

## **Efecto de tres tipos de riego en la erosión del suelo en cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp*) cantón Milagro provincia del Guayas**

### **Effect of three types of irrigation on soil erosion in sugar cane cultivation (*Sacharum spp*) Milagro canton Guayas province**

Irene Eloiza Naranjo Murillo<sup>1</sup>; Paola Gabriela Fajardo Espinoza<sup>2</sup>;  
Edwin Alberto Cantos Sánchez<sup>3</sup>; Alexandra Aracely Navarrete Cornejo<sup>4</sup>  
{[inaranjo@uagraria.edu.ec](mailto:inaranjo@uagraria.edu.ec); [pfajardo@uagraria.edu.ec](mailto:pfajardo@uagraria.edu.ec);  
[ecantos@uagraria.edu.ec](mailto:ecantos@uagraria.edu.ec); [anavarrete@uagraria.edu.ec](mailto:anavarrete@uagraria.edu.ec)}

**Fecha de recepción:** 11 de junio de 2021 – **Fecha de aceptación:** 7 de julio de 2021

**Resumen:** La demanda de agua en Ecuador, así como en el resto del mundo se concentra en el sector agrícola. La zona de caña de azúcar (*Sacharum sp*) en Carrizal se riega por aspersión, surco e inundación acompañada de quema de la planta en la etapa de corte provocando pérdida de la capa orgánica, para ello se realizó el diagnóstico en las áreas de posible erosión del suelo causada por el riego, así como determinar en el laboratorio las propiedades físicas como humedad, densidad aparente, macroporosidad, infiltración y químicas; materia orgánica y pH del suelo, además de establecer con la aplicación de fórmula la erosibilidad del suelo. La investigación fue exploratorio, descriptiva y diagnóstica, los métodos de análisis y síntesis, deductivo e inductivo, las variables determinación de los parámetros físicos del suelo mediante, la Sustentabilidad de la finca zona riego por inundación, aspersión y surco el rango fue de bajo a medio. En cuanto a las propiedades físicas riego por aspersión: la textura del suelo contiene 76% de arena, 16% de limo y 8% de arcilla, riego por surco: la textura de este suelo contiene 48% de arena, 20% de limo y 32% de arcilla, riego por inundación: la textura de este suelo contiene 44% de arena, 18% de limo y 38% de arcilla en la porosidad el suelo franco arenoso retiene 35 cc, el suelo franco arcilloso retiene 150 cc y el suelo franco arcillo arenoso retiene 65 cc, aplicando la fórmula de erosibilidad los suelos no están erosionados.

**Palabras clave** — *Caña de azúcar, diagnóstico, erosión, riego e infiltración.*

<sup>1</sup>Ingeniera Agrónoma.  
Universidad Agraria del Ecuador.

<sup>2</sup>Ingeniera Agrónoma, Magíster en Agroecología y Agricultura Sostenible.  
Universidad Agraria del Ecuador.

<sup>3</sup>Ingeniero Agrónomo, Magíster en Sistemas Integrados de Gestión.  
Universidad Agraria del Ecuador.

<sup>4</sup>Ingeniera Agrónoma, Magíster en Agroecología y Agricultura Sostenible  
Universidad Agraria del Ecuador.

#### **Cómo citar:**

Naranjo Murillo, I. E., Fajardo Espinoza, P. G., Cantos Sánchez, E. A., & Navarrete Cornejo, A. A. (2021). Efecto de tres tipos de riego en la erosión del suelo en cultivo de caña de azúcar (*Sacharum spp*) cantón Milagro provincia del Guayas. Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación, 5(40), 1-10. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss40.2021pp1-10>

**Abstract:** Water demand in Ecuador as well as in the rest of the world is concentrated in the agricultural sector. The area of sugar cane (*Sacharum sp*) in Carrizal is irrigated by spraying, furrowing and flooding accompanied by burning of the plant in the cutting stage causing loss of the organic layer, for which the diagnosis was made in areas of possible erosion of soil caused by irrigation, as well as determining in the laboratory the physical properties such as humidity, bulk density, macroporosity, infiltration and chemicals; organic matter and pH of the soil, in addition to establishing the application of soil erodibility formula. The investigation was exploratory, descriptive and diagnostic, the methods of analysis and synthesis, deductive and inductive, the variables determination of the physical parameters of the soil through, the Sustainability of the farm zone irrigation by flood, aspersion and furrow the range was from low to medium. In terms of physical properties sprinkler irrigation: the soil texture contains 76% sand, 16% silt and 8% clay, furrow irrigation: the texture of this soil contains 48% sand, 20% silt and 32% clay, flood irrigation: the texture of this soil contains 44% sand, 18% silt and 38% clay in the porosity the sandy loam retains 35 cc, the clay loam retains 150 cc and the soil franc sandy clay retains 65 cc, applying the erodibility formula soils are not eroded.

