



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias Naturales  
Artículo de investigación

***Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador.***

***Feasibility of adopting a located irrigation system in rural communities of Ecuador.***

***Viabilidade da adoção de sistemas de irrigação localizada em comunidades rurais no Equador.***

Cristian Santiago Tapia Ramírez<sup>I</sup>  
[cristians.tapia@esPOCH.edu.ec](mailto:cristians.tapia@esPOCH.edu.ec)  
<http://orcid.org/0000-0003-2104-5972>

Daniel Arturo Román Robalino<sup>II</sup>  
[daniel.roman@esPOCH.edu.ec](mailto:daniel.roman@esPOCH.edu.ec)  
<http://orcid.org/0000-0001-9172-3201>

Edmundo Danilo Guilcapi Pacheco<sup>III</sup>  
[eguilcapi@esPOCH.edu.ec](mailto:eguilcapi@esPOCH.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5072-1437>

Karla Milena González Valdez<sup>IV</sup>  
[kgonzalez@yachaytech.edu.ec](mailto:kgonzalez@yachaytech.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6943-8823>

David Fernando Granja Guato<sup>V</sup>  
[dgranja@yachaytech.edu.ec](mailto:dgranja@yachaytech.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0007-6438-2844>

**Correspondencia:** [cristians.tapia@esPOCH.edu.ec](mailto:cristians.tapia@esPOCH.edu.ec)

\***Recibido:** 25 enero de 2023 \***Aceptado:** 12 de febrero de 2023 \* **Publicado:** 15 de marzo de 2023

- I.** Ingeniero Agrónomo, Máster en Riego y Drenaje, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II.** Ingeniero Agrónomo, Máster en Agricultura Sustentable, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III.** Ingeniero Agrónomo, Magíster en Biodiversidad y Recursos Genéticos, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- IV.** Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial, Máster en Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos, Escuela de Ciencias de la Tierra, Energía y Ambiente, Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Urcuquí, Ecuador.
- V.** Ingeniero en Geología, Máster Universitario en Geofísica y Meteorología, Escuela de Ciencias de la Tierra, Energía y Ambiente, Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay, Urcuquí, Ecuador.

## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

### Resumen

La adopción de sistemas de riego por goteo está condicionada por factores climáticos, edáficos y socio ambientales, así como el nivel tecnológico de los productores, la implementación de este sistema redundará en un ahorro significativo de agua, reducción de la afectación del suelo por sales y aumento de los rendimientos. Para ello se evaluó la factibilidad de implementar un sistema de riego por goteo con productores de la localidad de Nuevo Bilbao, en la provincia de Chimborazo, Ecuador, para el riego de los rubros tomate, frijol, pepino y pimentón. Para evaluar la aptitud de las tierras con fines de riego, se adaptó la metodología de evaluación de tierras de la FAO, evaluando las cualidades: tamaño de la unidad de producción, tenencia de la tierra, disponibilidad de agua, calidad de agua, riesgo de salinización y riesgos de lixiviación, estableciendo aptitudes que van desde no apta (A4) hasta Apta (A1).

Los resultados de la evaluación muestran que los 4 cuatro usos evaluados, tomate, pimentón, pepino y frijol resultaron moderadamente aptos (A2) para la adopción del sistema de riego, a pesar de no poseer limitaciones climáticas ni de agua. Sin embargo, las unidades de tierra estudiadas presentaron una aptitud baja (A4) en referencia al bajo nivel tecnológico de los productores evaluados, así como para la calidad tamaño del predio, limitan la adopción de un sistema de riego con altas exigencias tecnológicas e inversión.

**Palabras clave:** Metodología; nivel tecnológico; recursos hídricos; riego; uso de la tierra.

### Summary

The adoption of drip irrigation systems is conditioned by climatic, soil and socio-environmental factors, as well as the technological level of the producers. The implementation of this system will result in significant water savings, reduction of soil salinity and increased yields. To this end, the feasibility of implementing a drip irrigation system was evaluated with producers in the town of Nuevo Bilbao, in the province of Chimborazo, Ecuador, for the irrigation of tomatoes, beans, cucumbers and paprika. To evaluate the suitability of the land for irrigation purposes, the FAO land evaluation methodology was adapted, assessing the qualities: size of the production unit, land tenure,

## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

water availability, water quality, salinization risk and leaching risks, establishing aptitudes ranging from unsuitable (A4) to suitable (A1), the evaluation results show that the 4 uses evaluated tomato, paprika, cucumber and bean were moderately suitable (A2) for the adoption of the irrigation system, Despite not having climatic limitations, nor water limitations, however the evaluated land units presented a low aptitude (A4) in reference to the low technological level of the evaluated producers, as well as for the quality size of the property, limit the adoption of an irrigation system with high technological demands and high investment.

