



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**“INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE
LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y
YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR”**

Autora: Gladys Cecilia Vaca Vásquez

Directora: MSc. Gladys Yaguana

Asesores: PhD. Jesús Aranguren
MSc. Oscar Rosales
MSc. Lucía Vásquez

Lugar de investigación: La investigación se desarrolló en el sector de Aloburo y Yahuarcocha, ubicado al norte del Ecuador, provincia de Imbabura, parroquia San Miguel de Ibarra.

Beneficiarios: UTN, Agricultores del sector de Aloburo y Yahuarcocha

Ibarra – Ecuador

2018

DATOS INFORMATIVOS



APELLIDOS: Vaca Vásquez

NOMBRES: Gladys Cecilia

C. CIUDADANÍA: 100385352-8

EDAD: 24 años

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

ESTADO CIVIL: Soltera

TELÉFONO CONVENCIONAL: 2603-061

TELÉFONO CELULAR: 0993236019

CORREO ELECTRÓNICO: gladysvaca29@gmail.com

DIRECCIÓN: Provincia: Imbabura
Ciudad: Ibarra
Parroquia: San Francisco

AÑO: 2018

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 13 de marzo del 2018

VACA VÁSQUEZ GLADYS CECILIA, INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR/ TRABAJO DE GRADO.

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte. Carrera de ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ibarra. EC. 13 de marzo del 2018. 103 páginas

DIRECTORA: Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez. MSc.

El objetivo principal de la investigación fue: Analizar la incidencia de coberturas orgánicas en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha. Entre los objetivos específicos se encuentra: Caracterizar las propiedades físicas del suelo de cada uno de los sitios experimentales, a través de análisis de laboratorio. Evaluar la conservación de humedad del suelo en diferentes tratamientos en cultivos asociados de maíz-arveja con riego por goteo, en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, mediante el método gravimétrico y diseño experimental (DBCA). Determinar la factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo entre los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha, con base a un cuestionario aplicado a los líderes comunitarios mediante entrevistas.

Fecha: 13 de marzo del 2018



Ing. Gladys Neri Yaguana Jiménez. MSc.
DIRECTORA



Gladys Cecilia Vaca Vásquez
C.I: 100385352-8

INCIDENCIA DE COBERTURAS ORGÁNICAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN CULTIVOS ASOCIADOS EN ALOBURO Y YAHUARCOCHA, IMBABURA-ECUADOR

Incidence of Organic Coverings in the Conservation of Soil Moisture in Crops Associated in Aloburo and Yahuarcocha, Imbabura-Ecuador

Gladys Cecilia Vaca Vásquez *¹,

Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables. Ciudadela Universitaria. Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en las localidades de Aloburo y Yahuarcocha, ubicadas en la provincia de Imbabura-Ecuador. El problema principal de estos sitios es el deterioro del recurso suelo afectado por las malas prácticas agrícolas que han ocasionado procesos de erosión, alta exposición a la radiación solar, escasa vegetación y bajos niveles de cobertura de suelo. El objetivo de esta investigación fue analizar la incidencia de coberturas orgánicas de cebada (*Hordeum vulgare* L), fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) y arveja (*Pisum sativum* L) en la conservación de la humedad del suelo en parcelas de cultivos asociados de maíz (*Zea mays* L) y arveja (*Pisum sativum* L). Para esto, se caracterizaron las siguientes propiedades físicas del suelo: densidad aparente, agua aprovechable y porosidad, determinados en laboratorios especializados de Agrocalidad y analítico de agua y suelo de la Universidad Técnica del Norte; donde se obtuvieron muestras de suelo al inicio y al final del cultivo para la observación de cambios de humedad. A su vez se evaluó la conservación de la humedad del suelo y riego por goteo con el método gravimétrico, para lo cual se utilizó un Diseño Experimental de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones, y un diagrama ombrotérmico para determinar la temperatura y precipitación en un periodo de un año (2016-2017) para disponer de un registro

climático para el cultivo. Por último, se socializó los resultados a la población mediante talleres y se aplicó entrevistas para determinar la factibilidad del uso de coberturas vegetales muertas en dichos sectores afectados. Por consiguiente, a través de los análisis descritos se obtuvieron satisfactorios resultados en la conservación de humedad del suelo, siendo el mejor tratamiento el de cultivo de fréjol, mientras que el menos recomendado fue el tratamiento testigo. Se concluye que la acción de coberturas orgánicas fue un factor importante en la conservación de la humedad del suelo, para que los cultivos asociados de maíz y arveja no sean afectados por estrés hídrico.

Palabras clave: Mulch orgánicas, humedad del suelo, riego por goteo, cultivos asociados.

SUMMARY

The present study was conducted in the localities of Aloburo and Yahuarcocha, located in the province of Imbabura-Ecuador. The main problem of these sites is the erosion process, solar exposure to solar radiation, scarce vegetation and soil cover levels. The objective of this research was to analyze the incidence of organic cover of barley (*Hordeum vulgare* L), beans (*Phaseolus vulgaris* L) and peas (*Pisum sativum* L) in the conservation of soil moisture in growth phases associated with corn (*Zea mays* L) and peas (*Pisum sativum* L). For this, the following physical properties of the soil were characterized: apparent density, usable water and porosity, determined in laboratories

of Agrocalidad and analysis of water and soil of the Universidad Técnica del Norte; where soil samples were obtained at the beginning and at the end of the crop to observe changes in humidity. In turn, soil moisture conservation and drip irrigation were evaluated with the gravimetric method, using an Experimental Design of Completely Random Blocks (DBCA) with 4 treatments and 4 repetitions, and an ombrothermic diagram for determine the temperature and precipitation in a period of one year (2016-2017) to have a climate record for the crop. Finally, the results were socialized to the population by workshops and interviews were applied to determine the feasibility of using dead plant cover in those affected areas. Therefore, through clinical analyzes satisfactory results were obtained in the conservation of soil moisture, being the best treatment of the bean crop, while the least recommended was the control treatment. It is concluded that the action of organic coverages was an important factor in the conservation of soil moisture, that the associated corn and pea crops were not affected by water stress.