**Keywords** — *Sugarcane, diagnosis, erosion, irrigation and infiltration.*

## INTRODUCCIÓN

Centroamérica destina una parte importante de la superficie a la agricultura la que representa más del 50% de la superficie terrestre. Por otra parte, esta se caracteriza por ser una actividad intensiva en el uso del recurso hídrico. En Centroamérica el sector agrícola tiene, el 71% de la demanda total de agua al año seguido por el sector doméstico con un 16% del consumo total, mientras que el sector industrial demanda un 12%. Es importante distinguir entre el agua que es extraída y el agua que es consumida realmente de ahí que hasta el 90 por ciento del agua que es extraída para el suministro doméstico vuelve a los ríos y acuíferos como agua residual (FAO, 2008).

Lo anterior expuesto evidencia la importancia que tiene la utilización adecuada de los recursos hídricos y del suelo, en un contexto en que la búsqueda del desarrollo sostenible de las actividades productivas debería ser un eje central del quehacer de los gobiernos tanto locales como seccionales. En los países centroamericanos, los principales productos cultivados incluyen los granos básicos, café, banano y caña de azúcar, sin embargo debido a las tendencias nacionales e internacionales de la producción, en los últimos años los granos básicos han disminuido su participación en la estructura productiva del sector agrícola, la caña de azúcar y el banano se han expandido ligeramente mientras que el café ha mostrado un comportamiento relativamente estable (Murillo, 2003).

La demanda de agua en el Ecuador, así como en el resto del mundo se concentra en el sector agrícola. La superficie nacional cultivada es de 6,3 millones de hectáreas y la superficie potencial de riego es de 3,1 millones de hectáreas. Sin embargo, el sistema de riego que el estado ha construido desde los años sesenta tiene capacidad para regar 1,5 millones de hectáreas. Eso deja 600 mil subutilizadas, según la Subsecretaria de Riego y Drenaje del Ministerio de Agricultura y ganadería una de las razones para esta realidad es la falta de mantenimiento de la infraestructura de riego existente (MAGAP, 2018)

Para el riego en la zona de Carrizal se capta el agua de ríos como Carrizal, cuya caudal base disminuye de forma ostensible en los periodos secos, lo que ha generado en gran medida la necesidad de recurrir a fuentes permanentes como aguas subterráneas con perforación de pozos profundos

extrayendo agua de mejor calidad. También se produce inestabilidad geológica de consecuencia incalculable, el consumo oscila entre 1200 y 1500 mm por año, donde los valores más altos corresponden a zonas subtropicales con verano intensos que genera demanda evaporativa mayor que en las zonas tropicales (Salactsi, 2008).

## **METODOLOGÍA**

La investigación fue exploratoria y descriptiva en la cual se evaluó la erosión del suelo que está provocando el riego y otras actividades que se efectúan en cultivares de caña en el Sector Carrizal, Cantón Milagro, Guayas. Además, se describió el comportamiento del suelo cañero en relación a las variables propuestas, donde se evaluó mediante diagnósticos ambientales de qué manera el factor agua está afectando el suelo en los canteros de caña de azúcar.

Para conocer la problemática se utilizó información que proporcionó la estación meteorológica del INAMHI ubicada en el Cantón Milagro la cual indica que la humedad relativa es de 60 a 80% y la precipitación media de 1800 a 2300mm. Otro aspecto que se consideró fue el porcentaje de agricultores dedicados a este cultivo siendo un 30% de la población, de estos el 45% realizan riego por inundación, el 35% utilizan riego por surco, el 20% aplican riego por aspersión. Datos proporcionados por el Ingenio Valdez 2018.

Las variables analizadas fueron de tipo independiente como es la características físicas y químicas del suelo de caña de azúcar y de variable dependiente el tipo de riego, como fue el área de influencia directa. Siendo estas Identificación y valoración de impactos dentro de las cuales están: 1) Identificación de impactos. 2) Valoración de impactos. 3) Agregación de impactos / comparación. Esto se midió con la ayuda de la matriz propuesta por Olivera en el 2001, siendo los rangos 1: Sustentabilidad baja, 2: Sustentabilidad media, 3: Sustentabilidad alta. Los métodos aplicados fueron de análisis y síntesis el cual permitió interpretar los datos obtenidos en la aplicación de los métodos empíricos logrando obtener las conclusiones. Inductivo-deductivo, permitió efectuar las inferencias de los resultados obtenidos de cada objetivo en el orden individual y combinado; así como para orientar toda la información obtenida y determinar el estado actual del problema, como son sus causas y efecto en los resultados.