**Key words:** Irrigation; land use; methodology; technological level; water resources.

### Resumo

A adoção de sistemas de irrigação por gotejamento é condicionada por factores climáticos, edáficos e sócio-ambientais, bem como pelo nível tecnológico dos produtores; a implementação deste sistema resultará numa poupança significativa de água, numa redução da salinidade do solo e num aumento dos rendimentos. Para este efeito, foi avaliada a viabilidade da implementação de um sistema de irrigação por gotejamento com produtores na cidade de Nuevo Bilbao, na província de Chimborazo, Equador, para a irrigação de culturas de tomate, feijão, pepino e pimentão. Para avaliar a adequação da terra para fins de irrigação, foi adaptada a metodologia de avaliação da terra da FAO, avaliando as qualidades: dimensão da unidade de produção, posse da terra, disponibilidade de água, qualidade da água, risco de salinização e riscos de lixiviação, estabelecendo a adequação que vai desde imprópria (A4) até adequada (A1).

Os resultados da avaliação mostram que os quatro usos do solo avaliados, tomate, pimentão, pepino e feijão, foram moderadamente adequados (A2) para a adoção do sistema de irrigação, apesar de não terem restrições climáticas ou hídricas. Contudo, as unidades de terra estudadas apresentaram uma baixa adequação (A4) em referência ao baixo nível tecnológico dos produtores avaliados, bem como à qualidade da dimensão da propriedade, limitando a adoção de um sistema de irrigação com elevados requisitos tecnológicos e de investimento.

**Palavras-chave:** Metodología; nivel tecnológico; recursos hídricos; irrigação; uso do solo.

## Introducción

Los procesos de degradación de tierras como la desertificación y el cambio climático han conllevado a una expansión de las áreas con déficit de humedad (Cadilhac et al., 2017 & Ortiz et al., 2017; Fries et al., 2020), predominando cada día más tierras con limitaciones para la producción agrícola lo cual origina la implementación de sistemas de riego que puedan suplir las necesidades hídricas de los cultivos, este proceso de degradación es más notorio en las regiones tropicales, debido al uso intensivo de maquinaria, agroquímicos, deforestación y pastoreo (Aragón et al., 2018), no obstante la adopción de sistemas de riego implica una inversión económica y tecnológica para la cual muchos productores no están preparados, particularmente aquellos con nivel tecnológico bajo o con condiciones económicas precarias (Pérez et al., 2019).

El proceso de adopción de un sistema de riego es un proceso riguroso (Cisneros et al., 2018 & Cámara et al., 2019), donde se deben considerar parámetros del cultivo, requerimientos de agua, tamaño de la unidad de producción, tenencia de la tierra, acceso a las fuentes de agua y crediticio, parámetros físicos de suelo, así como factores inherentes a la cantidad y calidad de agua (Flores et al., 2017).

En las tierras secas, además del déficit hídrico existen problemas de salinidad y contaminación del suelo, por lo que deben adoptarse sistemas de riego que mitiguen esta situación, en este sentido el riego por goteo permite el ahorro del agua y el lavado de las sales, resultado ser más eficiente comparado con los sistemas por aspersión e inundación (Lucero et al., 2017 & Maraña et al., 2018).

Considerando los beneficios del riego por goteo, particularmente para su uso en cultivos hortícolas en predios de pequeña extensión, el objetivo de esta investigación fue evaluar la factibilidad de adopción de un sistema de riego localizado en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, provincia de Chimborazo basado en el estudio del uso actual de la tierra.



## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

corresponde a 1041,69 mm y la temperatura promedio en las zonas de influencia de la estación Pallatanga es de 18,1 °C.

### **Productores abordados en la investigación**

La población objetivo del presente proyecto, fueron 43 usuarios de riego, los cuales fueron discriminados por género en 34 hombres y 9 mujeres; quienes representan 43 familias agricultoras del predio de la Asociación de Productores “Nuevo Bilbao”, que se encuentran conformadas por un promedio de cuatro integrantes.

### **VARIABLES SOCIALES EVALUADAS**

Se realizaron encuestas a los 43 núcleos familiares donde se determinó: condición de la tenencia de la tierra, tamaño de la unidad de producción, descripción del tipo de uso de la tierra, producción agrícola actual; formas de comercialización y descripción de la cadena agro productiva. También se levantó información acerca de las características sociales como condición de vivienda, calidad de los servicios públicos y nivel de instrucción escolar.

### **Uso de la tierra**

La descripción de los usos de la tierra se realizó en base a la información levantada en campo a 43 productores del sistema de Riego Nuevo Bilbao, distribuidos en cuatro tipos de uso de la tierra: Pimentón dulce: (*Capsicum annum*) con 13 ha sembradas; frijol (*Phaseolus vulgaris*) con 1,3ha sembradas, tomate (*Solanum lycopersicum*) con 6 ha sembradas y pepino (*Cucumis sativus*) con 13ha sembradas en promedio el 100 % de los predios presentaban superficie menores a 2 ha, el sistema de manejo en todos los uso de la tierra evaluado fue convencional: caracterizado por: labranza convencional, control de plagas, malezas y enfermedades, mediante el uso de agroquímicos.