Index words: Organic mulch, soil moisture, drip irrigation, associated crops.

INTRODUCCIÓN

En la seguridad alimentaria, se aplican métodos apropiados de manejo del suelo entre los cuales está la utilización de coberturas orgánicas que ayudan a disminuir la erosión hídrica y eólica. Esta técnica contribuye al aumento de la producción de cultivos, conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible de la población.

En las dos últimas décadas, se ha dado una revalorización de la biología de suelos, como un componente importante en los sistemas de producción y se ha empezado a aplicar prácticas de manejo al nivel de finca, que permitan restablecer la vida del suelo. La adición de materia orgánica, de una u otra forma, ya sea como coberturas vivas o coberturas secas (Meléndez & Soto, 2003).

La vida del suelo, es el tiempo que el permanece en equilibrio bioquímico para ser lo suficientemente fértil para producir vida, tanto de flora como de fauna, también intervienen varios elementos orgánicos e inorgánicos que permiten la durabilidad de la fertilidad del suelo

como son: las partículas minerales, rocas, plantas, organismos vivos y animales en descomposición. La fertilidad demora mucho tiempo en formarse y es muy fácil que se desertifique, debido a erosiones hídricas, eólicas o el excesivo uso de fertilizantes. Se puede evitar la erosión con métodos simples como la utilización de coberturas orgánicas (PNUMA, 2013).

En este contexto, es necesario analizar la capacidad de retención de la humedad del suelo, mediante la aplicación de mulch orgánico en cultivos asociados. La investigación se realizará en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, ubicadas en la provincia de Imbabura, por sus características de zonas de baja precipitación y por cuanto el agua es un recurso cada vez más escaso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la parte norte de la zona andina de la Sierra del Ecuador, en la provincia de Imbabura, parroquia San Miguel de Ibarra, específicamente en los sectores de Aloburo y Yahuarcocha, en los predios del señor José Revelo y de la señora María Gavilima respectivamente. El sector de Aloburo con altitud de 2462 msnm con longitud 78° 5' 23,58" oeste y latitud 00° 23' 21,08" norte, la temperatura media anual es de 13,2 °C, con pendiente media de 34,43 % geográficamente. Mientras que el sector de Yahuarcocha tiene una altitud de 2210 msnm con longitud 78° 5' 57,48" oeste y latitud 00° 21' 35,67" norte, con una temperatura media anual de 14,5 °C y una pendiente menor a 3 %. Estos sectores tienen precipitaciones que oscilan entre 600 y 650 mm/año, las cuales se consideran semiáridas según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE, 2012). La vegetación del área de estudio es de clima seco, existe poca vegetación y los suelos están expuestos a la erosión hídrica y eólica. La cobertura actual del suelo es de vegetación nativa propia del Bosque Seco Montano Bajo y Estepa Espinosa.

Además, se realizó la ubicación geográfica con el programa ArcGis 10.3 en el cual se hizo el mapa base; para comprobar la literatura con lo existente en el área de estudio. De tal manera las dieciséis parcelas en estudio de Aloburo y Yahuarcocha ubicadas en la parroquia San Miguel de Ibarra.

- Caracterización de las propiedades físicas del suelo.

La Figura 1. Indica los ensayos de los sectores de Aloburo y Yahuarcocha donde cada sitio experimental constó con un área de 17 m por 33 m con un área total de (561 m²). Cada parcela tendrá 3 m de ancho y por 7 m de longitud, con mulch orgánico de cebada, fréjol y arveja. También tendrá una diferencia de 1 m² entre parcelas para el control de los ensayos.

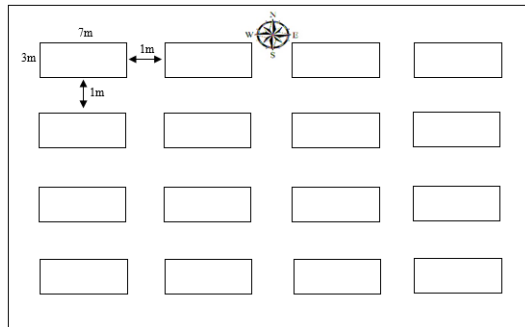


Figura 1. Superficie de los ensayos

Cuando se instaló el ensayo, el terreno estaba previamente arado y se determinaron las características de la pendiente del terreno. Una vez finalizada esa fase, se realizó el muestreo representativo del terreno, para ello se aplicó un patrón de zig-zag para la toma de submuestras tanto al inicio como al final del cultivo (AGROCALIDAD, 2016). Se tomaron 3 submuestras por parcela para obtener una muestra representativa de 1 kg por tratamiento y para cada sitio experimental. La muestra representativa fue enviada al laboratorio de AgroCalidad para el análisis de las propiedades físicas del suelo relacionadas con la retención de humedad: textura, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable, densidad aparente, densidad real y humedad equivalente.

- Análisis de la conservación de la humedad del suelo.

