



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA E INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO
DE RIESGOS NATURALES**

**DESARROLLO DE UN MECANISMO PARA RECOLECTAR
AGUAS DE ESCORRENTÍA PERDIDAS POR EROSIÓN
HÍDRICA EN UN CULTIVO DE PLÁTANO**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

MARÍA JOSÉ ARMAS CAISA

DIRECTOR: ING. RODRIGO SAQUICELA, *MSc.*

Santo Domingo de los Tsáchilas, julio 2018

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO PROYECTO DE TITULACIÓN

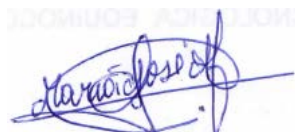
DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2300393663
APELLIDO Y NOMBRES:	Armas Caisa María José
DIRECCIÓN:	Vía Quevedo km 7, Barrio "San Luis"
EMAIL:	majosdj@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	3740855
TELÉFONO MÓVIL:	0969124709

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un mecanismo para recolectar aguas de escorrentía perdidas por erosión hídrica en un cultivo de plátano
AUTOR O AUTORES:	Armas Caisa María José
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	25 de julio de 2018
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Rodrigo Alberto Saquicela Rojas
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales
RESUMEN: Máximo 250 palabras	La erosión hídrica produce la degradación del suelo y afecta negativamente sus funciones como productividad, regulación del ciclo hidrológico y la calidad ambiental. El objetivo de este proyecto técnico fue desarrollar un sistema que recolecte las aguas de escorrentía y analizar las concentraciones de nitratos y materia orgánica de las aguas recogidas en un cultivo de plátano. En 2018 se estableció una zona de muestreo con un área de 1 m ² en una plantación de plátano. En el área se instaló el mecanismo adherido al suelo mediante estacas y la botella recolectora a 20 cm de profundidad. El instrumento recibió el nombre de "Brazos recolectores de escorrentía" debido a su forma y con una distancia entre brazos de 1

	<p>m. Se recogieron 4 muestras que se almacenaron en el envase recolector, se analizó la concentración de nitratos y materia orgánica. Las muestras se tomaron del 1 al 31 de mayo. Los parámetros se compararon con la normativa ambiental ecuatoriana y la norma peruana de estándares de calidad ambiental del agua. Según las normas indicadas la concentración de nitratos en las aguas de escorrentía se mantuvo debajo del nivel crítico sugerido para el uso recreativo, uso pecuario y conservación del ambiente acuático; y se sugiere que el líquido vital puede ser utilizado con un tratamiento adecuado. La materia orgánica expresada como DQO no cumple con el rango establecido en el TULSMA y la norma peruana para uso recreativo. Se concluye que el mecanismo para recolectar aguas de escorrentía es viable para su aplicación práctica debido a su bajo costo y que no contamina las aguas porque los materiales utilizados son inocuos y pueden ser reciclables.</p>
<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Erosión, concentración, contaminación, nitratos, materia orgánica, brazos recolectores, escorrentía, degradación, suelo.</p>
<p>ABSTRACT:</p>	<p>Water erosion produces soil degradation and it affects its functions negatively, such as productivity, regulation of the hydrological cycle and environmental quality. The objective of this technical project was to develop a system that collects run-off water by analyzing the concentrations of nitrates and organic matter of the collected water in a plantain crop. In 2018, a sampling area with an area of 1 m² was established in a banana plantation. In the area, the mechanism was attached to the ground by means of stakes and the collecting bottle at 20 cm depth. The instrument received the name of "Catching arms of run-off " due to its shape and with a distance between arms of 1 m. Four samples were collected which were stored in the collection container, the concentration of nitrates and organic matter was analyzed. Samples were taken from May 1 to May 31. The parameters were compared with the Ecuadorian environmental regulations and the Peruvian law of environmental water quality standards. According to the norms indicated, the concentration of nitrates in the runoff water remained below the critical level suggested for recreational use, livestock use and conservation of the aquatic environment; and it is suggested that the vital fluid can be used with an adequate treatment. The organic matter expressed as CDO does not comply</p>

	with the range established in TULSMA and the Peruvian norm for recreational use. It is concluded that the mechanism to collect runoff water is viable for its practical application due to its low cost and that it does not pollute the waters because the materials used are safe and can be recycled.
KEYWORDS	Erosion, concentration, pollution, nitrates, organic matter, catching arms, runoff, degradation, floor.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f.

