

# Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador

ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
Unidad de Economía Agrícola

Boletín Divulgativo Nº 448

Noviembre, 2020



sembramos  
*Futuro*

*Lenín*





**Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador**

**2020**

## Prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pastos

### Cita de esta publicación:

Barrera, V.; Delgado, J. A.; Alwang, J.; Escudero, L.; Arévalo, J.; Cartagena, Y. (2020). *Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Ilangama, Ecuador*. Boletín Divulgativo No. 448. Editorial ARCOIRIS Producción Gráfica. Quito, Ecuador. 38 pp.

2020, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)  
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito-Ecuador  
Teléfono: 593-2 256 7645  
Correo electrónico: iniap@iniap.gob.ec  
www.iniap.gob.ec

### Autores

**Víctor Barrera, Luis Escudero, Juan Arévalo y Yamil Cartagena.** Estación Experimental Santa Catalina, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Panamericana Sur Km.1, Quito-Ecuador.

**Jorge Delgado.** USDA Agricultural Research Service, 2150 Centre Ave. Bldg. D Suite 100, Fort Collins, CO 80526.

**Jeffrey Alwang.** Departamento de Economía Agrícola y Aplicada, Virginia Polytechnic Institute and State University, VA, USA.

ISBN: 978-9942-22-498-9

IMPRESO EN QUITO-ECUADOR

Editorial ARCOIRIS Producción Gráfica

Dirección: Santiago Oe3-19 y Av. América

Noviembre, 2020

### Revisión Interna

- Comité de Publicaciones Estación Experimental Santa Catalina (EESC): Luis Fernando Rodríguez, M.Sc.; Álvaro Monteros, Ph.D.; Diego Peñaherrera, M.Sc.; Jorge Rivadeneira, M.Sc.
- Comité de Publicaciones Administración Central (Dirección de Investigaciones y Dirección de Transferencia de Tecnología).

Todos los derechos reservados  
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

## PRESENTACIÓN

En el contexto actual de cambios climáticos y de explotación intensiva de recursos, principalmente del suelo, en la Región Andina del Ecuador, es necesario redefinir el papel de la agricultura y su contribución al desarrollo de sistemas de producción de cultivos tan frágiles como los de esta Región. Conseguir que la agricultura asuma eficientemente el reto de garantizar de manera simultánea la conservación de los suelos y la seguridad alimentaria de la población, en equilibrio con el ambiente, es el desafío de todos aquellos que hacen un esfuerzo por mantener el equilibrio entre la naturaleza, el ambiente y los seres que la habitan.

De manera general, la agricultura a pequeña escala en las tierras altas de la Región Andina del Ecuador está asociada a un bajo nivel de productividad agropecuaria en el interior de los sistemas de producción, provocado principalmente por malas prácticas de uso de suelo que conllevan a una erosión excesiva del suelo y la degradación de la salud del suelo, así como también redundan en bajos niveles de ingresos económicos con el consiguiente abandono de las tierras productivas. Así lo demuestran los estudios realizados por Gallagher *et al.* (2017); Delgado *et al.* (2019); y Barrera *et al.* (2019), entre otros.

Ante esta realidad, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en una alianza estratégica con la Universidad Virginia Tech y el Agricultural Research Service - Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), desde el año 2010 lideraron acciones en el ámbito de la Investigación y Desarrollo (I+D) en prácticas de agricultura de conservación para incrementar la salud del suelo, mediante la aplicación de tres principios fundamentales: 1) perturbación mínima del suelo; 2) cobertura permanente del suelo; y 3) rotación de cultivos. La I+D se priorizó en la microcuenca del río Illangama, que forma parte de la subcuenca del río Chimbo en la provincia de Bolívar, en donde se producen pérdidas por erosión del suelo que van entre 40 a 50 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, mismas que afectan a las partes bajas en donde, se producen millones de dólares de pérdidas anuales por inundaciones y sedimentación.

Para cumplir de manera eficiente los principios de agricultura de conservación en esta microcuenca, constituía prioridad la I+D para los sistemas de producción de cultivos en el área de estudio. Se ha dado énfasis a las prácticas de conservación de suelos mediante el uso de zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cero, cobertura del suelo con cultivos como avena-vicia y los residuos de cosecha, y aplicación de nitrógeno, sumados a una rotación de cultivos prevalentes en la zona que sirvan para promover la salud del suelo, el mejoramiento de los rendimientos de los cultivos y el incremento de los beneficios económicos.



Para el INIAP, será importante consolidar la I+D, a través de documentos divulgativos, como el presente, que lleguen a manos de los principales actores del sector agropecuario y para visibilizar el esfuerzo multidisciplinario e interinstitucional en beneficio de los sistemas de producción de cultivos en las zonas más pobres del país como lo es la Región Andina del Ecuador.