El análisis de la conservación de la humedad presentó un enfoque cuantitativo, ya que se utilizó un modelo estadístico para evaluar el tratamiento más adecuado, en relación a los datos obtenidos en el campo.

Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en cada sitio, con 4 tratamientos y 4 repeticiones, siendo el tratamiento (T0) el testigo, el tratamiento (T1) mulch de arveja, el

tratamiento (T2) Mulch de cebada y el tratamiento (T3) mulch de fréjol como se puede ver en tabla 1.

Tabla 1. Esquema de los tratamientos del mulch

T0R1 Sin Mulch (testigo)	T1R1 Mulch arveja	T2R1 Mulch cebada	T3R1 Mulch fréjol
T1R2 Mulch arveja	T2R2 Mulch cebada	T3R2 Mulch fréjol	T0R2 Sin Mulch (testigo)
T2R3 Mulch cebada	T3R3 Mulch fréjol	T0R3 Sin Mulch (testigo)	T1R3 Mulch arveja
T3R4 Mulch fréjol	T0R4 Sin Mulch (testigo)	T1R4 Mulch arveja	T2R4 Mulch cebada

Las unidades experimentales estuvieron constituidas con cultivos asociados de maíz y arveja, que fueron alternados en cada parcela, donde se implementó el sistema de riego por goteo de 5 hileras por parcela en los ensayos de Aloburo y Yahuarcocha.

- **Humedad del Suelo**

La humedad del suelo se puede expresar con el método gravimétrico, para esto se calculará en porcentajes del volumen total del suelo, se realizó 2 veces por semana la recolección de muestras de humedad durante 6 meses. en lo cual se utilizó un escardillo para empezar con una limpieza de 2 a 3 cm en el sitio preparado para el muestreo. Después se escarbo el suelo a una profundidad de 10 a 15 cm. Posterior a esto se procedió a colocar la muestra dentro de una funda hermética previamente preparada y registrada para cada parcela. Este mismo proceso se realizó tres veces por parcela en forma de zig-zag alcanzando un total de 16 muestras por sitio.

Se realizó en el laboratorio analítico de agua y suelo de la Universidad Técnica del Norte. Para esto fue empleado el método gravimétrico donde se pesó 30 g de las muestras obtenidas en campo en vasos de precipitación; estas muestras de suelo llevaban consigo retenida la humedad. Luego se dejó que la muestra de suelo sea secada en la estufa por 24-48 horas a una temperatura de 100-110°C o hasta obtener un peso que no varié.

- **Diagrama ombrotérmico**

Se elaboró un diagrama ombrotérmico para presentar la distribución de la precipitación media y la temperatura media durante los meses del año. El diagrama ombrotérmico se realizó empleando datos meteorológicos de la estación

del INAMHI-IBARRA, ubicada al Noreste de la ciudad de Ibarra (Latitud 0°19'47.04''N, Longitud 78°07'56.75''W y Altura 2256 msnm).

- Análisis de factibilidad del uso de coberturas muertas y riego por goteo

Se elaboraron salidas de campo y charlas donde se analizó la factibilidad del uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo. A su vez se trató sobre el mejoramiento del suelo y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados a través de la aplicación de la entrevista. La misma que fue estructurada con preguntas abiertas y cerradas con la finalidad de verificar la aceptación para replicar el modelo de ensayo en los terrenos de los entrevistados. El cuestionario está dirigido a los beneficiarios de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha y al grupo focal de los dos sectores, conformado por líderes comunitarios.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos fueron analizados en base a las características físicas del suelo que influyen en la retención de humedad en los sectores de estudio de Aloburo y Yahuarcocha. Los parámetros a medir que fueron analizados en ambos sitios son: densidad real, densidad aparente, humedad equivalente, capacidad de campo, punto de marchitez, agua aprovechable, porosidad y textura de suelo.

- Caracterización de las propiedades físicas del suelo de Aloburo y Yahuarcocha

Debido al interés requerido en este tema se tomaron en cuenta los siguientes datos iniciales para un entendimiento más discernido: Densidad aparente, agua aprovechable y porosidad del suelo. Estos datos fueron los más relevantes en la conservación de la humedad del suelo para determinar su influencia con las coberturas orgánicas.

- Resultado inicial de Aloburo y Yahuarcocha

En la Tabla 2., muestra los resultados iniciales en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.

Tabla 2. Resultados de análisis de área de estudio de Aloburo y Yahuarcocha

PARÁMETROS ANALIZADOS	RESULTADO INICIAL	
	ALOBURO	YAHUARCOCHA
Densidad Aparente	1,21g/cm ³	1,19g/cm ³
Agua Aprovechable	10,53%	12,41%
Porosidad	52,55%	48,71%

• Densidad Aparente

En la Tabla 2., demuestra los rangos de Densidad Aparente dieron como resultado inicial 1,21 g/cm³ en Aloburo y en el sector de Yahuarcocha 1,19 g/cm³ lo que implica que no son suelos compactos. Por lo tanto son suelos de textura liviana según (Schargel & Delgado, 1990).

• Agua Aprovechable del suelo

El agua aprovechable también conocida como la disponibilidad de humedad del suelo para que las plantas puedan desarrollarse (Shaxson & Barber, 2005). En la Tabla 2., muestra el resultado inicial obtenido en Aloburo con un valor de 10,53 %. Mientras que en Yahuarcocha dio como valor inicial 12,41%.