## **RESULTADOS**

Para el diagnóstico de las áreas de posible erosión del suelo causada por el riego, en la zona cañera del Recinto Carrizal del Cantón Milagro fue necesario realizar un levantamiento general de información del predio conociendo que el cultivo sembrado anterior fue maíz y arroz, a la actualidad es caña de azúcar que se viene sembrando desde el año 2007; la cosecha se efectúa luego de la quema, para el año 2018 en 10 Ha produjo de 13 a 14 toneladas, cada tonelada tiene un costo de 33 dólares.

Al realizar el análisis comparativo de los diferentes parámetros se puede verificar que en relación al desarrollo del cultivo de caña de azúcar la apariencia presenta una sustentabilidad de nivel dos siendo media, en cuanto al crecimiento del cultivo es poco denso de crecimiento pobre con nivel de sustentabilidad uno, cuando existen lluvias en exceso se recupera lentamente rango de

sustentabilidad dos, en relación a la incidencia de enfermedades la sustentabilidad es alta nivel 3, es una planta que se sobrepone a las malezas, se siembra en monocultivo y no se practica rotación con sustentabilidad baja rango uno.

En el análisis para conocer la sustentabilidad de la finca en relación a la diversidad genética alcanza un nivel tres, la diversidad vegetal uno, la diversidad vegetal circundante uno, en relación al sistema de manejo del cultivo es en monocultivo nivel de rango uno y por último en cuanto a la producción el nivel de rango es 1 bajo en promedios regionales.

Para analizar la sustentabilidad del subsistema según el tipo de cobertura, el suelo presenta un nivel 2 de retención de humedad, en cuanto a la cobertura del suelo nivel 1 prácticamente desnudo, de igual manera en la biología del suelo nivel 1, la mano de obra para realizar las labores del cultivo familiar nivel 2, reciclaje de rastrojo nivel 1, fuente alternativa de energía que utiliza biomasa nivel 1.

En cuanto al análisis de la sustentabilidad de la finca para conocer sobre la apariencia que presenta alcanza un nivel 2, en relación al crecimiento del cultivo nivel 2, en resistencia a estrés nivel 1, cuando hay sequía o en exceso de humedad, incidencia de enfermedades nivel 2, competencia por malezas nivel 2, asociación de cultivo nivel 1 monocultivo y en cuanto a rotación nivel 1, porque no se practica.

El área donde está sembrada la caña presenta diversidad genética nivel dos, la diversidad vegetal nivel uno, diversidad vegetal circundante nivel uno, sistema de manejo monocultivo nivel uno y en cuanto a la producción se encuentra en bajos promedios regionales nivel uno.

El suelo cuando es sometido a riego por aspersión la retención de humedad en el suelo es nivel dos, la cobertura del suelo y la biología es nivel uno, la mano de obra está compuesta por tres personas nivel dos, no se practica reciclaje de rastrojo nivel uno, la fuente de energía que utiliza es proveniente del sol, agua, viento, biomasa nivel uno.

Para conocer la sustentabilidad de la finca se aplicó el siguiente diagnóstico basado en la apariencia del cultivo el cual presenta una sustentabilidad media de dos, en el crecimiento del cultivo rango bajo uno, en cuanto a resistencia a estrés rango dos, a incidencia a enfermedades rango dos, a competencias por malezas rango 2, no se presenta asociación otro cultivo, ni rotación con otro cultivo rango uno.

En relación a la diversidad genética de la finca se encuentra en nivel de sustentabilidad dos, la diversidad vegetal nivel, la diversidad natural circundante, el sistema de manejo del cultivo y la producción nivel uno.

La sustentabilidad de la finca en cuanto a la cobertura vegetal el suelo permanece seco en época seca la retención de humedad es nivel dos, la cobertura vegetal nivel uno, la biología del suelo nivel uno, la mano de obra es familiar nivel dos, el reciclaje nivel uno y fuente energía en solar nivel uno.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo, se realizó según el tipo de riego empleado de esta manera se determinó la textura del suelo:

- **Riego por aspersión:** La textura del suelo contiene 76% de arena, 16% de limo y 8% de arcilla.
- **Riego por surco:** La textura de este suelo contiene 48% de arena, 20% de limo y 32% de arcilla.
- **Riego por inundación:** La textura de este suelo contiene 44% de arena, 18% de limo y 38% de arcilla. Los análisis fueron realizados en laboratorios de suelo.