Víctor Hugo Barrera Mosquera, PhD  
Investigador del INIAP



# Contenido

MÓDULO 01	
Introducción	09
MÓDULO 02	
Sitio de la investigación	13
MÓDULO 03	
Prácticas de Agricultura de Conservación	16
MÓDULO 04	
Manejo agronómico de los cultivos	19
MÓDULO 05	
Beneficios de las prácticas de agricultura de conservación	22
MÓDULO 06	
¿Por qué adoptar las prácticas de agricultura de conservación?	27
MÓDULO 07	
Consideraciones sobre las prácticas de agricultura de conservación	30
MÓDULO 08	
Abstract	33
MÓDULO 09	
Summary	35
MÓDULO 10	
Bibliografía citada	37

## Lista de Figuras

### Figura 1

Áreas con deterioro en la calidad de los suelos y pendientes pronunciadas en donde se realiza agricultura en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 11).

### Figura 2

Localización de la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 14).

### Figura 3

Zanjas de desviación de agua establecidas con el cultivo de cebada en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 17).

### Figura 4

Preparación del suelo con labranza reducida en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 18).

### Figura 5

Residuos de cosecha anterior establecida con el cultivo de haba en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 19).

## Lista de Tablas

### Tabla 1

Manejo agronómico de los cultivos en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 20).

### Tabla 2

Promedios del rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 23).

### Tabla 3

Promedios de beneficio bruto, costo total y beneficio neto en  $USD\ ha^{-1}$  de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 24).

### Tabla 4

Nutrientes en  $kg\ ha^{-1}$  reciclados o removidos en la rotación de cultivos. Microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador (Pág. 26).



# MÓDULO 01

## Introducción

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



*Lenín*



## Introducción

El cambio climático está afectando directamente a la producción y productividad agrícola y ganadera, a través del incremento del estrés térmico y de la reducción de la disponibilidad de agua e indirectamente a través de la reducción de disponibilidad y calidad de forraje, la aparición de enfermedades y la competencia por recursos naturales con otros sectores de la economía.

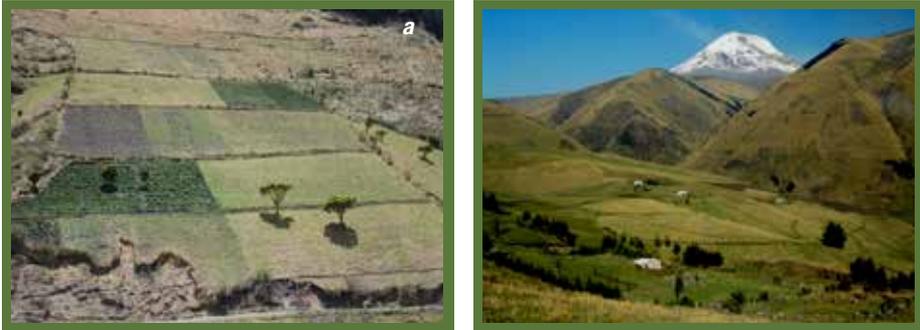
La agricultura a pequeña escala en las tierras altas de la Región Andina está asociada con la erosión excesiva del suelo y la degradación de la salud del suelo, siendo la actividad agrícola una de las causas para ello, especialmente por la mayor susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica provocada por inadecuadas prácticas como por ejemplo: exposición prolongada del suelo arado, cultivo en pendientes, pastoreo excesivo, monocultivo, compactación del suelo por el uso de máquinas pesadas, entre otras, lo que en conjunto provoca la pérdida de productividad agrícola. Lo anterior, sumado a eventos provocados por el cambio climático como la intensidad y distribución de las lluvias, aceleran el ritmo de procesos erosivos, de inundaciones y desertificación; junto con amenazas en la pérdida de carbono orgánico, la biodiversidad y la productividad del suelo.

La agricultura de conservación (AC), que se considera un enfoque agroecológico práctico, ofrece alternativas para: 1) solucionar los problemas de deterioro del suelo y aumentar su salud y los niveles de productividad; 2) intensificar la agricultura sostenible; 3) promover la productividad y la resiliencia de los sistemas de producción; y, 4) mejorar los servicios ecosistémicos de los sistemas de producción.

La AC comprende un conjunto de prácticas, entre las que sobresalen:

- El uso de zanjas de desviación de agua, como una práctica de conservación del suelo.
- La labranza mínima del suelo, como una práctica de preparación de suelo.
- Los cultivos de cobertura, como una práctica de cubierta vegetal permanente del suelo.
- La rotación de cultivos, como una práctica alternativa al monocultivo.

Estudios de análisis de vulnerabilidad física y ambiental conducidos en la Región Andina del Ecuador, específicamente en la microcuenca del río Illangama, evidenciaron el deterioro en la calidad de los suelos y la productividad de los cultivos, debido a las fuertes precipitaciones, sequías, pendientes pronunciadas, manejo inadecuado del suelo y los frecuentes períodos de descanso (Figura 1).



**Figura 1.** Áreas con deterioro en la calidad de los suelos (a) y pendientes pronunciadas (b), en donde se realiza agricultura en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.