ARMAS CAISA MARÍA JOSÉ
C.I. 2300393663

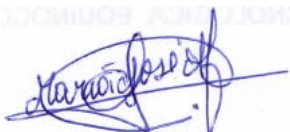
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **ARMAS CAISA MARÍA JOSÉ**, CI 2300393663 autora del proyecto titulado: **Desarrollo de un mecanismo para recolectar aguas de escorrentía perdidas por erosión hídrica en un cultivo de plátano** previo a la obtención del título de **INGENIERA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, 25 de julio de 2018

f: _____



ARMAS CAISA MARÍA JOSÉ
C.I. 2300393663

DECLARACIÓN

Yo **ARMAS CAISA MARÍA JOSÉ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



ARMAS CAISA MARÍA JOSÉ
C.I. 2300393663

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**DESARROLLO DE UN MECANISMO PARA RECOLECTAR AGUAS DE ESCORRENTÍA PERDIDAS POR EROSIÓN HÍDRICA EN UN CULTIVO DE PLÁTANO**”, que, para aspirar al título de **Ingeniera Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **María José Armas Caisa**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.



Ing. Rodrigo Saquicela, *MSc*
DIRECTOR DEL TRABAJO
C.I. 1716446289

DEDICATORIA

Todo mi esfuerzo y empeño desde que cumplí 18 años y luche por una oportunidad para estudiar y que lo logré al dejar una huella de mis conocimientos a través de este proyecto, dedico mi tesis principalmente a Dios por cuidarme y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis hermosos padres, el Sr. Hugo Armas y Sra. Nila Caisa, que con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis, quienes con sus consejos han sabido guiarme y acompañarme para culminar mi carrera profesional, velando por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba, por que creyeron en mí, en mi capacidad e inteligencia, porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada mi meta. Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos. Es por ustedes que soy lo que soy ahora y por ustedes seguiré luchando.

Los amo con toda mi vida.

María José Armas

AGRADECIMIENTO

Infinitamente doy gracias a Dios por haberme dado las fuerzas para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi linda madre que siempre me ha ayudado en todo lo que me he propuesto, siendo más que una madre mi mejor amiga.

A mi padre que me ha cuidado y acompañado en todos mis logros, brindándome su apoyo, tanto sentimental, como económico. Estando siempre presente en mi vida y que sé que está orgulloso de ver en la persona en la cual me he convertido. Ustedes mis padres y mis hermanos son lo más bello que Dios ha puesto en mi camino y por quienes estoy inmensamente agradecida.

A Bryan Piloso, porque cada una de sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto.

Al Ing. Rodrigo Saquicela, mi director de tesis, por toda la colaboración brindada, su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

A los diferentes docentes a quienes les debo gran parte de mis conocimientos gracias, a su paciencia y enseñanza.

Finalmente un especial agradecimiento a esta prestigiosa Universidad donde nos formaron como personas de bien y preparándonos para un futuro competitivo.

Gracias a todos.

María José Armas

INDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1.INTRODUCCIÓN	3
2.MARCO REFERENCIAL	5
3.METODOLOGÍA	7
3.1 LOCALIZACIÓN	7
3.2 DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA	7
3.2.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS BRAZOS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA	8
3.3 PRUEBAS TÉCNICAS	12
3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	14
3.5 MANUAL DE USUARIO	15
3.5.1. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO	15
3.5.2. USO DE LOS BRAZOS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA	15
3.5.3. INSTALACIÓN DEL EQUIPO	15
3.5.4. MATRIZ DE AVANCE Y CONSTRUCCIÓN DE LOS BRAZPS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA	16
3.5.5. MUESTREO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA	17
3.5.6. ANÁLISIS QUÍMICO DE NITRATOS DE AGUAS DE ESCORRENTÍA	18
3.5.7. ANÁLISIS QUÍMICO DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS DE ESCORRENTÍA	19
3.5.8. MANTENIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA	20
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	21
4.1. CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS DE ESCORRENTÍA	21
4.2. CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS DE ESCORRENTÍA	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
REFERENCIAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

