idesia (Arica), 35(3), 133-136.

Medina, C., Marín, H., Marrero, P., Ruiz, M., Torres, B., Navarrete, H., y Changoluisa, D. (2017). *Evaluación de la Sustentabilidad mediante Indicadores de Producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana*. Bioagro, 23-36.

Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas, M., y Gulías, J. (2007). *Eficiencia en el uso del agua por las plantas*. IMEDEA, 2-3.

Mejía, G., y Monteros, D. (2018). *Efecto de tres tipos de mulch orgánico en la calidad del suelo en parcelas de cultivos asociados en Aloburo y Yahuarcocha, Imbabura*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Montaño Espinoza, G. (2012). *La agroecología, un proceso de transición hacia el desarrollo sostenible* (Tesis de grado).

Morante, C. (2016). *Modelo de Sustentabilidad para bosques plantados de eucalipto en los llanos centrales del Estado Cojedes, Caso: DEFORSA*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Experimental de los llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”.

Núñez, M. (2000). *Manual de Técnicas Agroecológicas*. México D.F.: PNUMA.

- Ormeño, M., y Ovalle, A. D. R. I. Á. N. (2007). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *INIA Divulga*, 10, 29-34.
- Ortiz, O., Del Roció, X., y Villota Andrade, L. M. (2013). *La contaminación del sector de Yahuarcocha, por las actividades antropogénicas de sus habitantes* (Tesis de grado).
- Pellegrini, A. (2017). Macronutrientes del suelo. 1-13
- Perales, A., Loli, O., Alegre, J. y Camarena, F. (2009). *Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (Pisum sativum L.)*. (Spanish). *Ecología Aplicada*, 8(1/2), 47–52.
- Perdomo, C., y Barbazán, M. (2003). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad nitrógeno. *Facultad de agronomía Universidad de la República. Montevideo, Uruguay*.
- Ramírez Rojas, J. L. (2008). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*.
- Ramón, V., y Rodas, F. (2007). *El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo*. Guía práctica para los campesinos del bosque seco. Información para la conservación de los bosques secos de Perú y Ecuador: [www.darwin.net.org](http://www.darwin.net.org).
- Reijntjes, C., Haverkort, B., y Waters, B. (1992). *Farming for the future: an introduction to low-external-input and sustainable agriculture*. Macmillan.
- REINA J, 2002. *Producción de ácidos húmicos y fúlvicos granulados, líquidos y en polvo provenientes de los lodos de la laguna de Yahuarcocha*. Palermo, Colombia.

- Riveros, S., y Blanco, M. (2003). *El agroturismo, una alternativa para revalorizar la agroindustria rural como mecanismo de desarrollo local* (No. IICA SDT-18). IICA, Lima (Perú). PRODAR.
- Rodríguez, C. (2002). *Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas Hidrográficas*. INE: México. 8-13
- Romero, R., Trinidad, A., García, R., Cerrato, R. (2007). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia*, 34(3).
- Sans, F. (2007). *La diversidad de los agroecosistemas*. ecosistemas, 44-49.
- Santos Saavedra, W. V., y Castro Romero, D. A. (2012). *Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los Andes Ecuatorianos/Wendy Santos S.; David Castro R* (Tesis de grado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador
- Sarandón, S. J. y Flores, C. C. (2009). *Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica*. Agroecología, 4, (pp19–28).
- Sarandón, S. y Flores, C. (2014). *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Argentina: Editorial de la Universidad de la Plata
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida. Objetivo 3 y 6. Recuperado de [http://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

- Shock, C., y Welch, T. (2013). *El riego por goteo: Una introducción*. Corvallis: Oregon State University.
- Stupino, S., Iermano, M., Gargolof, A., y Bonicatto, M. (2014). *La biodiversidad en los agroecosistemas*. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata, 131-158.
- Toro, P., García, A., Gómez-Castro, A. G., Perea, J., Acero, R., y Rodríguez-Estévez, V. (2010). *Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas*. Arch. Zootec, 50, 71-94.
- Vaca, G. (2018). *Incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en cultivos asociados en Aloburo y Yahuarcocha, Imbabura-Ecuador*. (Tesis de grado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Vega, A., Mata, G., Salmenes, D., y Caballero, R. E. (2006). Cultivo de cepas nativas de *Pleurotus djamor* en Panamá, en paja de arroz y pulpa de café. *Revista Mexicana de Micología*, (23), 93-97.