La humedad que presentó el suelo fue de 47% y la temperatura de 25.8°C.

Para conocer la macroporosidad, para suelo franco arenoso riego aspersión. Se pesa primero el recipiente el cual tiene 123,6 g luego se pesa el suelo el cual tiene 1800 gramos, restando el valor del

recipiente queda 1676,4 gramos de suelo seco, posteriormente se satura el suelo con agua aplicando 400 cc y se deja filtrar colocando un recipiente para recoger el agua el volumen infiltrado es de 365 cc al realizar la operación matemática, se dice que el suelo retiene 35 cc y quedando este en capacidad de campo.

**Para suelo franco arcillo-arenoso riego por surco:** En este proceso se utilizó el mismo recipiente el cual ya se conoce que tiene un peso 123,6 g, después se pesa el suelo 1800 gramos, restando el valor del recipiente queda 1676,4 gramos de suelo seco, luego se procede a saturar el suelo con agua aplicando 400 cc y se deja filtrar colocando un recipiente para recoger el agua el volumen infiltrado es de 335 cc al realizar la operación matemática, se dice que el suelo retiene 65 cc y quedando este en capacidad de campo.

**Para suelo franco arcilloso riego inundación:** En primer lugar se pesó el recipiente el cual tiene 123,6 g luego se pesa el suelo el cual tiene 1800 gramos, restando el valor del recipiente queda 1676,4 gramos de suelo seco, luego se procede a saturar con agua el suelo aplicando 400 cc y se deja filtrar colocando un recipiente para recoger el agua, el volumen infiltrado es de 250 cc al realizar la operación matemática, se dice que el suelo retiene 150 cc y quedando este en capacidad de campo.

En cuanto a la infiltración, en suelo franco arenoso sometido a riego por aspersión. Este proceso se lo realizó utilizando los anillos de acero para calcular la infiltración en suelo regado por aspersión, la lámina parcial la cual presentó un promedio de 1.07mm/hr y la lámina total un promedio de 4.4 mm/hr para un suelo franco arenoso.

**En suelo franco arcillo-arenoso sometido a riego por surcos:** En la lectura otorgada por el infiltrómetro en suelo sometido a riego por surcos, las láminas parciales alcanzan un total de 12,6 y un promedio de 1,4 mm/hr, y las láminas acumuladas en total de 45mm y un promedio de 5mm en 6,11 minutos en un lapso de 1 hora.

**Suelo franco arcilloso sometido a riego por inundación:** En esta variable los promedios en las láminas parciales de suelo regado por inundación alcanzaron un total de 12,2mm con un promedio de 1,35mm/h en cuanto que la lámina acumulada de agua presentó un total de 50,1mm y un promedio de 5,56mm por cada 6.11 minutos.

**Propiedades químicas del suelo:** para conocer el porcentaje de materia orgánica que presentan los suelos se observa que en el suelo que mantiene el riego por aspersión el porcentaje de MO alcanzado es de 0,60% siendo nivel B (bajo), en el suelo que es sometido a riego por surcos el porcentaje de materia orgánica es de 2,50 % siendo nivel B Bajo, en cuanto al suelo que sometido a riego por inundación el porcentaje de materia orgánica es de 2,50% siendo nivel B bajo, datos obtenidos del informe de análisis de suelo.

**pH del suelo sometido a siembra de caña de azúcar:** En el suelo con riego por aspersión tiene un suelo franco arcilloso con un pH de 7,1 PN, en el suelo franco-arcillo-arenoso con riego por surco tiene un pH de 7,2 PN y el suelo franco arcilloso con riego por inundación presenta un pH de 7,3 PN.

**Aplicación de tabla y la fórmula de erosibilidad para conocer qué tipo de riego incide mayormente en la erosión del suelo en la zona cañera en estudio**

*Fórmula para estimar el índice de erosibilidad del suelo*

$$K = \frac{2,1 \cdot 10^{-4} (12 - \%OM) M^{1,14} + 3,25(S_1 - 2) + 2,5(P_1 - 3)}{100}$$

*Donde:*

OM = es el porcentaje de materia orgánica.

$S_1$  = Es un índice de estructura granular muy fina (1) granular muy gruesa (2), granular gruesa (3) bloque laminar masiva (4).

$P_1$  = Es un índice de permeabilidad rápida (1) moderada rápida (2) moderada (3) lenta a moderada (4) lenta (5) y muy lenta (6).