• Porosidad del suelo

En el dato inicial de la porosidad del suelo se demuestra la diferencia entre el sector de Aloburo registró un valor de 52,55%. Mientras que en Yahuarcocha existió un valor de 48,71%. Lo cual indica que el sector de Aloburo tuvo una porosidad mayor a la de Yahuarcocha, como se observa en la Tabla 2. Los valores de porosidad según (Flores & Alcalá, 2010) demostraron que el sector de Aloburo denotó una porosidad alta. Por otro lado, el sector de Yahuarcocha indicó un porcentaje de porosidad media.

- Cambios producidos en las propiedades físicas del suelo en Aloburo y Yahuarcocha

La Tabla 3., indica los cambios producidos por tratamientos en el sector de Aloburo y Yahuarcocha.

Tabla 3. Resultados de análisis del área de estudio de Aloburo y Yahuarcocha.

PARÁMETROS ANALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS FINALES POR TRATAMIENTO							
		ALOBURO				YAHUARCOCHA			
		T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Densidad Aparente	g/cm ³	1,21	1,18	1,18	1,19	1,17	1,15	1,13	1,13
Agua Aprovechable	%	11,4	11,65	12,08	11,54	12,38	13,71	12,49	13,12
Porosidad	%	51,19	46,61	47,32	44,39	48,71	49,78	50,44	51,08

- **Densidad Aparente del suelo**

Los análisis de la densidad aparente en los tratamientos de Aloburo tuvieron como resultado que el testigo (T0) marcó una cantidad de 1,21 g/cm³ y no tuvo cambios con respecto al valor inicial. Mientras que en los demás tratamientos se determinaron valores bajos que se relacionan con menores niveles de compactación del suelo por acción de las coberturas orgánicas aplicadas. Este cambio de la densidad aparente también se debió al proceso de roturación ya que el subsolado reduce la densidad y aumenta la porosidad de los horizontes del subsuelo, rompiendo suelos rocosos, compactados, arcillosos, entre otros, facilitando el desarrollo radicular, la capacidad de retención de agua y la velocidad de infiltración (FAO, 2002).

En Yahuarcocha los cuatro tratamientos demuestran una disminución en los niveles de compactación debido a las coberturas orgánicas fueron colocadas sobre la superficie. Este parámetro del suelo determina que aquellos suelos con mayor contenido de materia orgánica se vuelven menos compactos y permiten el mejor crecimiento de raíces especialmente cuando los valores de densidad aparente se encuentran de 1,13 a 1,17 g/cm³ (Jiménez & Khalajabadi, 2005). El valor de la densidad aparente es un indicador primario de la salud de los suelos. Este parámetro ayuda a la germinación de las semillas, ya que controla los espacios porosos, la restricción física del crecimiento y el desarrollo de las raíces (Sentís, 2012).

- **Agua Aprovechable del suelo**

En Aloburo el análisis de agua aprovechable dio como resultado un aumento de los tratamientos en porcentaje de humedad.

El tratamiento de cebada (T2) reflejó un valor de 12,08%; siendo el más alto. Seguido, el tratamiento de arveja (T1) con 11,65%. Esto demostró que el tratamiento de fréjol (T3) con 11,54% tuvo el porcentaje más bajo entre los tratamientos con coberturas orgánicas. Esto se atribuye al diferente reciclaje de materiales orgánicos entre los tipo de suelo liviano, el cual contribuye a incrementar el agua aprovechable del suelo (Gicheru, Gachene, Mbuvi, & Mare, 2004). Y el testigo (T0) con 11,40 % resulto ser el menor valor entre los tratamientos.

Los análisis obtenidos del agua aprovechable en el sector de Yahuarcocha dieron como resultado un incremento de porcentaje de humedad en los tratamientos con coberturas orgánicas en relación al testigo. Según (Novelo, León, González, & Figueroa, 1998) afirman que El establecimiento de la cobertura obtuvo un incremento del 20% en el contenido de agua aprovechable del suelo, en comparación con el testigo. Este incremento en el contenido de agua aprovechable, tuvo una alta correlación con el contenido de materia orgánica, el cuál presentó un incremento similar. En el tratamiento testigo (T0) resultó ser el valor más bajo con 12,38%. Por otro lado, el tratamiento de arveja (T1) fue el valor más alto al ser de 13,71%. Mientras el tratamiento de fréjol (T3) mostró un porcentaje de 13,12%. Y por último, seguido del tratamiento de cebada (T2) con 12,49%.

- **Porosidad del suelo**

Los análisis finales de la porosidad del suelo de los tratamientos en el sector de Aloburo dieron como resultado: En el tratamiento del testigo (T0) un valor 51,19%; teniendo un rango de porosidad alto. Mientras que los demás tratamientos disminuyeron el porcentaje de porosidad a valores medios y tiene relación con el mayor tamaño de poros que se genera al colocar coberturas orgánicas (García Navarro, 2013).

Con respecto a la porosidad del suelo en Yahuarcocha se nota un mejoramiento en los tratamientos con coberturas orgánicas en relación al testigo (T0). Siendo el mejor resultado el tratamiento con cobertura orgánica de fréjol con una diferencia en relación al testigo de 2,37%. Esto indicó que el rango de porosidad aumentó de media a alta. Como resultado de la disminución en la compactación del suelo, la porosidad aumentó (García Ruiz, Sánchez Ortiz, Vidal Díaz, Betancourt Rodríguez, & Rosa Llano, 2010).

- Conservación de la humedad del suelo en diferentes tratamientos

Para el análisis estadístico se aplicó la significancia estadística para diferenciar entre tratamientos, Duncan (5%) para determinar diferencia entre los tipos de materia orgánica (mulch), donde existe una diferencia entre las variables estudiadas. Los resultados obtenidos en la investigación fueron los siguientes:

- **Diseño estadístico del sector de Aloburo**

En el análisis de varianza de la Tabla 4., indicó diferencia significativa entre tratamientos y diferencia no significativa entre bloques. El coeficiente de varianza fue de 3,77%. Al ser menor del 30% es aceptable para este tipo de investigación.