	TABLAS	PÁGINA
Tabla 1.	Criterios de calidad de agua admisible para el uso pecuario y para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios aguas.	13
Tabla 2.	Norma Peruana de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua con fines recreativos y conservación del ambiente acuático.	13
Tabla 3.	Costos para ejecutar la construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía” para determinar la concentración de materia orgánica y nitratos en un cultivo de plátano, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	14
Tabla 4.	Técnicas generales para la conservación de muestras análisis químicos.	18

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Detalle de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	9
Figura 2. Diseño de los “Brazos recolectores de escorrentía” para el almacenamiento de aguas de escorrentía en un cultivo de plátano y las piezas que se emplearon para su funcionamiento, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	10
Figura 3. Esquema de las dimensiones utilizadas para el diseño y construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018. Las medidas se indican en mm. Se diseñó a escala 1:50.	11
Figura 4. Matriz de avance y construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	16
Figura 5. Nitratos del agua de escorrentía de un cultivo de plátano en fin de época de lluvia muestreados en una unidad de muestreo con los brazos recolectores de escorrentía y las reglamentadas por el TULSMA y la Norma Peruana para aguas de uso recreativo, uso pecuario y vida acuática, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	21
Figura 6. Materia orgánica a través de la Demanda química de oxígeno (DQO) registrada en el agua de escorrentía en un cultivo de plátano, Santo Domingo, Ecuador, 2018.	23

RESUMEN

La erosión hídrica produce la degradación del suelo y afecta negativamente sus funciones como productividad, regulación del ciclo hidrológico y la calidad ambiental. El objetivo de este proyecto técnico fue desarrollar un sistema que recolecte las aguas de escorrentía y analizar las concentraciones de nitratos y materia orgánica de las aguas recogidas en un cultivo de plátano. En 2018 se estableció una zona de muestreo con un área de 1 m² en una plantación de plátano. En el área se instaló el mecanismo adherido al suelo mediante estacas y la botella recolectora a 20 cm de profundidad. El instrumento recibió el nombre de "brazos recolectores de escorrentía" debido a su forma y con una distancia entre brazos de 1 m. Se recogieron 4 muestras que se almacenaron en el envase recolector, se analizó la concentración de nitratos y materia orgánica. Las muestras se tomaron del 1 al 31 de mayo. Los parámetros se compararon con la normativa ambiental ecuatoriana y la norma peruana de estándares de calidad ambiental del agua. Según las normas indicadas la concentración de nitratos en las aguas de escorrentía se mantuvo debajo del nivel crítico sugerido para el uso recreativo, uso pecuario y conservación del ambiente acuático; y se sugiere que el líquido vital puede ser utilizado con un tratamiento adecuado. La materia orgánica expresada como DQO no cumple con el rango establecido en el TULSMA y la norma peruana para uso recreativo. Se concluye que el mecanismo para recolectar aguas de escorrentía es viable para su aplicación práctica debido a su bajo costo y que no contamina las aguas porque los materiales utilizados son inocuos y pueden ser reciclables.

ABSTRACT

Water erosion produces soil degradation and it affects its functions negatively, such as productivity, regulation of the hydrological cycle and environmental quality. The objective of this technical project was to develop a system that collects run-off water by analyzing the concentrations of nitrates and organic matter of the collected water in a plantain crop. In 2018, a sampling area with an area of 1 m² was established in a banana plantation. In the area, the mechanism was attached to the ground by means of stakes and the collecting bottle at 20 cm depth. The instrument received the name of "Catching arms of run-off" due to its shape and with a distance between arms of 1 m. Four samples were collected which were stored in the collection container, the concentration of nitrates and organic matter was analyzed. Samples were taken from May 1 to May 31. The parameters were compared with the Ecuadorian environmental regulations and the Peruvian law of environmental water quality standards. According to the norms indicated, the concentration of nitrates in the runoff water remained below the critical level suggested for recreational use, livestock use and conservation of the aquatic environment; and it is suggested that the vital fluid can be used with an adequate treatment. The organic matter expressed as CDO does not comply with the range established in TULSMA and the Peruvian norm for recreational use. It is concluded that the mechanism to collect runoff water is viable for its practical application due to its low cost and that it does not pollute the waters because the materials used are safe and can be recycled.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los fenómenos de mayor problema ambiental que está afectando a la humanidad en el mundo a través del cambio climático es la erosión hídrica. Según el informe “*El estado de los recursos de suelos en el mundo*” (FAO, 2015) se pierden anualmente a causa de la erosión entre 25 y 40 millones de toneladas de la capa arable del suelo.