## ANEXOS

### Anexo 1. Entrevista realizada a los beneficiarios de Aloburo y Yahuarcocha

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FICAYA  
CARRERA DE INGENIERIA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

SUSTENTABILIDAD DEL USO DE MULCH ORGÁNICO Y RIEGO POR GOTEO EN  
CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, CANTÓN IBARRA

**Objetivo:** Conocer las percepciones de los miembros de la Junta de Aguas de Riego de Aloburo y Yahuarcocha sobre el uso de mulch orgánico en parcelas de cultivos asociados de maíz-arveja y riego por goteo.

Se solicita responder el presente cuestionario según su criterio y con sinceridad.

11. ¿Número de personas que conviven en la vivienda?

2 Sexo: H

M

3. ¿Cuál es su situación laboral?.....

4. ¿Conoce la técnica del uso de mulch? Sí  No

5. ¿Aplicaría la tecnología del uso del mulch o rastrojos? SI  NO

¿Por qué?.....

.....

6. ¿Cuál de los tres tipos de mulch, abordados en la exposición, aplicaría?

Arveja	
Cebada	
Frejol	
Otro	

¿Por qué?.....

.....

7. ¿Qué opinión tiene sobre el uso de riego por goteo?

.....  
.....

8. ¿Estaría dispuesto a tecnificar el riego para la producción de sus cultivos?

SI  NO

¿Por qué?.....  
.....

9.- ¿Disponibilidad del agua?

Muy Buena \_\_\_\_\_ Buena \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_  
Baja \_\_\_\_\_ Muy Baja \_\_\_\_\_

10. ¿Qué cultivos siembra de manera asociada o conjunta?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

11. ¿Qué criterio tiene sobre la siembra de maíz-arveja?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Agradecemos su respuesta.

Anexo 2. Costos de producción en el ensayo de Aloburo

Concepto	Mano de obra		Insumos y materiales			Equipo maquinaria					Total	
	Jorn.	Cost./Subt.	Nombre	Cant.	Unid.	Subt.	Nombre	Cant.	Cost.	Subt.		Depreciación
Limpieza de suelos	2	20	40			0	Pala	3	8	24	4,8	44,8
Toma de muestras de suelo	0,3	20	6	1	1,25	1,25	Azadón	2	10	20	4	11,25
Análisis de suelos	1	25	25			0	Rastrillo	2	7	14	2,8	27,8
Incorporación de materia orgánica	1	20	20	20	3	60	Compost					80
Siembra de maíz, arveja	1	20	20	6	1	6	Semillas maíz (libras)	2	15	30	6	32
Colocación de mulch	1	20	20	6	1	6	Semillas arveja (libras)	1	10	10	2	8
Control manual de malezas	1	20	20			0	Piolas	8	2,5	20		20
						0				0		20
Control fitosanitario	1	20	20			2	Kañón plus frasco 80 ml	1	45	45	15	38,8
						1	Thiofanato de metyl fundal	1	3,7	3,7	0	3,7
						1	Prevenil frasco 300 ml	1	8,4	8,4	0	8,4
						3	Ratífín sobre			0		2,85
Fertilización química						1	Poliverdol (16-16-12) frasco	1	5,25	5,25	0	25,25
						10	18-46-00 kg	1	0,85	8,5	0	8,5
						1	Fortik adud Kg	1	8,3	8,3	0	8,3
						1	Coadyuvante frasco 100 ml	1	1,35	1,35	0	1,35
						1	Fijador frasco 100 ml	1	1,4	1,4	0	1,4
Control manual de malezas y apo	2	20	40									40
							Instalación					40
						1	Cinta de goteo (rollo)	1	344	344	68,73	68,7
Riego	2	20	40			1	Filtros	1	73,7	73,7	44,80	44,8
						1	Alambre galvanizado (rollo)	1	52,8	52,8	10,55	10,6
						1	Manguera	1	49,5	49,5	9,9	9,9
						1	Accesorios (varios)	1	96,5	96,5	19,30	19,3
Cosecha manual	2	20	40	20	0,25	5	Costales					5
Transporte y colocación de mulch	0,33	18	5,9	1	30	30	Mulch arveja			0		35,94
	0,33	18	5,9	1	20	20	Mulch cebada					25,94
	0,33	18	5,9	1	15	15	Mulch fréjol					20,94
<b>TOTAL</b>												<b>663,52</b>