Lo cual significa que no existió uniformidad de humedad entre tratamientos que conforman las diferentes coberturas orgánicas

Tabla 4. Análisis de varianza de la humedad del suelo

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	F % ₅	F % ₁
BLOQUE	1,81	3	0,6	1,14	ns	3,86	6,99
TRATAMIENTO	15,17	3	5,06	9,56	**	3,86	6,99
Error	4,76	9	0,53				
Total	21,75	15					

CV= 3,77

La Figura 2., muestra el promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo. Donde indicaron que no hubo mayor diferencia entre los tres tratamientos con coberturas orgánicas con rangos de A. En contraste con el testigo, éste tuvo una capacidad de conservación de humedad del suelo mucho menor dando un rango de B. Por otro lado, la cobertura orgánica de fréjol fue el mejor tratamiento para el sector de Aloburo.

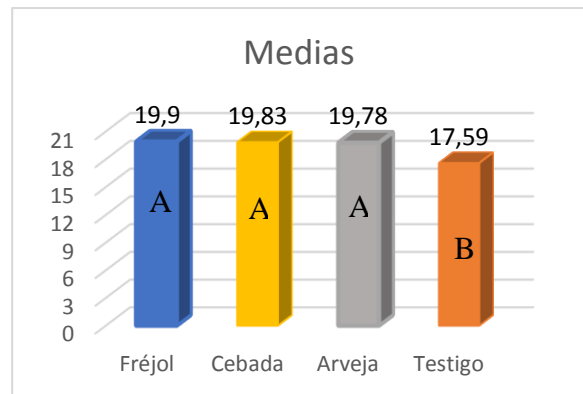


Figura 2. Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Aloburo

- **Diseño estadístico del sector de Yahuarcocha**

En el análisis de varianza la Tabla 5., se detectó que en el tratamiento es significativo mientras que los bloques no son significativos. El coeficiente de varianza fue de 5,48% lo que garantiza la validez de los resultados.

Tabla 5. Análisis de varianza de la humedad del suelo

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	F % ₅	F % ₁
BLOQUE	70,23	3	23,41	10,22	ns	3,86	6,99
TRATAMIENTO	24,99	3	8,33	3,64	**	3,86	6,99
Error	20,61	9	2,29				
Total	115,83	15					

CV= 5,48

Por consecuencia esto indicó que existieron diferencias de humedad entre tratamientos que conforman las diferentes coberturas orgánicas. En la Figura 3., se ve una clara diferencia entre los tratamientos con diferentes rangos. Se consideró al tratamiento de arveja (T1) como el mejor de todos con un rango de A, marcando una diferencia notable de 3,01% de humedad con relación al tratamiento testigo (T0). De igual manera hubo un buen resultado con el tratamiento de fréjol (T3) dando un rango de AB. Sin embargo, el tratamiento de cebada (T2) no dio los resultados positivos que se esperaba, siendo casi similar a los resultados del testigo (T0) con rangos de B.

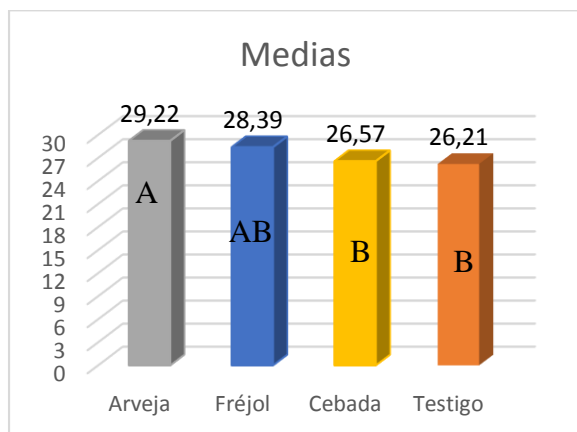


Figura 3. Promedio de humedad del suelo entre los tratamientos del cultivo de Yahuarcocha

- **Humedad del suelo en Aloburo y Yahuarcocha.**

Los resultados de humedad en el periodo de cultivo de maíz se pueden evidenciar en la siguiente Figura 4., donde se pudo percibir que el sector de Aloburo tuvo menor porcentaje de humedad en relación a los tratamientos realizados en contraste con el sector de Yahuarcocha. El sector de Yahuarcocha tuvo valores más altos de humedad de 26,20% a 29,22% con relación a los valores de Aloburo que variaron de 17,59% a 19,90%. Esto se debe al tipo de suelo y a la temperatura anual de cada sitio (Ramos & Zúñiga, 2008).