### **VARIABLES AMBIENTALES**



## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

Se caracterizaron los componentes edáficos e hídricos de la zona, cuyos procedimientos se describen a continuación:

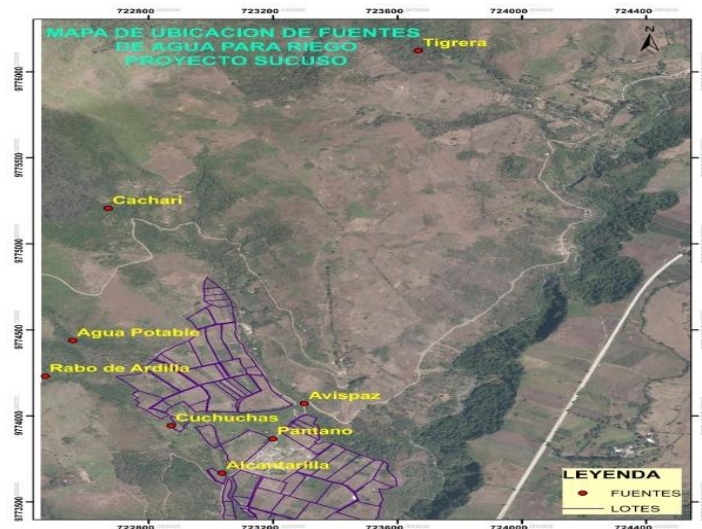
### Suelo

Para la identificar las características de los suelos del área del predio se realizó una zonificación del predio en dos zonas, en función de la topografía de la zona, tomando muestras a través de una transecta en las partes baja y alta del predio, Para la recolección de las muestras se tomaron siete submuestras para la determinación de densidad aparente, textura, infiltración y agua disponible, las mismas que fueron cuantificadas usando la metodología descrita por Pla 1983.

### Ubicación de las fuentes de agua

Se identificaron siete fuentes de agua, las cuales corresponden a: quebrada Cacharí; quebrada Tigrera; quebrada denominada Agua Potable; quebrada denominada Rabo de Ardilla; vertiente denominada Alcantarilla; vertiente denominada Avispas y Agua del Pantano y vertiente denominada cuchuchos (figura 2).

**Figura 2.** Ubicación de las fuentes de agua.



Fuente: Elaboración propia

## **Aforo de caudales disponibles y necesidades hídricas**

El aforo de caudales de cada una de las fuentes existentes se realizó considerando los meses de estiaje, las necesidades hídricas fueron determinadas en función de los valores de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), estos fueron calculados por la fórmula de Penman-Monteith (Allen et al., 2005) utilizando el programa CROPWAT 8,0 a partir de registros meteorológicos de la estación Pallatanga donde se obtuvo un valor de ET<sub>o</sub> mínimo de 2 mm d-1 (enero y mayo) y un valor máximo de 4,5 mm d-1. Para la determinación de la Evapotranspiración Máxima de los Cultivos (ETC) se utilizaron valores máximos ET<sub>o</sub> (4,5 mm d-1) y de Coeficiente de Cultivo (K<sub>c</sub>=1,15) a fin de poder cubrir las necesidades del cultivo en las épocas críticas, obteniéndose un valor de Evapotranspiración Máxima del Cultivo (ETC) de 5,18 mm día-1 Para determinar las necesidades totales de riego se ha considerado aplicar la Ecuación de Loo, Jarre y Vega (2013), obteniéndose una lámina de riego de 6 mm d-1.

## **Evaluación de calidad del agua**

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Servicios Ambientales. Se determinaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, sulfatos, Fosfatos, Nitratos, Cloro libre residual, Sodio, Magnesio, Hierro, Calcio, Bicarbonatos y Coliformes totales.

## **Evaluación de unidades de tierras**

Para evaluar la calidad de cada tipo de uso de la tierra se adaptó el sistema de evaluación de tierras propuesto por la FAO (FAO,1991), para su aplicación se realizó la ponderación de las características y cualidades evaluadas de acuerdo al siguiente criterio A1=1 punto, A2=0,80 puntos, A3=0,60 puntos y A4=0,40 puntos, así se consideró la aptitud de riego por goteo como apta > 0,8; moderadamente apta 0,6-0,8; poco apta 0,6-0,4 y no apta <0,4, de esta manera se definió la aptitud de cada predio para la adopción del sistema de riego por goteo.



## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

### Resultados

La primera cualidad evaluada fue la superficie cultivada cuyo resultado se presenta en la tabla 1, para esta cualidad se observa que el 100 % de los productores tiene una superficie disponible menor a 2ha de los cuales 28 % posee menos de 1ha, cuya calificación se ubica entre A3 y A4. A pesar de que los usos predominantes en la zona (tomate, pimentón, pepino y frijol) son de ciclo corto, superficies pequeñas no permitirán generar el suficiente margen de ganancia para recuperar la inversión inicial para la implementación del sistema de riego.

**Tabla 1.** Ponderación de cualidad superficie mínima cultivable (SMC) en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

Superficie cultivable (ha)	Nº De Productores	Porcentaje	Ponderación
0,1 a 1	12	28 %	A4
1 a 2	31	72 %	A3
2 a 5	0	0 %	A2
Total	43	100 %	

**Fuente:** Elaboración propia

Además, se evaluó el nivel de instrucción de los productores cuyos resultados y la ponderación se expresan en la tabla 2.

El 84 % de los productores posee una aptitud que comprende los rangos de A4 y A3, en la tabla 2 se identifican 70 % de los productores con aptitud de poco apta (A3) y 14 % con aptitud de no apta (A4), estos resultados indican que los productores no están capacitados técnicamente para el manejo de un sistema de riego por goteo que requiere de maniobras en el monitoreo de la salinidad del suelo, cálculo de la presión y caudal de riego, limpieza de las cintas de riego y dosificación del fertirriego.

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

**Tabla 2.** Nivel de instrucción en productores en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

	<b>Categorías</b>	<b>%</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Niveles de Instrucción</b>	Analfabeta	14	A4
	Básica	70	A3
	Bachillerato	16	A2
	Universitaria	0	A4

**Fuente:** Elaboración propia

Demin (2014), afirma que, si bien el riego por goteo necesita poca mano de obra, la misma debe ser altamente especializada para que comprenda el funcionamiento y mantenimiento del sistema, la comunidad bajo estudio no posee un nivel de formación técnico adecuado lo que podría conllevar a un manejo ineficiente del sistema.

Otra de las desventajas de este método es el requerimiento de una alta inversión inicial, por lo que superficies menores a 2ha podrían limitar la adopción del sistema de riego, considerando el tiempo para la recuperación de la inversión, no obstante experiencia en otras regiones de Latinoamérica han demostrado que el cambio de riego superficial a riegos por aspersión o goteo han incrementado la superficie sembrada, aumentado con ello la rentabilidad de las tierras agrícolas (Jägermeyr et al., 2015; Stenzel et al., 2021).

Después de evaluar las cualidades de nivel tecnológico se analizaron dos cualidades referidas a la disponibilidad y calidad de agua, así como riesgo de sequía. La primera cualidad evaluada fue la disponibilidad de agua, la cual fue cuantificada a través de parámetros de precipitación y caudal disponible. En la tabla 3 se presenta la ponderación propuesta para la evaluación de la cualidad disponibilidad de agua, para los cuatro usos de tierra evaluados en la zona.

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

**Tabla 3.** Disponibilidad de agua en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

Cualidad	Característica		A1	A2	A3	A4	VR
Disponibilidad de agua	Precipitación	Tomate	>70	50-70	30-50	<30	86,9
		Pimentón	>60	40-60	20-40	<20	86,9
		Frijol	>50	45-25	25-15	<15	86,9
		Pepino	>75	55-75	35-55	<35	86,9
	Caudal* (l s-1)	Tomate	>5.5	5.0-5.5	4.5-5	<4	6,00
		Pimentón	>5.0	4-5.0	3-4	<3	5,21
		Frijol	>5.5	5.0-5.5	4.5-5	<4.5	6,00
		Pepino	>5.0	5.0-5.5	4.0-4.5	<4	5,47

VR: valor de referencia obtenido en la zona

\*Valores de caudal máximos, obtenidos usando valores extremos de ETC (Allen, 2005)

**Fuente:** Elaboración propia

La disponibilidad de agua fue calificada como apta (A1) para la adopción del sistema de riego por goteo en cualquiera de los usos que se deseen implementar; si bien en la región, al ser una zona con precipitaciones moderadas, no presentan restricciones en cuanto a la disponibilidad de agua ya que una de las ventajas que ofrece este sistema es el ahorro de agua, en este sentido Solano et al., (2021) indican que esta tecnología se desarrolló para disminuir la evaporación directa del suelo y lograr el máximo control sobre el contenido de humedad en la zona más activa de la raíz, de esta forma se logra un ahorro considerable del agua para riego.

Posteriormente en la tabla 4, se presenta la ponderación propuesta para la evaluación de la calidad riesgo de sequía para los cuatro usos de tierra evaluados en la zona, la cual fue caracterizada a través

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

de los parámetros evaporación y evapotranspiración máxima del cultivo (ETC), en cada uno de los cultivos evaluados.