En esta microcuenca, entre los años 2010-2015, se investigó la adaptación y viabilidad de prácticas de AC en la rotación de cultivos como papa (*Solanum tuberosum*), avena (*Avena sativa* L), vicia (*Vicia sativa* L), cebada (*Hordeum vulgare*), haba (*Vicia faba*) y una mezcla de pastos (*Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*). Estas prácticas, que incluyeron zanjas de desviación de agua, labranza reducida, retención de residuos y uso de nitrógeno, mostraron algunos beneficios desde varios ámbitos:

- Desde el ámbito del cambio climático, el disponer de suelos más saludables y con mayor humedad, permite que éstos soporten sequías más prolongadas, así como también lluvias con mayor intensidad, lo que redunda en una mejor productividad de los cultivos en rotación.

- Desde el ámbito económico, éstas prácticas resultan más rentables porque reducen el número de jornales para la preparación del suelo, el control de malezas y la cobertura del suelo. Solo el ahorro en costos de mano de obra para la preparación del suelo con las prácticas de AC en comparación con las prácticas convencionales es de al menos un 35%.
- Desde el ámbito del recurso suelo, éstas prácticas promueven la disminución de la erosión de los suelos y por lo tanto los productores pueden mantener este recurso en el sitio y con una mayor fertilidad con nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), para ser reciclados o devueltos al suelo en beneficio de las plantas de los cultivos en rotación.



# MÓDULO 02

## Sitio de la investigación

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



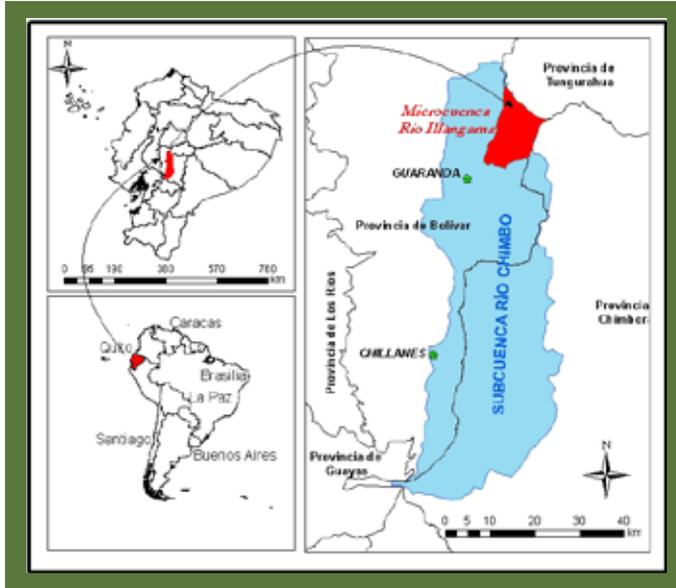
sembramos  
*Futuro*

*Lenín*



## Sitio de la investigación

La microcuenca del río Illangama tiene una superficie de 130.60 km<sup>2</sup> y se extiende desde la latitud 1° 23' 55.30" S hasta 1° 34' 4.80" S y desde la longitud 78° 50' 39.38" O hasta 78° 58' 29.52" O (Figura 2).



Fuente: Gallagher *et al.*, 2017.

**Figura 2.** Localización de la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar - Ecuador.

El sitio de investigación estuvo localizado entre los 3375 y 3684 msnm. Durante el período de la investigación (2010-2015) se registraron temperaturas y precipitaciones en el rango de 10.3 a 13.8 °C y 500 a 1300 mm, respectivamente. La humedad relativa se mantuvo en 76% y la velocidad del viento en 12.5 km h<sup>-1</sup>.

El suelo de los sistemas de producción en donde se establecieron las parcelas experimentales se clasifica como Andisoles, con contenidos de materia orgánica que oscilan entre 8 a 12%, pH de 5.8 a 6.0 y densidad aparente de 0.8 a 1.0 g cm<sup>-3</sup>.

Los hogares del área en estudio se caracterizan por tener superficies de terreno pequeñas, entre 3 y 5 ha, con título de propiedad en el 100% de los casos. Entre el 70% y 90% de la población se dedica a la actividad agrícola como la principal. Los rubros de mayor importancia económica corresponden al sistema papa-pasto-leche (95% de los hogares tienen pastos y el 100% papas).

De acuerdo al índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), 75% de la población es pobre y sus ingresos económicos oscilan entre USD 160 y USD 240 por mes (Barrera *et al.*, 2012; INEC, 2019). Los ingresos agrícolas son de mucha importancia, así como también los ingresos fuera de la finca que significan alrededor del 27% (Barrera *et al.*, 2012; Alwang *et al.*, 2013). En el área en estudio las familias están integradas en promedio por seis miembros. El nivel de analfabetismo alcanza el 14% y alrededor del 50% de la población cuenta con educación primaria, con un promedio de tres años de estudio aprobados; los hombres adultos tienen mayor nivel educativo (6 años de educación) en relación a las mujeres adultas (3.9 años de educación). Alrededor del 13% de los hogares en la zona en estudio están encabezados por mujeres. El porcentaje de emigración temporal en Illangama es alto, 53%, y los principales destinos son las ciudades de Quito y Riobamba (Barrera *et al.*, 2012; INEC, 2019).