Se considera que el Ecuador al igual que la mayoría de los países en desarrollo no ha escapado al problema de la degradación de los suelos ya que alrededor del 48% (Suquilanda, 2003) de la superficie nacional tiene serios problemas de erosión hídrica. El 25% de los suelos de la Sierra se encuentran en procesos de erosión y el 15% en la región costa (Jaramillo, 2015).

En Santo Domingo de los Tsáchilas la actividad agrícola es muy importante pues ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de cultivos permanentes como es el cacao, café, banano y palma aceitera por lo que las tierras más productivas se encuentran en esta zona (MAGAP, 2016), pero debido a la erosión hídrica pueden perder su fertilidad y con ello una disminución de la productividad agrícola como económica, ya que el 27,3% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura (INEC, 2015). Los daños que provoca la erosión no solo se manifiesta donde esta se produce, sino en diferentes posiciones del ecosistema (Hill, Clérici, Mancassola, & Sánchez, 2015).

Según el Boletín de Precipitación y Temperatura, se reportó mayor precipitación en el mes de Abril con 575 mm para el año 2015, representando un peligro para las cosechas en comparación con precipitaciones bajas que favorece a los cultivos como: cacao y palma de aceite, puesto que provoca mayor cuaje de flor y por lo tanto un incremento en la producción (SINAGAP, 2015)

La erosión hídrica requiere ser medida para cuantificar el problema. Son pocos los libros de texto o manuales disponibles sobre mecanismos o sistemas de recolección de aguas de escorrentía (Sarasty, Ortega, Castillo, & Chaves, 2016). Los técnicos en el campo tienen que ocuparse cada día más de la tarea de medir o de evaluar la erosión y la escorrentía, por lo cual se ha desperdiciado mucho tiempo, esfuerzo y dinero en proyectos que proporcionan una escasa información útil (Hudson N. W., 1997).

Según explica Morgan (1997) el control de la erosión es vital si se desea satisfacer la creciente demanda de alimentos en el mundo. Los principales

impactos ambientales asociados a la escorrentía son afectaciones al agua superficial, subterránea y el suelo (Pérez, 2015).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, es conveniente establecer un sistema de fácil utilización y construcción, que puedan ser utilizados por el personal de campo que no realiza investigaciones, pero que tiene necesidad de datos sobre la escorrentía y la erosión, con el fin de tomar un gran número de mediciones a bajo costo y con el personal del nivel intermedio y obtener resultados que son más útiles y significativos para el agricultor.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un mecanismo factible que pueda ser utilizado por los agricultores para la recolección de aguas de escorrentía proporcionando datos válidos para analizar las concentraciones de nitratos y materia orgánica que se pierden por efecto de la erosión hídrica de un cultivo de plátano. Los objetivos específicos fueron:

- Establecer un mecanismo adecuado para recolectar el agua de escorrentía de un cultivo de plátano.
- Determinar las concentraciones de nitratos y materia orgánica de las aguas recolectadas por erosión hídrica.

2. MARCO REFERENCIAL

El escurrimiento se realiza en las partes de la superficie terrestre y estas se pueden dividir en: superficial, subsuperficial y subterráneo. El escurrimiento o escorrentía superficial es la parte del agua que escurre sobre el suelo y después por los cauces del río, esta describe el flujo del agua, lluvia sobre la tierra siendo un componente principal del ciclo del agua (CONAGUA, 2010).