$M = (\%MS + \%VFS) * (100 - \%CL) \%MS = 0.002\text{mm}$  y  $0.5\text{mm}$  (limo) el  $\%VFS$  se refiere a arena muy fina (0,05-0,1mm) y el  $\%CL$  partículas menores que 0,002mm de diámetro (arcillas).

El término K representa la erosibilidad del suelo, expresado en unidades de Mg/ha por ha-hr/MJ-mm. Los valores de K se encuentran entre 0 (suelo no erosionable) y 1 (suelo muy erosionable) (UNESCO, 2010)

### ***Suelo con riego por aspersión***

Para el suelo donde se aplica el riego por aspersión el cual presenta 76% de arena, 16% de limo y 5% de arcilla siendo un suelo franco arcilloso con 0,5% de MO.

$$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - 0,6) 0,05^{1,14} + 3,25 (1 - 2) + 2,5 (2 - 3)}{100} = -0.06$$

$$K = -0.06$$

Siendo el  $K = -0,06$  esto significa que el suelo no está erosionable.

### ***Suelo con riego por surco***

Para el suelo donde se aplica el riego por aspersión el cual presenta 48% de arena, 20% de limo y 32% de arcilla siendo un suelo franco arcilloso arenoso con 2,50% de MO.

$$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - \%OM) M^{1,14} + 3,25 (S_1 - 2) + 2,5 (P_1 - 3)}{100}$$

$$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - 2,5) 0,002^{1,14} + 3,25 (1 - 2) + 2,5 (4 - 3)}{100} = -7.41$$

$$K = -7.41$$

Siendo el  $K = 7.41$  esto significa que el suelo es muy erosionable.

### ***Suelo con riego por inundación***

Para el suelo donde se aplica el riego por aspersión, el cual presenta 44% de arena, 18% de limo y 38% de arcilla siendo un suelo franco arcilloso arenoso con 2,50% de MO.

$$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - \%OM) M^{1,14} + 3,25 (S_1 - 2) + 2,5 (P_1 - 3)}{100}$$

$$K = \frac{2,1 * 10^{-4} (12 - 2,5) 0,01^{1,14} + 3,25 (1 - 2) + 2,5 (4 - 3)}{100} = -7.49$$

$$K = -7.49$$

Siendo el  $K = 7.49$  esto significa que el suelo es muy erosionable.

## DISCUSIÓN

En relación a las áreas de posible erosión del suelo provocada por los diferentes tipos de riego (inundación, surco y aspersión), en la zona donde se cultiva caña de azúcar en el Recinto Carrizal, se deduce que según el diagnóstico en cuanto a la apariencia, crecimiento del cultivo, resistencia al estrés, incidencia de enfermedades, competencia con malezas, asociación y rotación de cultivos la sustentabilidad se encuentra en nivel uno y dos respectivamente, lo que indica que hay que dar un mejor manejo al suelo respetando la biodiversidad. De igual manera al realizar la evaluación de la sustentabilidad de la finca sobre la diversidad genética, circundante al sistema de manejo del cultivo en monocultivo y por último a la producción el nivel de rango es uno, siendo bajo en promedios regionales. Por otro lado, la sustentabilidad del subsistema según el tipo de cobertura, presenta un nivel dos de retención de humedad, en cuanto a la cobertura del suelo nivel uno prácticamente desnudo, así mismo en la biología, reciclaje de rastrojo, fuente alternativa de energía que utiliza biomasa nivel uno. De manera general se denota que la sustentabilidad del subsistema está en nivel de bajo a medio. Lo que concuerda con lo expuesto por (Buschiazzo et al. 2009.; Castro, et al. 2010.; Sánchez, et al. 2011 y Andreu, et al. 2012) los cuales mencionan que la degradación del suelo es un proceso antropogénico que afecta la física, la biología y la química del suelo; y es generada por la mala utilización de estos, afectando sus contenidos de nutrientes, materia orgánica y destruyendo su estructura; todo esto promueve la erosión, la salinización, la compactación; como también el desequilibrio químico por uso excesivo e inadecuado de fertilizantes.

Al aplicar la fórmula de erosibilidad expresa que el suelo cuando es regado por aspersión el K es de -0.06 con porcentaje de materia orgánica de 0,6, en cuanto que el suelo sometido a riego por surco es de -7.41 y la materia orgánica alcanza 2.5 % de igual manera el suelo que es sometido a inundación.