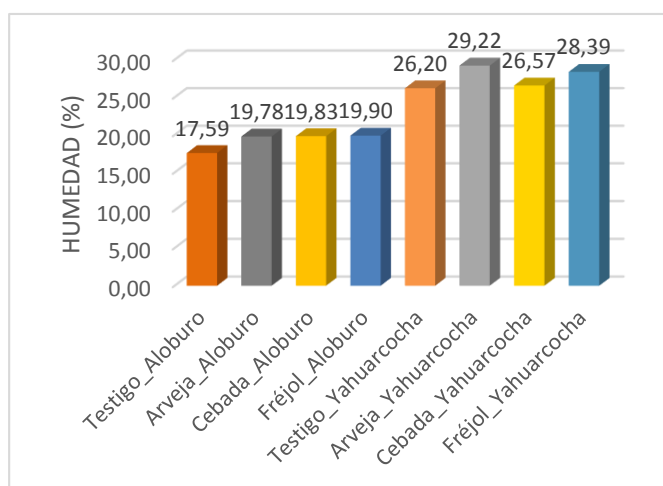


Figura 4. Porcentaje de humedad de Aloburo y Yahuarcocha

- **Diagrama Ombrotérmico**

Según los datos agroclimáticos de precipitación mensual y temperatura media mensual obtenidos de la estación del INAMHI-IBARRA, ubicada al Noreste de la ciudad de Ibarra (Latitud 0°19'47.04''N, Longitud

78°07'56.75''W y Altura 2256 msnm) se elaboró el diagrama ombrotérmico jun/16 – jun/17 en la Figura 17., donde se determina que la época lluviosa fueron los meses de octubre, enero, marzo, abril y mayo del 2017, los meses secos fueron junio, julio, agosto, septiembre, noviembre, diciembre, febrero y junio del 2017.

El periodo del cultivo empezó en diciembre y duro hasta el mes de junio. Donde se puede observar que los meses más afectados por las lluvias fueron enero, marzo, abril y mayo. Mientras que los meses con menor precipitación fueron diciembre, febrero y junio.

En el sector de Aloburo por tener una pendiente montañosa de 38,39% fue afectado por las lluvias y se produjo arrastre de suelo y minerales. Mientras que en el sector de Yahuarcocha, por el exceso de lluvias se produjeron encharcamientos y enfermedades en el cultivo.

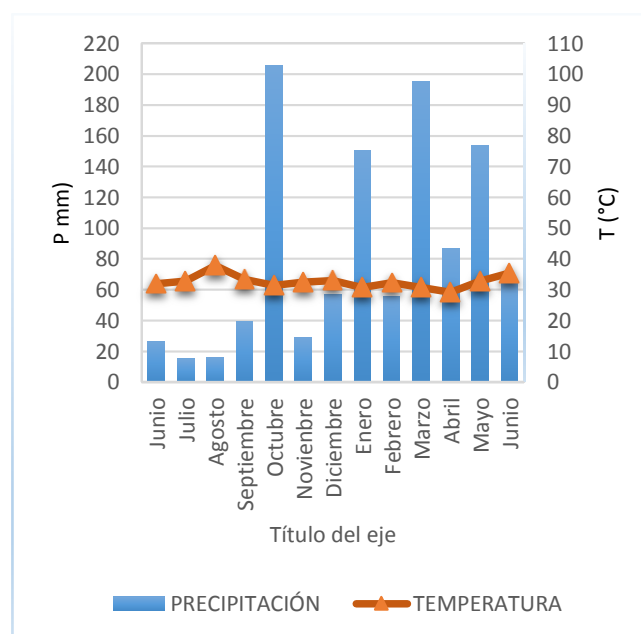


Figura 5. Precipitación vs. Temperatura periodo Junio 2016- Junio 2017, estación meteorológica INAMHI-Ibarra
Fuente: INAMHI, 2016

- **Socialización del proyecto y sensibilización dentro del área de estudio.**

En las salidas de campo se realizaron charlas sobre el mejoramiento del suelo y conservación de la humedad en parcelas de cultivos asociados que se llevaron a cabo en el transcurso del proyecto de coberturas orgánicas para los sectores de Aloburo y Yahuarcocha con los

miembros de la “Junta de Aguas de Riego de Aloburo y Yahuarcocha. Además, se aplicó una entrevista con la finalidad de socializar y sensibilizar a dichas personas sobre este proyecto.

- Entrevista a los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha

A continuación, se presentan los resultados de la entrevista dirigido a los miembros de la Junta de Agua de Riego de Aloburo y Yahuarcocha para determinar la factibilidad del uso de coberturas orgánicas muertas y riego por goteo. Por consiguiente, se puede revisar el Anexo 3., para mayor entendimiento acerca del cuestionario.

- **Incidencia de cultivos de maíz**

En el sector de Aloburo el 90% de las personas entrevistadas han sembrado cultivos de maíz en sus terrenos y el 10% ha utilizado otro tipo de cultivos. Además, las personas que sembraron maíz indicaron que el 80% ha sembrado el maíz sólo y el 10% ha sembrado maíz junto con cultivo de arveja.

La Figura 7., demuestra que en el sector de Yahuarcocha el 80% de los entrevistados han sembrado maíz y el 20% han sembrado otro tipo de cultivo en sus terrenos. Las personas que sembraron maíz mencionaron que el 50% ha sembrado maíz junto con cultivo de fréjol y el 30% lo ha sembrado sólo.

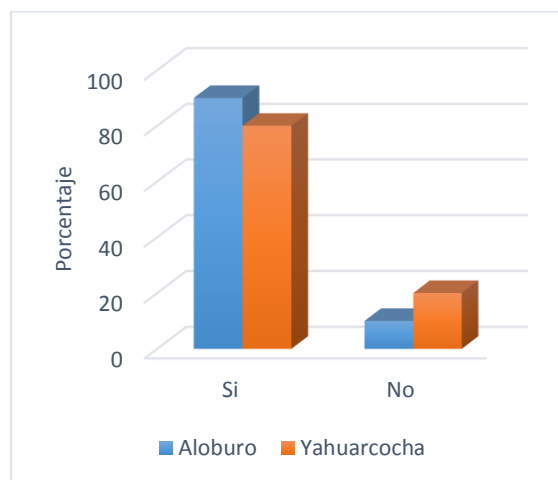


Figura 6. Cultivos de maíz que las personas entrevistadas han sembrado en el área de influencia del proyecto (%)