La escorrentía superficial, en lugares donde no existe nieve, proviene de la precipitación, al aumentar su intensidad y duración en las lluvias produce lo que se conoce como erosión hídrica, que es originada por la dispersión y transporte del suelo a causa del impacto de las gotas de lluvia conjuntamente con escurrimiento superficial del agua (Ferdandéz & Figueroa, 2014). Esta provoca serios impactos ambientales y altos costos económicos actuando sobre la producción agrícola, calidad del agua, llegando a amenazar la seguridad alimentaria (González, Bojórquez, Flores, Murray, & González, 2016).

Además, la escorrentía arrastra y recoge contaminantes y escombros que pueden dañar gravemente nuestros cuerpos de agua por ejemplo nitratos, fósforo, nutrientes, partículas del suelo, sustancias derivadas del petróleo, los herbicidas y los fertilizantes (Torres, 2010). Lo cual contaminan los mantos freáticos, agua que es consumida para las actividades humanas (Martínez, et al., 2011; Sapiña, 2011).

Este escurrimiento causa la pérdida de materia orgánica, disminuyendo la fertilidad del suelo y con ello una menor productividad de las cosechas (Coras, Schlam, Diakite, & Arteaga, 2016). Tayupanta & Córdova, (1990), indica que el efecto principal de la degradación del suelo es la reducción de la productividad, lo cual afecta a todos quienes dependen de ella.

Existen diversos métodos para la medición y evaluación de la erosión hídrica del suelo que son: Aliviador de Gerlach, parcelas de erosión, varillas para medir la erosión, surcos y vías de escurrimiento, cárcavas y márgenes de las corrientes, pozos de sedimentación, etc. (Hudson, 1997)

Para el presente trabajo se escogió como modelo el “Aliviador de Gerlach” por la facilidad de uso y construcción. Los “Aliviaderos Gerlach”, según el nombre de su inventor consisten en un pequeño canal recolector que se coloca sobre la superficie del suelo y está conectado con un pequeño recipiente colector situado aguas abajo.

Se requiere de un gran número de muestreos para superar la variación resultante del hecho de que, al no existir borde alguno para dirigir o limitar la

escorrentía hacia el canal colector, el volumen recogido depende de la existencia casual de depresiones o surcos insignificantes (Nelson, 2015).

Con respecto a la calidad del agua existen una serie de normas para su regulación que debe tener el agua para el consumo humano, uso y los límites de contaminantes permisibles. Las normas usadas son las siguientes:

- NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA LIBRO VI ANEXO 1
- NORMA PERUANA DE ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA.

3. METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN

El proyecto se realizó en una zona de plantación de plátano perteneciente a la Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo, Ecuador. El lugar posee un área agrícola con una superficie de 14,472 ha, del cual 4,95 ha son cultivos de plátano. El clima es tropical húmedo con tendencia lluviosa con una temperatura de 21 °C a 33 °C durante el verano, en invierno por lo general hace más calor, con una temperatura media de 34°C, en ocasiones llega hasta 38°C, se encuentra a una altitud de 655 msnm. Tiene precipitaciones de 3.000 y 4.000 mm anuales y consta de una superficie de 3857 km². La zona de vida es clasificada como Bosque Trópico Húmedo (Jiménez, 1980).

El sitio que se seleccionó tiene áreas con relieve cuyas pendientes presentan un gradiente uniforme para la instalación del sistema de escurrimiento, a fin de evitar un efecto significativo de la inclinación del terreno como pérdidas de agua de escorrentía.

3.2. DISEÑO DE LA TECNOLOGÍA

El uso actual del suelo del sitio donde se llevó a cabo el proyecto está cubierto por plantaciones de plátano, para la instalación de la tecnología se realizó inicialmente un análisis del lugar donde se determinó una zona específica con pendiente para facilitar la recolección del agua de escorrentía, se diseñó y construyó la tecnología según la dimensión del área delimitando una zona para el muestreo en un área de 49500m², simulando el principio del aliviador de Gerlach según Hudson (1997).

Una vez construido el mecanismo se instaló sobre la superficie del terreno. Se recolectó aguas de escorrentía durante las siguientes fechas: 3, 8, 13, y 31 de mayo de 2018, de lo cual se obtuvo 4 muestras tanto para nitratos como materia orgánica (DQO), a través de los canales de desviación (brazos) del sistema con una abertura de 1m que dirigía el agua hacia un tubo conectado a una manguera que conducía a una botella recolectora. En estas muestras se evaluó en el laboratorio de la Universidad Tecnológica Equinoccial la concentración de nitratos y materia orgánica que se pierden en las aguas de escorrentía causada por la erosión hídrica.