**Tabla 4.** Riesgo de sequía en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

Cualidad	Característica	A1	A2	A3	A4	VR
<b>Riesgo de sequía</b>	Evaporación (mm año <sup>-1</sup> )	Tomate <800	800-1200	1200-1500	>1500	750
	ETC (mm d <sup>-1</sup> )	Pimentón <700	700-1100	1100-1400	>1400	750
		Frijol <900	900-1300	1300-1600	>1600	750
		Pepino <600	600-1000	1000-1250	>1250	750
		Tomate <6	6-8	8-10	>10	5.18
	Pimentón <5	5-7	7-9	>9	4.50	
	Frijol <4,5	4,5-6	6-8	>8	5.18	
	Pepino <6,5	6,5-8,5	8,5-11	>11	4.73	

VR: valor de referencia obtenido en la zona

\*Valores extremos de ETC (Allen, 2005)

**Fuente:** Elaboración propia

Los valores de evaporación y ETC fueron calificados como A1, por lo que las pérdidas de agua, son considerados como bajos si se comparan con sistemas de producción ubicados en zonas semiáridas. Se ha determinado que los sistemas de riego por goteo disminuyen considerablemente las pérdidas de agua en comparación a sistemas de riego convencionales, esto coincide con lo señalado por Lucero et al, (2017), quienes al comparar tres sistemas de riego lograron reducir la evaporación mediante el riego por goteo subterráneo. Si bien, los agricultores de Nuevo Bilbao no poseen riego subterráneo podrían combinar el riego por goteo con el uso de acolchado, el cual ha sido una tecnológica exitosa para reducir las pérdidas por evaporación (Patané et al., 2011; Inzunza et al., 2017).

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

La última calidad evaluada fue calidad del agua, para lo cual se consideraron variables fisicoquímicas, estos parámetros se describen en la tabla 5.

**Tabla 5.** Calidad de agua en productores en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

	<b>Variable</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>VR</b>
	pH	6.5-8.4	5,5-6.0	5.5-6-0	<5,5 >8.1	7.74
	CE 1	<1000	1000-2000	2000-3000	>3000	307
	RAS	<5	5-10	10-15	>15	0,05
	Fosfato 2	<1.2	1.2-2.0	2-3	<3	0,71
	Nitratos 2	<30	30-50	50-70	>70	8,4
<b>Calidad del agua</b>	Cl. Residual 2	<105	105-150	150-200	>200	0,16
	Sulfato 2	<100	100-150	150-200	>200	28
	Carbonato 2	<0,10	0,10-0,30	0,30-0,50	>0,50	0,03
	Sodio 2	<70	70-130	130-180	>180	1.03
	Magnesio 2	<60	60-90	90-120	>120	10
	Bicarbonato 2	<40	40-60	60-80	>80	0,29
	Coliformes 3	<1000	1000-1200	1200-1500	>1500	12

VR: valor de referencia obtenido en la zona; unidades 1µS/cm 2 mg/l 3 UFC/100 ml

**Fuente:** Elaboración propia

Al evaluar la calidad del agua de todas las fuentes identificadas en la zona estas resultaron ser aptas (A1) al estar dentro de los límites permisibles en cada uno de los parámetros evaluados. El uso del agua de buena calidad minimiza los problemas como salinización del suelo (Betancourt-Aguilar, Tartabull-Puñale & Labaut-Betancourt, 2017), la cual afecta cultivos sensibles, alto contenido de

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

sodio que deteriora la estructura del suelo (Cantu-Medina et al., 2018) , valores altos de infiltración que conllevan a pérdidas por lixiviación (Siavosh & Arias, 2018) y presencia de metales pesados en el agua de riego, los cuales pueden conllevar a contaminación del suelo (Mancilla et al., 2017).

Finalmente se evaluaron las cualidades referidas a la parte edáfica, siendo la primera evaluada la referida a riesgos de lixiviación, cuya evaluación se observa en la tabla 6.

**Tabla 6.** Riesgos de lixiviación en unidades de tierra de productores en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

Característica	Unidad de tierra	A1	A2	A3	A4	VR
Textura	Zona alta	A	F-Fa	F-a	a	F
	Zona Baja	A	F-Fa	F-a	a	F
Infiltración	Zona alta	>6	6-4	4-2	<2	6,0
	Zona baja	<6.5	6-4,5	4.5-3	<3	7,0

VR: valor de referencia obtenido en la zona

**Fuente:** Elaboración propia

Las unidades de tierra al presentar textura franca tienen bajos riesgos de lixiviación (A2) lo cual se ve reflejado en los valores de infiltración, cuya calificación fue de A1. Los riesgos de lixiviación son de extrema importancia para la implementación de los sistemas de riego, dado que el bulbo de mojado quedaría muy alejado del sistema radical de las plantas, lo cual haría ineficiente la absorción de agua y nutrientes, disminuyendo los rendimientos, esto además aumentaría la cantidad de agua y fertilizante requeridos, incrementando los costos operativos, en casos extremos, la lixiviación llevaría a pérdidas de agua y de cualquier agroquímico aplicado por fertirrigación (del Carmen et al., 2020), lo que ocasiona un riesgo potencial de contaminación de los acuíferos.



Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

Dado que el manejo del suelo, especialmente en cultivos hortícolas y en zonas de pendiente, pueden conllevar a la degradación física del suelo, se evaluó la calidad de los riesgos de compactación, cuyos resultados se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7.** Riesgos de compactación en unidades de tierra en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador.

Característica	Unidad de tierra	A1	A2	A3	A4	VR
Textura	Zona alta	F-FA	Fa	FL	L	Franca
	Zona Baja	F-FA	Fa	FL	L	Franca
Densidad aparente	Zona alta	<1.3	1.3-1,4	1.4-1.5	>1.5	1,32
	Zona baja	<1.2	1.2-1,3	1.3-1.4	>1.4	1,23
Estructura	Zona alta	Blocosa	Gran.	Lam.	Pris-masiva	Granular
	Zona baja	Blocosa	Gran.	Lam.	Pris-masiva	Granular

VR: valor de referencia obtenido en la zona

**Fuente:** Elaboración propia

A pesar de las condiciones de pendiente y el sistema de manejo de hortalizas que ofrece escasa cobertura vegetal, los suelos presentan bajos riesgos de compactación al presentar una textura franca (A1), lo cual se refleja en valores óptimos de densidad aparente (A2) para la clase textural. Sin embargo, los riesgos de compactación fueron mayores en la zona alta debido a las condiciones de pendiente, estructura del suelo e impacto de la gota de lluvia. El riesgo de compactación se puede reducir con un incremento de la materia orgánica (Delgado-Londoño, 2017), aumento de la densidad de siembra (Huerta et al., 2012; Cairo-Cairo et al., 2017), rotación de cultivos (Rubio, 2018), implementación de sistemas de siembra directa (Rollán y Bachemeir, 2015), mecanización con tracción animal y obras de ingeniería para el control de erosión (Cotler et al., 2015).

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

Finalmente se evaluaron los riesgos de erosión considerando las condiciones de pendiente, baja cobertura vegetal y el impacto de las gotas de lluvia, los resultados de la evaluación se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8.** Riesgos de erosión en unidades de tierra del sistema de Riego Nuevo Bilbao en la provincia de Chimborazo, Ecuador.

Característica	Unidad de tierra	A1	A2	A3	A4	VR
<b>Pendiente</b>	Zona alta	<5	5-10	10-15	>15	8
	Zona Baja	<1	1-2	2-5	>5	1.5
<b>Densidad aparente</b>	Zona alta	<1.3	1.3-1,4	1.4-1.5	>1.5	1,32
	Zona baja	<1.2	1.2-1,3	1.3-1.4	>1.4	1,23
<b>Estructura</b>	Zona alta	Blocosa	Gran.	Lam.	Pris-masiva	Granular
	Zona baja	Blocosa	Gran.	Lam.	Pris-masiva	Granular

VR: valor de referencia obtenido en la zona

**Fuente:** Elaboración propia

La zona alta presenta moderados riesgos de erosión (A3) debido a las condiciones de pendiente, así como una mayor densidad aparente y peores condiciones estructurales, si bien el riego por goteo minimiza los riesgos de erosión es necesario el uso de materia orgánica, mayor densidad de siembra y uso de cobertura vegetal para minimizar el impacto de la gota de lluvia. Se ha comprobado que sistemas de riego combinados con las prácticas agroecológicas reducen considerablemente la erosión.

Una vez evaluadas todas las cualidades se realizó una valoración final de los cuatro usos de tierras estudiados cuyos resultados se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9.** Valoración de la aptitud de uso de la tierra en la asociación de productores agrícolas “Participación Social Nuevo Bilbao”, Provincia de Chimborazo – Ecuador para la adopción de riego por goteo.

## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

Cualidad	Zona alta	Zona baja
Superficie mínima cultivable	A4	A4
Nivel de instrucción	A4	A4
Disponibilidad de agua	A1	A1
Riesgo de sequía	A1	A1
Riesgos de lixiviación	A1	A1
Riesgo de compactación	A1	A1
Riesgos de erosión	A3	A1
Índice	0,77	0,80
Valoración final	A2	A2

VR: valor de referencia obtenido en la zona

**Fuente:** Elaboración propia

La valoración final de los usos evaluados refleja que las unidades de tierra estudiadas para los usos considerados, presenta una aptitud moderada debido a que existen condiciones climáticas adecuadas, precipitación y evaporación moderadas así como una fuente de agua en cantidad y calidad para la adopción del sistema de riego. No obstante debe trabajarse en el desarrollo de las competencias técnicas para la implementación del sistema, la adecuación de la unidad de siembra mínima para garantizar el retorno de la inversión y la minimización de los riesgos de degradación física y química, particularmente en la zona de mayor pendiente. Se aplicó un formulario estructurado para caracterizar tres dimensiones del producto: (1) social, (2) económica y (3) ambiental, relacionadas con la utilización de prácticas agrícolas (tabla 1).