# MÓDULO 03

## Prácticas de Agricultura de Conservación

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



*Lenin*



## Prácticas de Agricultura de Conservación

Las prácticas de AC que se investigaron fueron el resultado de discusiones con las comunidades y se eligió una rotación que incluía cultivos producidos en el área (papa-avena vicia-cebada-haba-pasto). Esta rotación se combinó con opciones de conservación del suelo (sin y con zanjas de desviación de agua) (Figura 3), labranza (convencional y reducida) (Figura 4), cobertura (sin y con residuo) (Figura 5) y nitrógeno en cebada (sin y con nitrógeno).



**Figura 3.** Zanjas de desviación de agua establecidas con el cultivo de cebada en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.



**Figura 4.** Siembra con labranza reducida en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.



**Figura 5.** Residuos de cosecha anterior establecida con el cultivo de haba en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.



# MÓDULO 04

## Manejo agronómico de los cultivos

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



*Lenín*



## Manejo agronómico de los cultivos

La Tabla 1 muestra el manejo agronómico que se debe realizar en cada uno de los cultivos en rotación sugeridos para la microcuenca del río Illangama y que puede ser utilizado en otras áreas de la Región Andina del Ecuador que tengan el sistema papa-pastos con validaciones de tecnología de acuerdo a cada área agroecológica y socioeconómica.

En las parcelas de labranza reducida en todos los cultivos, se debe aplicar Glifosato en dosis de 12.50 cc l<sup>-1</sup> de agua, 15 días antes de la siembra para controlar las malezas; en las parcelas de labranza convencional este control debe ser manual con azadón. Para la preparación del suelo, tanto para la labranza convencional y reducida se debe utilizar azadón.

Para el control fitosanitario se debe promover el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE). Además, dependiendo de la plaga o enfermedad presente en el cultivo, se deben utilizar productos de baja toxicidad; para plagas: Cypermethrine, Abamectina, Fipronil, Acephate, Clorpirifos y Tiametoxam, y para gusano blanco, trampas; para enfermedades: Cymoxanil, Dimetomorf, Azufre, Benomil y Carbendazin.

**Tabla 1. Manejo agronómico de los cultivos en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.**

Componentes	Papa	Avena-Vicia	Cebada	Haba	Pastos
Variedad del cultivo	INIAP-Fripapa	Vicia sativa y Avena INIAP-82	INIAP- Guaranga 2010	Huagra-haba	Rye grass anual, Rye grass perenne, Pasto Azul, Trébol blanco, Trébol rojo
Densidad de siembra	990 kg ha <sup>-1</sup>	45 kg ha <sup>-1</sup> y 90 kg ha <sup>-1</sup>	135 kg ha <sup>-1</sup>	60 kg ha <sup>-1</sup>	48 kg ha <sup>-1</sup> y 4 kg ha <sup>-1</sup>
Método de siembra	Surco y siembra directa	Al voleo	Al voleo	Surco y siembra directa	Al voleo
Fertilización inicial	60-131-50-30 kg ha <sup>-1</sup> de NPKS	No	50-31-0 kg ha <sup>-1</sup> de NPK	No	No
Fertilización nitrogenada complementaria	60 kg ha <sup>-1</sup> de N aplicado a los 45 días después de la siembra		20.70 kg ha <sup>-1</sup> de N aplicado a los 50 días después de la siembra	No	18.40 kg ha <sup>-1</sup> de N aplicado después de cada corte

Fuente: Adaptado de Gallagher *et al.*, 2017.

Respecto a la conservación de suelos, se deben realizar zanjas de desviación de agua, separadas cada 10 m en pendientes pronunciadas y de acuerdo a la superficie que disponga el terreno y una profundidad de 0.50 m. El trazado se debe realizar con la ayuda de un nivel en A, con una pendiente del 1%.

Con relación a la labranza, en el cultivo de papa, no se debe preparar el suelo y solo se tiene que virar el suelo y pasto (chamba), y la distancia de siembra debe ser de 0.40 m entre plantas y 1 m entre surcos. Para el cultivo de avena-vicia y cebada, no se debe remover el suelo y se siembra la semilla al voleo; en ambos casos se debe tapar la semilla con una capa superficial de suelo. En el cultivo de haba, se debe utilizar un espeque para realizar el hoyo y poner dos semillas por sitio a una distancia de 0.40 m entre plantas y de 0.80 m entre surcos.

Para el cultivo de pasto, no se debe preparar el suelo para la siembra y se debe sembrar al voleo. La fertilización para los cultivos de papa, cebada y pastos, inicial y complementaria, se muestra en la Tabla 1. Para el cultivo de papa, a la siembra, se debe aplicar el fertilizante a chorro continuo al fondo del surco, luego taparlo con una ligera capa de tierra para que no esté en contacto con la semilla; al rascadillo, aplicar el fertilizante en corona alrededor de la planta. En la cebada, a la siembra y a los 50 días después de la siembra, se debe aplicar el fertilizante al voleo, luego tapar el fertilizante con una ligera capa de tierra. Para la pastura, el fertilizante se debe aplicar al voleo.