Este estudio se lo realizó con la finalidad de conocer si las personas siembran maíz para

saber la incidencia y factibilidad según las condiciones geográficas y meteorológicas. En la Sierra las condiciones climáticas para que el maíz crezca favorablemente se necesita una temperatura de 12 a 18°C y altitudes que oscilan de 2200 a 2800 msnm según el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP, 2016). Al mismo tiempo, se buscó conocer si las personas emplean su terreno haciendo monocultivos o lo aprovechan realizando cultivos asociados. Los **cultivos asociados** consisten en la utilización simultánea del terreno con dos o más especies vegetales de interés agronómico que mejora la absorción de nutrientes, aumento de productividad, ayuda en el control de plagas y enfermedades, soporte y sombrío de una especie a otra (Chaico, 2010).

- **Interés sobre mantener la humedad en el suelo**

La Figura 9., demuestra que en el sector de Aloburo existe una total aceptación por la conservación de la humedad, debido a que no tienen suficiente agua para el riego de sus cultivos. El 30% de los entrevistados indicaron que han utilizado rastrojo de arveja, fréjol, maíz y malezas en sus cultivos. Muchos productores que aplican el uso de rastrojo en el suelo, han comprobado que en días soleados los cultivos sufren menos daños por la sequía, debido a que se mantiene la humedad en el suelo por un periodo mayor que el retenido en suelos desnudos (Contreras, 2005). Pero el 70% implementa el rastrojo para la alimentación de sus animales.

Por otro lado, en el sector de Yahuarcocha el 80% de las personas entrevistadas tienen interés por la conservación de la humedad y el 20% mencionaron que no, porque tienen abundancia de agua. A su vez, el 60% de los entrevistados también mencionaron que utilizan el rastrojo de arveja, maíz, malezas, cebada y fréjol para sus cultivos, siendo el más utilizado el fréjol. Y el 40% restante mencionó que no utiliza el rastrojo para sus cultivos, sino para la alimentación de sus animales de granja.

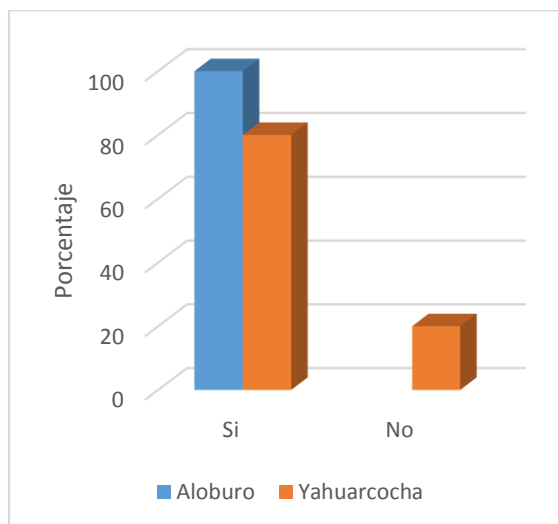


Figura 7. Interés por la conservación de la humedad del suelo por parte de los entrevistados (%)

- **Interés en las personas por usar el sistema de riego por goteo**

La Figura 10., demuestra una aceptación del 100% en el sector de Aloburo por la falta de agua en sus cultivos. Lo que llamó la atención a la comunidad de Aloburo fue la disposición continua de agua para aplicar en el lugar donde se necesita en el cultivo. Además es utilizable y adaptable a cualquier topografía, así como reduce los problemas de erosión y daño a la estructura del suelo (Potosí, 2017). Por otro lado, en el sector de Yahuarcocha el 60% de las personas tienen interés en el riego por goteo y el 40% no tiene buena aprobación por causa de su costo. Pero el beneficio del riego por goteo en este sector es para reducir la aparición de follaje o maleza indeseada, y al no humedecer la maleza se evita la proliferación de plagas e insectos (Shock & Welch, 2013).

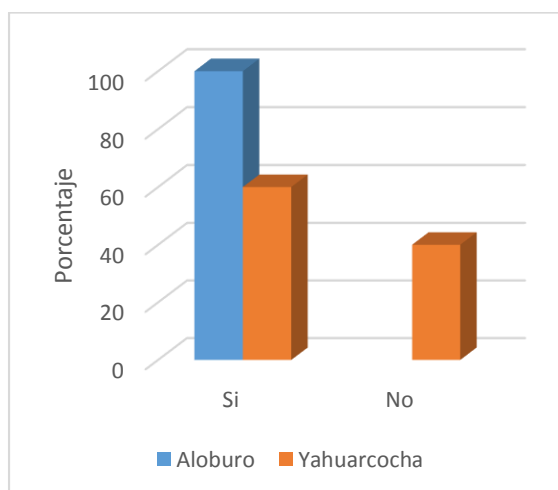


Figura 8. Disposición al cambio del sistema de riego a riego por goteo (%)

- **Aceptación de las personas para replicar el modelo de ensayo propuesto en su terreno**

De las entrevistas se determinó que existe total aceptación (100 %) en los sitios de Aloburo y Yahuarcocha, por parte de los miembros de las Juntas de Agua y Riego para replicar la propuesta de uso de mulch, cultivos asociados y riego por goteo aplicados en esta investigación. Algunas de las razones mencionadas son de que existe mayor productividad, terrenos más abonados y volvería más rentable la producción agrícola en estos sitios.