Este proceso se lo realizó utilizando los anillos de acero para calcular la infiltración en suelo regado por aspersión franco arenoso donde la lámina parcial presentó un promedio de 1.07mm/hr y la lámina total 4.4 mm/hr, suelo regado por surco franco arcillo arenoso las láminas parciales alcanzan un total de 12,6 mm y un promedio de 1,4 mm/hr, y las láminas acumuladas en total de 45 mm y un promedio de 5 mm en 6,11 minutos en un lapso de 1 hora y el suelo regado por inundación franco arcilloso alcanzaron un total de 12,2 mm con un promedio de 1,35mm/h en cuanto que la lámina acumulada de agua presentó un total de 50,1mm y un promedio de 5,56mm por cada 6.11 minutos. Al aplicar la fórmula de erosibilidad expresa que el suelo cuando es regado por aspersión el K es de -0.06 con porcentaje de materia orgánica de 0,6, en cuanto que el suelo sometido a riego por surco es de -7.41 y la materia orgánica alcanza 2.5 % de igual manera el suelo que es sometido a inundación, concordando con lo que expresaron García (2009), los cuales determinan que las consecuencias directas de la erosión son entre otras la degradación de los suelos el declinar de la fertilización la desertificación y la capacidad de infiltración y retención de humedad.

## CONCLUSIONES

En relación a las áreas de posible erosión del suelo provocada por los diferentes tipos de riego (inundación, surco y aspersión), en la zona donde se cultiva caña de azúcar en el Recinto Carrizal, se deduce que, según el diagnóstico en cuanto a la apariencia, crecimiento del cultivo, resistencia al estrés, incidencia de enfermedades, competencia con malezas, asociación y rotación de cultivos la sustentabilidad se encuentra en nivel uno y dos respectivamente.

La sustentabilidad de la finca en relación a la diversidad genética, la diversidad vegetal, la diversidad vegetal circundante, en relación al sistema manejo del cultivo en monocultivo y por último en cuanto a la producción el nivel de rango es uno siendo bajo en promedios regionales.

Para conocer la sustentabilidad del subsistema según el tipo de cobertura, el suelo presenta un nivel dos de retención de humedad, en cuanto a la cobertura del suelo nivel uno prácticamente desnudo, de igual manera en la biología del suelo nivel uno, la mano de obra para realizar las labores del cultivo es familiar nivel dos, reciclaje de rastrojo nivel uno, fuente alternativa de energía que utiliza biomasa nivel uno. De manera general se denota que la sustentabilidad del subsistema está en nivel de bajo a medio.

Al aplicar la fórmula de erosibilidad expresa que el suelo cuando es regado por aspersión el K es de -0.06 con porcentaje de materia orgánica de 0,6, en cuanto que el suelo sometido a riego por surco es de -7.41 y la materia orgánica alcanza 2.5 % de igual manera el suelo que es sometido a inundación. Este proceso se lo realizó utilizando los anillos de acero para calcular la infiltración en suelo regado por aspersión franco arenoso donde la lámina parcial presentó un promedio de 1.07mm/hr y la lámina total 4.4 mm/hr, suelo regado por surco franco arcillo arenoso las láminas parciales alcanzan un total de 12,6mm y un promedio de 1,4 mm/hr, y las láminas acumuladas en total de 45mm y un promedio de 5mm en 6,11 minutos en un lapso de 1 hora y el suelo regado por inundación franco arcilloso alcanzaron un total de 12,2mm con un promedio de 1,35mm/h en cuanto que la lámina acumulada de agua presentó un total de 50,1mm y un promedio de 5,56mm por cada 6.11 minutos. Al aplicar la fórmula de erosibilidad expresa que el suelo cuando es regado por aspersión el K es de -0.06 con porcentaje de materia orgánica de 0,6, en cuanto que el suelo sometido a riego por surco es de -7.41 y la materia orgánica alcanza 2.5 % de igual manera el suelo que es sometido a inundación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalá, F. y. (2010). Universidad Nacional Autónoma de México. (I. d. Geología, Editor) Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <http://www.geologia.unam.mx>
- Almorox. (2010). Degradación de los suelos por erosión hídrica (Vol. 1). Murcia: Editum. Recuperado el 23 de Abril de 2019, de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=bSpiNY\\_ERCAJvC&sig=207WrEieeddBLskYL2pRe1fenMY#v=onepage&q=degradaci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20suelos%20agr%C3%ADcolas&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=bSpiNY_ERCAJvC&sig=207WrEieeddBLskYL2pRe1fenMY#v=onepage&q=degradaci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20suelos%20agr%C3%ADcolas&f=false)
- Ávalos, J. (2016). Régimen pluviométrico - Horizonte IRD. Obtenido de [horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins...03/010005074.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins...03/010005074.pdf)
- Beltrán, 1986; citado por Abrahão, R. (12 de mayo de 2011). Impactos ambientales de riego - IGME. Recuperado el 2 de Junio de 2018, de IGME: [www.igme.es/zaragoza/tesis/Abrahao\\_Tesis\\_2011.pdf](http://www.igme.es/zaragoza/tesis/Abrahao_Tesis_2011.pdf)
- Casali, et al. (12 de mayo de 2008). Impactos ambientales del riego: La transformación de la cuenca de.... Recuperado el 4 de Agosto de 2018, de [www.jcausape.es/assets/4.abrahao\\_tesis\\_2011.pdf](http://www.jcausape.es/assets/4.abrahao_tesis_2011.pdf)
- Castro. (5 de Mayo de 2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *SciELO*, 34(2), 4. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382013000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382013000200001)
- Cater, A. (2000). Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. . *Weed Research*.
- Cavero. (4 de mayo de 2003). El riego y su implementación. Recuperado el 2 de Julio de 2018, de [https://www.researchgate.net/.../257847100\\_La\\_implantacion\\_del\\_regadio\\_en\\_la\\_cuenc...](https://www.researchgate.net/.../257847100_La_implantacion_del_regadio_en_la_cuenc...)