La cobertura del suelo con residuo, consiste en cosechar el producto y dejar los residuos de las plantas sobre el suelo, de la siguiente manera: para el cultivo de papa, luego de cosecharla, se debe dejar toda la planta en el suelo; en el cultivo de avena-vicia, se debe cortar el forraje y dejarlo en el suelo; en el cultivo de cebada, se debe cortar toda la planta y trillarla y el residuo devolverlo al suelo; en el cultivo de haba se debe cosechar el producto, cortar la planta y dejarla en el suelo; y, para el caso del pasto, se debe cortar el forraje y retirarlo para la alimentación de animales bovinos, principalmente.

# MÓDULO 05

## Beneficios de las prácticas de agricultura de conservación

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



## Beneficios de las prácticas de agricultura de conservación

### 5.1. En los rendimientos de los cultivos en rotación

Los rendimientos promedios en t ha<sup>-1</sup> que van a obtener los productores en los cultivos de papa, avena-vicia, cebada, haba y pasto, con prácticas de agricultura de conservación, se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Promedios del rendimiento en t ha<sup>-1</sup> de los cultivos en rotación en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.**

Factores	Rendimiento en t ha <sup>-1</sup>				
	Papa	Avena-Vicia	Cebada	Haba	Pastos
<b>Conservación:</b>					
Sin zanjas	13.66	41.29	1.84	2.45	11.98
Con zanjas	14.44	43.25	2.07	2.56	12.00
<b>Labranza:</b>					
Convencional	13.56	40.86 b	1.74 b	2.40 b	11.98
Reducida	14.55	43.67 a	2.17 a	2.61 a	12.00
<b>Cobertura:</b>					
Sin residuo <sup>1</sup>	12.88 b	41.18 b	1.94	2.38 b	11.97
Con residuo <sup>2</sup>	15.23 a	43.35 a	1.98	2.62 a	12.01
<b>Nitrógeno</b>					
Sin nitrógeno			1.70 b	2.48	10.47 b
Con nitrógeno			2.22 a	2.53	13.51 a

Fuente: Barrera *et al.*, 2019.

<sup>1</sup> Se corta la planta de los cultivos en rotación y se saca de la superficie del suelo.

<sup>2</sup> Se corta la planta de los cultivos en rotación y se deja en la superficie del suelo.

<sup>a, b</sup> Rendimientos son diferentes estadísticamente entre niveles de factores.

Las prácticas de labranza mínima y la cobertura con residuo mejoran el rendimiento de avena-vicia (t ha<sup>-1</sup>), y son superiores en 5% y 7% al rendimiento obtenido con la labranza convencional y cobertura sin residuo. En el cultivo de cebada, la labranza reducida y el uso de nitrógeno son superiores en 25% y 30% en relación al rendimiento que se obtiene con labranza convencional y el no uso de nitrógeno. El rendimiento de grano de haba seca, se incrementa en 9% y 10% con las prácticas de labranza reducida y cobertura con residuo en relación a la labranza convencional y la cobertura sin residuo. Es importante señalar que el rendimiento de

haba no se ve afectado por el fertilizante nitrogenado suplementado en la fase del cultivo de cebada del año anterior de la rotación. Finalmente, el rendimiento de pasto ( $t\ ha^{-1}$  corte<sup>1</sup>), se incrementa en un 3% y 29% con la cobertura con residuos y el uso del nitrógeno en comparación con el rendimiento de la cobertura sin residuo y el no uso del nitrógeno (Tabla 2).

## 5.2. En los costos y beneficios de los cultivos en rotación

El beneficio bruto, costo total y beneficio neto en dólares por hectárea ( $USD\ ha^{-1}$ ) promedios, que van a obtener los productores por el establecimiento de la rotación de los cultivos de papa, avena-vicia, cebada, haba y pasto con prácticas de agricultura de conservación, se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3. Promedios de beneficio bruto, costo total y beneficio neto en  $USD\ ha^{-1}$  de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.**

Factores	Costos y Beneficios en $USD\ ha^{-1}$		
	Beneficio Bruto	Costo Total	Beneficio Neto
<b>Conservación:</b>			
Sin zanjas	10366	5119 a	5426
Con zanjas	10785	4941 b	5666
<b>Labranza:</b>			
Convencional	10158 b	5146 a	5013 b
Reducida	10993 a	4914 b	6079 a
<b>Cobertura:</b>			
Sin residuo <sup>1</sup>	10067 b	5027	5041 b
Con residuo <sup>2</sup>	11084 a	5033	6051 a
<b>Nitrógeno</b>			
Sin nitrógeno	10184 b	4921 b	5236 b
Con nitrógeno	10967 a	5139 a	5829 a

<sup>1</sup> Se corta la planta de los cultivos en rotación y se saca de la superficie del suelo.

<sup>2</sup> Se corta la planta de los cultivos en rotación y se deja en la superficie del suelo.

<sup>a, b</sup> Rendimientos son diferentes estadísticamente entre niveles de factores.