CONCLUSIONES

- Se comprobó que la acción de las coberturas orgánicas fue un factor importante en la conservación de la humedad del suelo, para que los cultivos asociados de maíz y arveja no sean afectados por el estrés hídrico.

- En el sector de Aloburo se puede usar cualquiera de las tres coberturas orgánicas en los cultivos, siendo el más eficiente el fréjol. El sector de Yahuarcocha los tratamientos de mejor resultado fueron la arveja y el fréjol. Sin embargo, si el terreno tiende a tener altos niveles de humedad o sobrepasar los valores de capacidad de campo, es mejor usar el tratamiento de cebada.

- Las técnicas agroecológicas aplicadas demostraron ser efectivas en el proceso de recuperación de suelos. Se observó cambios positivos en el mejoramiento de la retención de humedad, disminución de la densidad aparente, mayor porosidad y profundidad efectiva del suelo.

- Existe interés de los entrevistados pertenecientes a la Junta de Agua y Riego de Aloburo y Yahuarcocha acerca de la réplica del modelo en estudio.

- El rastrojo de fréjol es el tratamiento más recomendado al presentar el mejor resultado en la retención de humedad del suelo.

RECOMENDACIONES

- Se requiere ampliar la perspectiva de agricultura sostenible a las comunidades mediante proyectos vinculados con la producción agrícola orgánica.

- Se recomienda el uso de coberturas orgánicas para evitar la erosión hídrica y eólica en zonas secas; y de esta manera obtener mayor capacidad de retención de humedad en el suelo, aumento de materia orgánica, así como la disminución del crecimiento de plantas no deseadas y de enfermedades en el cultivo.

- Es importante incentivar a la comunidad sobre el método de cultivos asociados para mayor aprovechamiento del terreno y dar a conocer a las personas el uso combinado de gramíneas y leguminosas con la interpretación equilibrada entre las dos especies, ya que reduce el espacio para el crecimiento de malezas mientras se aumenta la densidad del cultivo.

- Se debe tomar en cuenta los registros de las horas de sol reportados en la estación meteorológica Ibarra, para conocer la incidencia de la radiación solar en la pérdida de agua en el suelo mediante la evapotranspiración.

- Se necesita para las futuras investigaciones incluir detalles de costos de producción en los ensayos que serán aplicados.

- Se aconseja implementar el sistema de riego por goteo en pendientes para evitar la erosión hídrica y eólica, y así evitar la pérdida de nutrientes del suelo.

Citas Bibliográficas

- AGROCALIDAD. (2016). *Instructivo de Muestras para Análisis Nematológico*. Quito, Ecuador: INT/N/07.
- Chaico, E. (2010). Movimiento del agua en el suelo. Determinación de la velocidad de infiltración con cilindros infiltrómetros. Ayacucho, Perú.
- Contreras, J. (2005). Manejo de humedad del suelo en zonas secas. En M. d. Agroforestales, & R. Argueta (Ed.). Tegucigalpa, Honduras.
- FAO. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Italia: SSN 1014-1227.
- Flores, L., & Alcalá, J. (2010). *Manual de Procedimiento Analítico*. México: Departamento de edafología.
- Forsythe, W. (1980). *Física de suelos*. San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- García Navarro, A. (2013). *Área de Edafología y Química Agrícola: Propiedades del suelo*. España: Universidad de Extremadura.
- García Ruiz, I., Sánchez Ortiz, M., Vidal Díaz, M., Betancourt Rodríguez, Y., & Rosa Llano, J. (2010). Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. *Ciencias Técnicas agropecuarias*, 19(2).
- Gicheru, P., Gachene, C., Mbuvi, J., & Mare, E. (2004). Effects of soil management practices and tillage systems on surface soil water conservation and crust formation on a sandy loam in semi-arid Kenya. *Soil Tillage Research*, 75, 173-184.
- Jiménez, A., & Khalajabadi, S. (2005). La Densidad Aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. *Cenicafé*, 56(4), 381-397.
- Laserna, S. (2011). *AgroEs*. Obtenido de Información Técnica de Agricultura - Productos Agrícolas y Agroalimentarios: <http://www.agroes.es/>
- Meléndez, G., & Soto, G. (2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Costa Rica: UCR. Sabanilla.
- Novelo, L., León, N., González, C., & Figueroa, P. (1998). Frijol terciopelo, cultivo de cobertura en la agricultura chol del valle de Tulipa, Chiapas México. *Terra Latinoamericana*, 16, 359-369.
- PNUMA. (2013). El suelo: un elemento olvidado. *TUNZA*, 12-13.
- Potosí, J. L. (13 de Noviembre de 2017). *Sistema de riego por goteo*. Obtenido de Riego por goteo, ventajas y desventajas: <http://sistemasderiego.org/goteo.blogspot.com/2007/11/riego-por-goteo-ventajas-y-desventajas.html>

- Ramos, E., & Zúñiga, D. (2008). Efectos de la Humedad, Temperatura, Ph del Suelo en la actividad Microbiana a Nivel de Laboratorio. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 123-130.
- Schargel, R., & Delgado, F. (1990). Características y manejo de los suelos utilizados en la producción de carne en Venezuela. (FCV-UCV, Ed.) *En Plasse*, 187-220.
- Sentís, I. (Mayo de 2012). Problemas de Degradación de Suelos en América Latina: Evaluación de Causas y Efectos. Quito, Ecuador. Obtenido de X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal* (Vol. 7). Italia: ISBN 92-5-304944-8.
- Shock, C., & Welch, T. (Marzo de 2013). Técnicas para la Agricultura Sostenible. *Oregon State University*, 1, 1-9.