Anexo 3. Costos de producción en el ensayo de Yahuarcocha

Concepto	Mano de obra		Insumos y materiales			Equipo maquinaria				Total		
	Jorn.	Cost. Subt.	Nombre	Cant	Unid	Subt	Nombre	Cant	Cost		Subt/Depreciación	
Limpieza de suelos	1	20				0	Pala	3	8	24	4,8	24,8
Toma de muestras de suelo	0,3	20	Baldes	1	1,25	1,25	Azadón	2	10	20	4	11,3
Análisis de suelos	1	25				0	Rastrillo	2	7	14	2,8	27,8
Incorporación de materia orgánica	1	20	Compost	20	3	60						80
Siembra de maíz, arveja	1	20	Semillas maíz (libras)	6	1	6	Barra	2	15	30	6	32
Colocación de mulch	1	20	Semillas arveja (libras)	6	1	6	Machete	1	10	10	2	8
Control manual de malezas	1	20				0	Piolas	8	2,5	20		20
						0						20
Control fitosanitario	1	20	Kañón plus frascop 80 ml	2	1,9	3,8	Bomba	1	45	45	9	32,8
			Thiofanato de metyl funda 100 g	1	3,7	3,7						3,7
			Prevenil frasco 300 ml	1	8,4	8,4						8,4
			Ratifin sobre	3	0,95	2,85						2,85
Fertilización química			Poliverdol (16-16-12) frasco 500	1	5,25	5,25						5,25
	0,5	20	18-46-00 kg	8	0,85	6,8						6,8
			Fortik adud Kg	1	8,3	8,3						18,3
			Coadyuvante frasco 100 ml	1	1,35	1,35						1,35
			Fijador frasco 100 ml	1	1,4	1,4						1,4
Control manual de malezas y aporque	1	20										20
			Instalación									40
			Cinta de goteo (rollo)	1	343,63	344					68,73	68,73
Riego	2	20	Filtros	1	73,7	73,7	Tanques	1	150,31	150	44,80	44,80
			Alambre galvanizado (rollo)	1	52,75	52,8					10,55	10,6
			Manguera	1	49,5	49,5					9,9	9,9
			Accesorios (varios)	1	96,52	96,5					19,30	19,3
Cosecha manual	2	20	Costales	10	0,25	2,5						42,5
Transporte y colocación de mulch	0,3	18	Mulch arveja	1	30	30						35,9
	0,3	18	Mulch cebada	1	20	20						25,9
	0,3	18	Mulch fréjol	1	15	15						20,9
<b>TOTAL</b>												<b>643,30</b>