El mejor beneficio bruto (USD ha<sup>-1</sup>) se obtiene con la labranza mínima que es superior en 8% en relación a la labranza convencional; la cobertura con residuos presenta un incremento de 10% en relación a la cobertura sin residuos; y la fertilización con nitrógeno obtiene un incremento de 8% en relación al no uso de nitrógeno. El costo total (USD ha<sup>-1</sup>) se disminuye por la cobertura con residuos en 5%, en comparación con la cobertura sin residuos; en cambio, el uso de la conservación con zanjas y nitrógeno, incrementan el costo total (USD ha<sup>-1</sup>) en un 4%, en comparación con la conservación sin zanjas y el no uso de nitrógeno. El beneficio neto (USD ha<sup>-1</sup>) se ve mejorado por la labranza reducida, la cobertura con residuos y el uso de nitrógeno, debido a que se incrementa en un 21%, 20% y 11%, en relación a la labranza convencional, la cobertura sin residuos, y el no uso de nitrógeno, respectivamente (Tabla 3).

### 5.3. En la disponibilidad de los nutrientes del suelo

La disponibilidad de los nutrientes del suelo no se evaluó en la rotación de cultivos papa-avena vicia-cebada-haba-pastos, sino únicamente en los cultivos de papa, avena vicia y cebada. Se evaluaron las variables de materia verde y nutrientes del suelo como N, P, K, Ca, Mg y S, retenidos y reciclados.

Los resultados muestran que dejando los residuos de estos cultivos en el suelo se puede conseguir una retención y reciclaje neto de más de 5000 kg ha<sup>-1</sup> de materia verde al suelo en el sistema de AC, en comparación con una pérdida neta de materia verde de más de 15000 kg ha<sup>-1</sup> en el sistema convencional (Gallagher *et al.*, 2017).

Cuando los residuos de papa, cebada y avena-vicia se dejan en la superficie del suelo, más de 353 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) se pueden reciclar al suelo en el transcurso de la rotación; los mayores aportes de nutrientes reciclados en el suelo vienen del cultivo de avena-vicia que se utilizó como cultivo de cobertura (Tabla 4). El N y K superan los 120 kg ha<sup>-1</sup> reciclados, mientras que los otros nutrientes tienen un saldo positivo entre 6 y 44 kg ha<sup>-1</sup>. Con el sistema convencional, donde se retiran los residuos de cultivos, más de 623 kg ha<sup>-1</sup> de nutrientes se remueven o se eliminan del suelo en el transcurso de la rotación. El N y K superan los 240 kg ha<sup>-1</sup> removidos, mientras que los otros nutrientes varían entre 18 y 47 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 4).

**Tabla 4. Nutrientes en kg ha<sup>-1</sup> reciclados en el suelo con los cultivos de papa, avena-vicia y cebada en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar-Ecuador.**

Nutriente	Agricultura de Conservación	Convencional
N	123*	-260**
P	6	-26
K	158	-243
Ca	44	-47
Mg	14	-29
S	8	-18
<b>Total</b>	<b>353</b>	<b>-623</b>

Fuente: Gallagher *et al.*, 2017.

\* Los valores positivos indican nutrientes devueltos al suelo

\*\* Los valores negativos indican nutrientes removidos del sistema.



# MÓDULO 06

## ¿Por qué adoptar las prácticas de agricultura de conservación?

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



sembramos  
*Futuro*

*Lenín*



## ¿Por qué adoptar las prácticas de agricultura de conservación?

### 6.1. Porque promueven el rendimiento de los cultivos

La adición constante de carbono orgánico al suelo a través de los procesos de mineralización de los residuos vegetales de los cultivos y de la avena-vicia en la superficie del suelo, proporciona mejores rendimientos en los cultivos en rotación, preserva y fomenta el equilibrio de la materia orgánica en el suelo, y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La cobertura con residuos resulta ser una práctica de AC que produce beneficios agronómicos positivos, mejorando la productividad de los cultivos, el reciclaje de macro y micro nutrientes, el estado del suelo, y la eliminación de malezas y plagas (Delgado *et al.*, 2019; Delgado *et al.*, 2002); por lo tanto, en lugar de explotarlos para la alimentación animal sería importante reciclarlos para mantener la fertilidad y productividad de los suelos andinos.

Se debe adoptar, entonces, la labranza reducida, mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, y fertilizar con nitrógeno, debido a que estos contribuyen a incrementar los rendimientos de papa, avena-vicia, cebada, haba y pasto, en comparación con aquellas prácticas en donde se hace labranza convencional, no se mantiene una cobertura del suelo con residuo y no se aplica nitrógeno.

### 6.2. Porque promueven mejores beneficios y disminuyen los costos

Los mejores beneficios bruto y neto en USD ha<sup>-1</sup> por ciclos de cultivo en rotación se consiguen al realizar labranza reducida, mantener el suelo con residuos y con el uso de nitrógeno. La labranza reducida y la cobertura con residuo, permiten disminuir los costos totales en USD ha<sup>-1</sup> en comparación al uso de labranza convencional y cobertura sin residuos, mismos que están influenciados por la menor utilización de mano de obra al transcurrir los años de rotación de cultivos. Si bien el costo total en USD ha<sup>-1</sup> se incrementa con el uso de nitrógeno, este se ve recompensado con los mejores beneficio bruto y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> alcanzados cuando este es aplicado al cultivo de cebada que produce más y, por consiguiente, produce mayores ganancias.