## 1. Conclusiones

## Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

Los predios agrícolas ubicados en las unidades de tierra del sistema de riego Nuevo Bilbao son muy aptos para la implementación de un sistema de riego tecnificado en función de las cualidades disponibilidad y calidad del agua, al no presentarse restricciones para el riego de cultivos hortícolas.

La evaluación de las variables edáficas indica que no existen restricciones para el desarrollo de los usos de la tierra predominantes en el sistema de riego Nuevo Bilbao, al no presentarse limitaciones físicas, químicas, ni riesgos de erosión y lixiviación; no obstante, el tamaño promedio de los predios dificulta la recuperación de la inversión particularmente en este sistema de riego que requiere una alta inversión inicial para su implementación.

Las competencias técnicas y el grado de instrucción de los productores predominantes en el sistema de riego Nuevo Bilbao pueden dificultar el manejo eficiente de un sistema de riego, dado que este sistema de riego requiere maniobras altamente tecnificadas para el cálculo de presión, caudal y limpieza del sistema.

### 2. Referencias bibliográficas

- Allen, R. G. (2005). *Evapotranspiration: the FAO-56 dual crop coefficient method and accuracy of prediction for project-wide evapotranspiration*. Monografías INIA. Agrícola (España).
- Aragón., J., Albuja, M. y Bubano, E. (2018). Los sistemas de producción agrícola y su influencia en el cambio climático. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 4 (5), 1-11. <https://ephjournal.org/index.php/aer/article/download/752/509>
- Ayers, R. S. y Westcot, D. W. (1987). *Calidad del agua para la agricultura* (No. 04; S618. 45, A94.). Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Betancourt-Aguilar, C., Tartabull-Puñales, T., & Labaut-Betancourt, Y. (2017). El manejo integrado del agua en la agricultura: necesidad de implementación y aspectos vinculados. *Revista científica Agroecosistemas*, 5 (2), 40-54. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V. y Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 168-181. <https://doi.org/10.1080/23766808.2017.1328247>
- Cairo-Cairo, P., Reyes-Hernández, A., Aro-Flores, R. V. y Robledo-Ortega, L. (2017). Efecto de las coberturas en algunas propiedades del suelo. Finca La Morrocuya, Barinas, Venezuela. *Pastos y Forrajes*, 40(2), 127-134. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000200006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200006)
- Cámara, G., Cazzuli, F., Arbeletche, P. y De Hegedus, P. O. (2019). Los productores ganaderos que adoptan riego. *Agrociencia Uruguay*, 23(2), 1-13. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.23.82>
- Cantu-Medina, F. G., Ventura-Houle, R., Heyer-Rodríguez, L., & Guevara-García, N. (2018). Calidad de agua para riego agrícola en el agua subterránea de la zona árida del suroeste de Tamaulipas, México. *AGROProductividad*, 11(1), 56-62. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320020.pdf>
- Cisneros-Zayas, E., Espinosa-Valdera, A., López-Seijas, T. y Yumar, J., J. (2018). Evaluación del riego localizado por goteo en condiciones de producción del sur de Güira de Melena. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(4), 3-11. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/1024/1498>
- Cotler, H., Cram, S., Martínez Trinidad, S. y Bunge, V. (2015). Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera. *Investigaciones Geográficas (Mx)*, (88), 6-18. <https://doi.org/10.14350/rig.47378>
- del Carmen Rollán, A. A., Rossi, M. S., Caterina, G., & Bachmeier, O. A. (2020). Fertirrigación en el cultivo de olivo: efecto sobre las propiedades edáficas y la absorción de nutrientes. *Nexo agropecuario*, 8(2), 19-26. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/30013>