- Cavero, M. (10 de mayo de 2008). Evaluación de impacto ambiental que provocan las quemás en los cultivares de caña de azúcar. Recuperado el 2 de Julio de 2018, de [www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2305-60102013000200008...sci...](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2305-60102013000200008...sci...)
- Cenicaña. (2003). Riego por surco. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de <http://www.cenicana.org/web/programas-de-investigacion/agronomia/manejo-de-aguas/metodos-de-aplicacion-del-riego/riego-por-surcos>
- Coneza, F. y. (1993). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Capítulo 2. Madrid - España: Ediciones Mundi- Prensa.
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Suelo., (pág. 66). Recuperado el 20 de Junio de 2018, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2\\_OCT\\_DIJU\\_Constitucion.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/LOTAIP/2017/DIJU/octubre/LA2_OCT_DIJU_Constitucion.pdf)
- Cordoba. (2009). Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de Etapas de la Toma de Muestra para Análisis de Suelo: [www.bcr.com.ar](http://www.bcr.com.ar)
- Demi, P. (2014). Aporte para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. *Inta*, 24.
- Docampo. (2015). Importancia de la materia orgánica. INIA. Recuperado el 23 de Abril de 2019, de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>
- Espinoza, M. &. (2017). Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de Guía Técnica para Muestreo de Suelo: <http://repositorio.una.edu.ni>
- FAO. (2003). Unlocking the water potential of agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAO.
- FAO. (2003). World agriculture towards 2015/2030. An FAO perspective. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma: FAO.
- FAO. (12 de febrero de 2008). Uso agrícola del agua. Recuperado el 5 de Julio de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/005/Y3918S/y3918s03.htm>
- Fontela. (16 de Mayo de 2009). Riego por goteo en. *Facultad de Ciencias Agrarias*, 1(6), 135.
- García. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. Recuperado el 26 de Octubre de 2018, de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- García, L. (24 de mayo de 2007). Aplicación del análisis Multicriterio en la evaluación de impactos. Recuperado el 2 de Julio de 2018, de [www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/01Lag101de09.pdf](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/01Lag101de09.pdf)
- García, L. y. (2009). La erosión del suelo en España. *Dialnet*, pP441.
- García, L., & López, F. (2009). La erosión del suelo en España: sociedad española de geomorfología. *Dialnet*, 441.
- Guillermo, C. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. Recuperado el 20 de Septiembre de 2018, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaTasaDeInfiltracionEnTierrasAgricolas-5042935.pdf>
- Haudson. (2006). Conservación de suelos. Caracas, México: Reverte S. A. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de <https://books.google.es/s&lr=&id=u137pQPxYGAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=causas+de+erosion+del++suelo&ots=qc3Wnc37Um&sig=o108eaw3GZ87bt7x1ACEccnuK Kg#v=onepage&q=causas%20de%20erosion%20del%20%20suelo&f=false>
- Hernan. (23 de Mayo de 2015). Facultad de Agronomía. Recuperado el 25 de Enero de 2018, de <http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar>
- Hill, R. &. (2004). Propiedades Físicas del Suelo. (F. D. REPUBLICA, Productor) Recuperado el 23 de Septiembre de 2018, de <http://bibliofagro.pbworks.com>
- INIAP. (1993). La erosión. En J. R. J., & INIAP (Ed.), *La Erosión Hídrica: Proceso, Factores Y Formas* (Vol. 229, pág. 2). Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 1 de Septiembre de 2018, de