### 6.3. Porque promueven el mejoramiento de nutrientes del suelo

La retención de residuos de cosecha y los residuos de cultivos de cobertura en el campo en lugar de cosecharlos para forraje animal, son positivos para el reciclaje de nutrientes; la cobertura con avena-vicia como cultivo de cobertura, promueve la acumulación de materia orgánica y niveles más altos de N orgánico, que son fácilmente asimilables por las plantas. Se debe reconocer que es difícil señalar la contribución exacta que la retención de residuos y los cultivos de cobertura inciden en la productividad de los cultivos, pero ciertamente mejora la disponibilidad de nutrientes, la humedad del suelo y la eliminación de malezas y otras plagas.



# MÓDULO 07

## Consideraciones sobre las prácticas de agricultura de conservación

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



*Lenín*



## Consideraciones sobre las prácticas de agricultura de conservación

La investigación sobre las “Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y sostenibilidad del sistema de producción papa-pastos en la microcuenca del río Illangama, Ecuador”, desarrollada durante un período de cinco años, muestra un beneficio positivo en los rendimientos en  $t\ ha^{-1}$  de los cultivos en rotación (papa, avena-vicia, cebada, haba y pasto), en el beneficio neto en USD  $ha^{-1}$  y los contenidos de nutrientes en el suelo.

El uso de la labranza reducida y retención de residuos en el suelo, en donde se incluye el cultivo de cobertura avena-vicia, mejoran en gran medida el contenido y el reciclaje de nutrientes, mismo que se ve reflejado en el incremento del rendimiento de los cultivos, en comparación con la práctica convencional del productor. Estas prácticas protegen a los suelos de una erosión eminente, bajo las condiciones de los suelos de esta microcuenca, considerados de alta vulnerabilidad.

Los beneficios en el reciclaje de nutrientes que los productores pueden obtener cuando dejen en la superficie del suelo los residuos de cosecha y cultivos de cobertura como la avena-vicia son notorios, sin embargo, esto representa un sacrificio en términos económicos debido a que no van a disponer de forraje para los animales. Será importante, que los productores vayan dedicando poco a poco un porcentaje de estos residuos y cultivos de cobertura para reciclarlos en el suelo, caso contrario en el mediano plazo, los nutrientes de esos suelos se verán disminuidos ostensiblemente y menos productivos. Si finalmente remueven los residuos de los cultivos, las prácticas de labranza reducida y aplicación de nitrógeno a los cultivos, contribuirán a mejorar los rendimientos, reducir la erosión de los suelos y mantener su productividad y mejorar la capacidad para adaptarse al cambio climático.

Aunque los productores son conscientes de los beneficios ambientales de las prácticas de AC, las consideraciones económicas son los principales motores para adoptar estas prácticas o no; por lo que, el incremento en el beneficio bruto y neto, y disminución en el costo de producción que representan las prácticas de AC en comparación con las prácticas convencionales del productor, van a ser motivadores para su adopción. Estas innovaciones en AC mejoran la sostenibilidad de los sistemas de cultivos y también generan beneficios fuera de la finca en forma de reducción de la erosión y por ende mejora en la calidad del agua de la microcuenca.

Las prácticas de AC estudiadas son alternativas que los productores de la microcuenca y la Región Andina del Ecuador ya podrían usar para incrementar sus ingresos económicos, la productividad de sus cultivos y la sostenibilidad de sus sistemas. Con adaptaciones limitadas, estas prácticas podrían beneficiar a casi 200000 fincas ecuatorianas ubicadas en esta Región o entornos similares, al ayudar a los productores a adaptarse a un clima cambiante y ayudando a garantizar la seguridad alimentaria futura en la región con la implementación de prácticas de gestión más sostenibles y económicamente viables.



# MÓDULO 08

Abstract

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



*Lenín*



## Abstract

Climate change is affecting small farm agriculture in the Andean region of Ecuador. This region is dominated by farm areas with fragile cropping systems at high risk of unsustainable degradation. This elevated risk is caused by high levels of soil erosion in steep slopes, inappropriate soil management practices, and frequent fallow periods. We conducted studies in the watershed of the Illangama River about the potential use of conservation agriculture in potato-forage systems. About 70 to 90% of farmers in this region rely on agricultural production as their main source of income. Seventy-five percent of the population is poor, with an income of USD 160 to 240 dollars per month (INEC, 2019; Barrera *et al.*, 2012). About 14% of the population is illiterate and about 50% has completed primary education, with an average of 3 years of studies (Barrera *et al.*, 2012; INEC, 2019). Typical farms in the region cover a range of 3 to 5 hectares and are owned by the farmers. Development of viable and sustainable farming systems is key for this Andean region of Ecuador. We conducted studies over a period of five years assessing the potential use of conservation agriculture on a potato, barley, fava bean, and pasture rotation. Among the different practices that were studied were surface water deviation ditches, reduced tillage, residue retention, and application of nitrogen. This publication is an official document of INIAP, an agency of Ecuador's government. This technology transfer document is about the results of these studies, which found that improved conservation practices are achieved with conservation agriculture for this Andean region of Ecuador. We found that conservation agriculture best management practices increased the return of nutrients such as nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sulfur (S) to the soils compared to traditional practices. Additionally, we also found that the erosion potential was significantly reduced with conservation agriculture. The use of conservation agriculture as best management practices has a positive impact on the net income for the farmers in this region, and if adapted with minimal modifications, it could potentially benefit 200000 farmers in the Andean region of Ecuador. Conservation agriculture practices contribute to increased yields and net economic returns in this rotation while increasing nutrient cycling, reducing erosion, and increasing the sustainability of these systems and capacity to adapt to a changing climate.