**Anexo 4. Análisis FODA del sistema en la localidad de Aloburo**

<b>Atributo</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Productividad	Disponibilidad de tierra. Superficie pequeña, mayor cuidado, mejores cultivos	Producción tradicional, mayor salida en el mercado	Suelos con pendientes mayores al 15%, si fuera plano hubiera mayor producción	Requisitos costosos para poder realizar la venta de productos en el mercado
	Enfoque en cultivos de ciclo corto (4meses)	Posibilidad de mayor rendimiento de cultivo: alimentación y mercado		Competencia: agricultores con cultivos similares
	Disponibilidad y/o facilidad para conseguir semillas	Es orgánico e invierte menos y puede vender más los cultivos	Aplicación de químicos para la producción de cultivos, gastos	Posibilidades de ataque de plagas: gusano del choclo
Adaptabilidad Equidad Autogestión	Conocimientos empíricos sobre agricultura	Acceso a programas de fomento productivo	No se garantiza la mano de obra familiar	No hay gente para trabajar en la agricultura
		Tecnología para incentivar a los agricultores	Poca capacitación de propietarios sobre tecnología	Pelea entre agricultores por el agua
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Sistema de riego por goteo	Concesiones de agua de cada productor	Necesidad de reservorios para almacenar agua	En verano existe escasez de agua de riego
	Es factible conseguir rastrojo de arveja o frejol en el entorno	Mulch orgánico: novedoso y fácil de conseguir		Suelos susceptibles a la erosión a la falta de cobertura vegetal y clima

**Anexo 5. Análisis FODA del sistema en la localidad de Yahuarcocha**

<b>Atributo</b>	<b>Fortalezas</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Amenazas</b>
Productividad	Disponibilidad de terreno		Costos en el uso de agroquímicos	Plagas y enfermedades comunes en la zona
	Entrenamiento en cultivo de ciclo corto: mayor producto-mayor venta	Épocas de mayor demanda en el mercado, aprovechar temporadas		Presencia de negociantes intermediarios
	Estabilidad de cultivos, mayores ganancias	Posibilidad del uso de abono orgánico para mejor producción		Incremento-Disminución de la producción
Adaptabilidad Equidad Autogestión	Actividades en la agricultura la realiza la familia	Se contrata mano de obra (no muy seguido)		
	Conocimiento empírico sobre agricultura		Poca capacitación de propietarios sobre tecnología	Pelea entre agricultores de la zona
Estabilidad Resiliencia Confiabilidad	Sistema de riego por goteo	Agua de riego suficiente	Poca agua en el verano	
		Proyectos de agua de riego		
	Rastrojo de cebada fácil de conseguir	Mulch de cebada y frejol fácil de conseguir no se invierte dinero	Utilización de químicos en el proceso de producción	
	Suelos con valores medios de materia orgánica, no es necesario mucho abono			Suelos susceptibles a la erosión

**Anexo 6. Interpretación de resultados – Productividad de cultivos (t/ha)**

Cultivos	Ibarra total/ha por cultivo	Producción Cantón Ibarra/ton
Maíz	338	575.37
Arveja	218	85.06

Fuente: INEC 2003

**Anexo 7. Interpretación de resultados - Macronutrientes**

Parámetro	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
Bajo	0 - 0.15	0 - 10.0	<0.2
Medio	0.16 - 0.3	11.00 - 20.00	0.2 - 0.38
Alto	>0.31	>21.0	>0.4

Fuente: Agrocalidad, 2016

**Anexo 8. Interpretación de resultados - pH**

	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5.5	5.6 - 6.4	6.5 - 7.5	7.6 - 8.0	8.1

Fuente: Agrocalidad, 2016

**Anexo 9. Interpretación de resultados - Materia orgánica**

Parámetro	MO %
Bajo	1 - 2,9
Medio	3 - 4.9
Alto	>5

Fuente: Castellanos, 2015

**Anexo 10. Interpretación de resultados – Capacidad de campo**

Parámetro	Capacidad de campo en Aloburo (%)	Parámetro	Capacidad de campo en Yahuarcocha (%)
Bajo	11.5 – 15.33	Bajo	14 – 18.7
Medio	15.34 – 19.17	Medio	18.8 – 23.5
Alto	19.18 - 23	Alto	23.6 - 28

Fuente: Agrocalidad, 2016