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

- Delgado-Londoño, D. M. (2017). Aplicación de enmiendas orgánicas para la recuperación de propiedades físicas del suelo asociadas a la erosión hídrica. *Lámpsakos*, 1(17), 77-83. <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.1907>
- Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. Ediciones INTA. 24 p.
- FAO. Agriculture Organization of the United Nations. Soil Resources, Management, & Conservation Service. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing* (No. 58). Food & Agriculture Org, Roma, Italia, 158pp
- Flores Lázaro, N., Saldivar Valdez, A., Hernández Madrigal, V. M. & Pérez Veyna, O. (2017). Valoración del agua de riego agrícola en el valle de Zamora, Michoacán, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 811-823. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v8i4.9>
- Fries, A., Silva, K., Pucha-Cofrep, F., Oñate-Valdivieso, F., & Ochoa-Cueva, P. (2020). Water balance and soil moisture deficit of different vegetation units under semiarid conditions in the andes of southern Ecuador. *Climate*, 8(2), 30. doi:10.3390/cli8020030
- Huerta Olague, J. D. J., Ríos Berber, J. D., Oropeza Mota, J. L., Martínez Menes, M. R., Guevara Gutiérrez, R. D., Ramírez Ayala, C. y Velázquez Mendoza, J. (2012). Efecto del sistema radical de cuatro cultivos en la erosión del suelo. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 271-278. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792012000300271&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792012000300271&script=sci_arttext)
- Inzunza-Ibarra, M. A., Catalán-Valencia, E. A., Villa-Castorena, M., López-López, R. y Sifuentes-Ibarra, E. (2017). Respuesta del tomate a tipos de acolchado Plástico y niveles de riego con cinta. *Rev. Fitotec. Mex.*, 40 (1), 9-16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61051194002>
- Jägermeyr, J., Gerten, D., Heinke, J., Schaphoff, S., Kummu, M. y Lucht, W. (2015). Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of processes and linkages. *Hydrology &*



Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

Earth System Sciences, 19(7). [www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/19/1/2015/doi:10.5194/hessd-19-1-2015](http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/19/1/2015/doi:10.5194/hessd-19-1-2015)

Loor Ponce, J. I., Jarre Cedeño, C. A., & Vega Ponce, E. C. (2010). *Bases técnicas para el riego presurizado* (No. 631.587 L863b). Dreams Magnet.

Lucero-Vega, G., Troyo-Diéguéz, E., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Ruíz-Espinoza, F. H., Beltrán-Morañes, F. A. y Zamora-Salgado, S. (2017). Diseño de un sistema de riego subterráneo para abatir la evaporación en suelo desnudo comparado con dos métodos convencionales. *Agrociencia*, 51(5), 487-505. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000500487&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952017000500487&script=sci_arttext).

Mancilla Villa, O. R., Fregoso Zamorano, B. E., Hueso Guerrero, E. J., Guevara Gutiérrez, R. D., Palomera García, C., Olgúin López, J. L., ... y Flores Magdaleno, H. (2017). Concentración iónica y metales pesados en el agua de riego de la cuenca del río Ayuquila-Tuxcacuesco-Armería. *Idesia (Arica)*, 35(3), 115-123. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000303>

Maraña Santacruz, J. Á., Castellanos Pérez, E., Vázquez Vázquez, C., Martínez Ríos, J. J., Trejo Escareño, H. I., Gallegos Robles, M. Á. y Orona Castillo, I. (2018). Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 345-354. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000303>

Ortiz-Paniagua, C. F. y Pérez, B. F. (2017). Migración, deterioro ambiental y cambio climático: hacia un modelo bajo la perspectiva del análisis regional. *Acta Universitaria*, 27(Esp. 1), 46-58. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41654513005.pdf>

Patané, C., Tringali, S. y Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590-596. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.030>

---

Factibilidad de adopción de sistemas de riego localizado en comunidades rurales del Ecuador

---

- Pérez Magaña, A., Macías López, A., & Gutiérrez Villalpando, V. (2019), Social and technological state of the management of irrigation water in Puebla, Mexico, *Acta universitaria*, 29, e2114, Epub 15 de enero de 2020. <https://dx.doi.org/10.15174/au.2019.2114>
- Rollán, A. A. D. C. y Bachmeier, O. A. (2015). Efecto de la siembra directa continúa sobre el comportamiento físico-funcional de los suelos franco limosos de la región semiárida central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Terra Latinoamericana*, 33(4), 275-284. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792015000400275&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792015000400275&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Rubio Dellepiane, V., Gama Roldán, D., Pérez Bidegain, M. and Quincke, A. (2018). Evaluation of the Least Limiting Water Range for a Typic Argiudoll under Different Intensities of Agricultural Use. *Agrociencia Uruguay*, 22(1), 107-115. <http://dx.doi.org/10.31285/agro.22.1.11>
- Solano, J. L. C., Urdaneta, A. B. S., de Ortega, C. B. C., Vásquez, E. R., & Alcalá, J. O. (2021). Impacto del riego por goteo subsuperficial en la eficiencia de uso del agua en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(1), 49-57. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/450>
- Stenzel, F., Greve, P., Lucht, W., Tramberend, S., Wada, Y., & Gerten, D. (2021). Irrigation of biomass plantations may globally increase water stress more than climate change. *Nature communications*, 12(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21640-3>

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).