# MÓDULO 09

## Summary

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



## Summary

Due to the great challenges that a changing climate is creating in the Andean region of Ecuador, it is important to develop new agricultural management practices that can be used to adapt to these imminent threats. Traditional agriculture in this region will need to change to sustain the use of these fragile cropping systems in Ecuador. Achieving viable and sustainable agricultural systems in this region will require maintaining an equilibrium between agricultural production needs and environmental protection. In general, agriculture in this region is characterized by low productivity levels, mainly due to poor soil management practices that contribute to a high erosion potential and to the degradation of the soil resource, which contributes to lower incomes for farmers in the region and even to abandonment of the degraded lands.

Confronting this reality, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a research organization in Ecuador, established a strategic cooperation with Virginia Tech University and the USDA Agricultural Research Service in 2010 to conduct research and develop agricultural management practices for soil and water conservation to contribute to improved soil health by applying these conservation concepts, which are the basic principles of conservation agriculture: 1) minimum soil disturbance, 2) covering the soil, and 3) crop rotation. These studies were conducted at the subwatershed of the Illangama, which is part of the watershed of the Chimbo river in the province of Bolívar, where soil erosion can be up to 40 to 50 t ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup>. This high erosion rate contributes to degradation of cropping systems in these regions and negatively impacts lowlands in Ecuador where every year millions of dollars of losses occur due to flooding and sedimentation.

We studied the principles of conservation agriculture, examining the effects of surface water deviation ditches, reduced tillage, residue retention, and application of nitrogen. It is important to transfer the technologies that were developed from these studies for these regions using technology transfer documents such as this one, which can be used to reach users of information such as farmers, consultants, university professors, researchers, and other users involved in the agricultural sector and related sectors such as natural resources conservation. It is also important to transfer these technologies to benefit these agricultural sectors in some of the poorest areas of Ecuador such as the Andean region. Conservation agriculture practices contribute to increased yields and net economic returns in this rotation while increasing nutrient cycling, reducing erosion and increasing the sustainability of these systems and capacity to adapt to a changing climate.



# MÓDULO 10

## Bibliografía citada

INSTITUTO NACIONAL DE  
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



## Bibliografía citada

- Alwang, J.; Norton, G.; Barrera, V.; Botello, R. 2013. *Conservation Agriculture in the Andean Highlands: Promise and Precautions*. In S. Mann (ed.), *The Future of Mountain Agriculture*, Springer Geography, DOI: 10.1007/978-3-642-33584-6\_3.
- Barrera, V.; Delgado, J.; Alwang, J.; Escudero, L.; Cartagena, Y.; Domínguez, J.; D'adamo, R. 2019. *Conservation Agriculture Increases Yields and Economic Returns of Potato, Forage, and Grain Systems of the Andes*. Published in *Agron. J.* 111:2747–2753 (2019) doi:10.2134/agronj2019.04.0280.
- Barrera, V.; Escudero, L.; Alwang, J.; Andrade, R. 2012. *Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands*. *Agricultural Sciences*. Vol. 3, No. 5, 768-779 (2012).
- Delgado, J.; Barrera, V.; Escudero, L.; Cartagena, Y.; Alwang, J.; Stehouwer, R.; Arévalo, J.; D'Adamo, R.; Domínguez, J.; Valverde, F.; Alvarado, S. 2019. *Conservation Agriculture Increases Profits in an Andean Region of South America*. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. Doi:10.2134/age2018.10.0050.
- Delgado, J.; Follett, R. 2002. *Carbon and nutrient cycling*. *J. Soil Water Conserv.* 57:455–464.
- Gallagher, R.; Stehouwer, R.; Barrera, V.; Alvarado, S.; Escudero, L.; Valverde, F.; Portilla, A.; Domínguez, J. 2017. *Yield and nutrient removal in potato-based Conservation Agriculture cropping systems in the high altitude Andean region of Ecuador*. Published in *Agron. J.* 109:1-13(2017).
- INEC. 2019. *Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito, Ecuador.



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

2020



@INIAPECUADOR



@agroinvestigacionecuador

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)  
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito - Ecuador  
Edificio MAG-Piso 4 E-mail: [iniap@iniap-ecuador.gob.ec](mailto:iniap@iniap-ecuador.gob.ec)  
Teléfono: 593-2- 256 7645  
Correo electrónico: [iniap.@iniap.gob.ec](mailto:iniap.@iniap.gob.ec) [www.iniap.gob.ec](http://www.iniap.gob.ec)

ISBN: 978-9942-22-498-9



9 789942 224989