books.google.es

- MAGAP, c. p. (23 de julio de 2018). El agua siembra, riega y cosecha desarrollo. Recuperado el 10 de Agosto de 2018, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/masqmenos/1/el-agua-siembra-riega-y-cosecha-desarrollo>
- Marconi, J. (2011). El suelo. En *El suelo* (1 ed., Vol. 1, pág. 14). El Cid Editor. Recuperado el 1 de Septiembre de 2018, de [ebookcentral.proquest.com](http://ebookcentral.proquest.com)
- Murillo, C. (20 de Abril de 2003). Los principales productos cultivados incluyen granos básicos. Recuperado el 20 de Junio de 2018, de <https://www.oas.org/en/sedi/dsd/elpg/pastprojects/documents/documento%20finalcr%20gt.pdf>
- Santiago. (2012). DEGRADACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS AGRÍCOLAS. *Tropical and subtropical agroecosystema*, 15, 323. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1391-7267-2-PB.pdf>
- Sierra. (2013). *Acides y alcalinidad de los suelos* (Vol. 1). Osorno, Chile. Recuperado el 23 de Abril de 2019, de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boltec/NR10710.pdf>
- Solorzano, E., Vega, M., Defáz, G., & Solorzano, M. (2015). Implementación de un sistema de riego por aspersión para uso agrícola, ubicado en la instalaciones de la Facultad de Ingeniería Agrícola en la. Portoviejo: Universidad Técnica de Manabi.
- Solorzano, E., Vega, M., Defáz, G., & Solorzano, M. (2015). Implementación de un sistema de riegopor aspersión para uso agrícola, ubicado en las instalaciones de la Facultad d Ingeniería Agrícola en la parroquia Lidana del cantón Santa Ana. Portoviejo: Universodad Técnica de Manabo.
- Szabolcs, I. (1989). *Salt-affected soils*. The Chemical Rubber Company Press. Florida.
- Tapia, S. y. (17 de Junio de 2017). Beneficio de la materia organica en el suelo. Recuperado el 25 de Agosto de 2018, de *Agriculturers*: <http://agriculturers.com>
- Tarjuelo. (1992). El riego por aspersion diseño y funcionamiento. En J. Tarjuelo, & U. d. Mancha (Ed.). Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de [books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wj8hutmvvuAC&oi=fnd&pg=PA39&dq=riego+por+aspersion&ots=z1VPDr9TE0&sig=5sPMc9wN8-bQHZ-aokqVqJTnROA#v=onepage&q=riego%20por%20aspersion&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wj8hutmvvuAC&oi=fnd&pg=PA39&dq=riego+por+aspersion&ots=z1VPDr9TE0&sig=5sPMc9wN8-bQHZ-aokqVqJTnROA#v=onepage&q=riego%20por%20aspersion&f=false)
- Thayalakumaran. (2007). Achieving a salt balance - Should it be a management objective? *Agricultural Water. Management*. Recuperado el 29 de Junio de 2018
- Torres. (2013). *El cultivo de caña en Colombia*. Cenicaña, Cali Florida. Recuperado el 13 de Marzo de 2019, de [file:///C:/Users/Usuario/Desktop/libro\\_p193-210.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Desktop/libro_p193-210.pdf)
- UNESCO. (2010). *Procesos de erosión - sedimentación en causas y cuencas*. (B. J, Ed.) PHI-LAC, 1(22), 16. Recuperado el 19 de Octubre de 2018, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216338s.pdf>
- Urdanos, G. (10 de mayo de 2008). Relación entre el desarrollo del cultivo, rasgos edáficos y... *Csic*. Recuperado el 29 de Junio de 2018, de [digital.csic.es/bitstream/10261/61530/1/HerreroJ\\_RevTeledeteccion\\_2007.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/61530/1/HerreroJ_RevTeledeteccion_2007.pdf)
- Users. (2 de mayo de 2010). Caraterización del riego en el cultivo de caña. Recuperado el 29 de Junio de 2018, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/>
- Zavala. (2011). *Degradacion y conservacion de los suelos*. Pemex, 1, 3. Recuperado el 24 de Abril de 2019, de <https://www.colpos.mx/tabasco/2014/DEGRADACION%20Y%20CONSERVACION%20DE%20SUELO>