Este sistema está dirigido especialmente para los grandes y pequeños agricultores que no poseen un conocimiento técnico sobre las metodologías de recolección del agua de escorrentía. A través de esto tendrán al alcance un mecanismo que les permita recolectar sin dificultad muestras de las aguas de escorrentía para múltiples análisis además de que es un

mecanismo viable para obtener datos sobre muestras de agua de escorrentía y la erosión; permitirá analizar la problemática que está afectando al suelo ya que desde el punto de vista socio-económico es un recurso finito que ofrece bienes (Gutiérrez & Pinzon,2017) y servicios en donde se desarrolla actividades humanas agropecuarias e industriales.

Esta tecnología fue construida de materiales como: el aluminio compuesto y tubos PVC. El aluminio compuesto posee dos revestimientos de aluminio de 0,50 mm de espesor, están realizados en aleaciones que son resistentes al agua, a la corrosión e inmunes a los efectos dañinos de los rayos ultravioleta, garantizando un rendimiento óptimo durante un largo periodo de tiempo. El aluminio no requiere de ningún mantenimiento específico, ahorrando costes importantes, además es reciclable siendo una ventaja ecológica durante la vida útil del mecanismo.

Los tubos PVC, el 64% de sus aplicaciones tienen una vida útil entre 15 y 100 años, tiene las características ambientales y económicas para diferentes construcciones, son resistentes al agua y no emite ni lixivia sustancias tóxicas cuando transporta agua(Carvajal, 2017).

El área donde se instaló el instrumento presento en promedio las siguientes características: materia orgánica, alto; (Fig. 5) y nitratos, bajo; (Fig. 6). Los análisis del aguas se realizó de la siguiente manera: materia orgánica a través de la Demanda Química de Oxígeno y nitratos por el método de sulfato de brucina (Aguilar, 2001).

3.2.1. CONSTRUCCIÓN DE LOS BRAZOS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA.

El mecanismo se compone de los siguientes subconjuntos que se construyeron y ensamblaron de forma independiente (Fig. 1).

1. Brazos recolectores
2. Base
3. Canal conductor
4. Botella de almacenamiento

Para la construcción de los dos brazos recolectores, el material utilizado fue aluminio compuesto (por su ligereza, resistencia a lo corrosión y por su resistencia a la intemperie), con un largo de 1000mm x 100 mm de ancho y un espesor de 4 mm (Fig. 3). Cada brazo independientemente está formado por 4 articulaciones con perforaciones en sus extremos e interconectados por pernos (ISO 7045-m5x12) y hexagonales (ISO 4035-M5x12) (Fig. 2), que permiten el movimiento vertical de sus articulaciones, los brazos recolectores

van acoplados a las paredes de la base mediante bisagras que permiten la variación del ángulo del mismo (Fig. 2).

Esta base contiene un soporte de largo 250mm x 90mm de ancho y dos paredes de largo 250mm x100mm de ancho (Fig. 3), colocadas a los extremos del soporte con un perfil de aluminio que mantiene fijas las paredes de la base y esto mantiene estable el canal conductor por donde circula el fluido.

El canal conductor es un elemento que es acoplado por un conjunto de piezas que forman su estructura, contiene una malla para la filtración del fluido, un tubo PVC de 75mm, un reductor excéntrico 75 a 50mm, un tubo de 50 mm y un adaptador para la manguera que va conectado a la botella de plástico de 6 L (Fig. 2).

Para el diseño de los brazos recolectores de escorrentías se utilizó solidWorks como herramienta del diseño, así mismo se aprovecharon las ventajas del software para acotar automáticamente las operaciones de fabricación en 3D (Fig. 3.)

La construcción de cada pieza fue diseñada en SolidWork, al finalizar el modelado de las piezas, se realizó un ensamble virtual para hacer las correcciones y modificaciones que fueran necesarias hasta que el diseño diera un resultado satisfactorio.

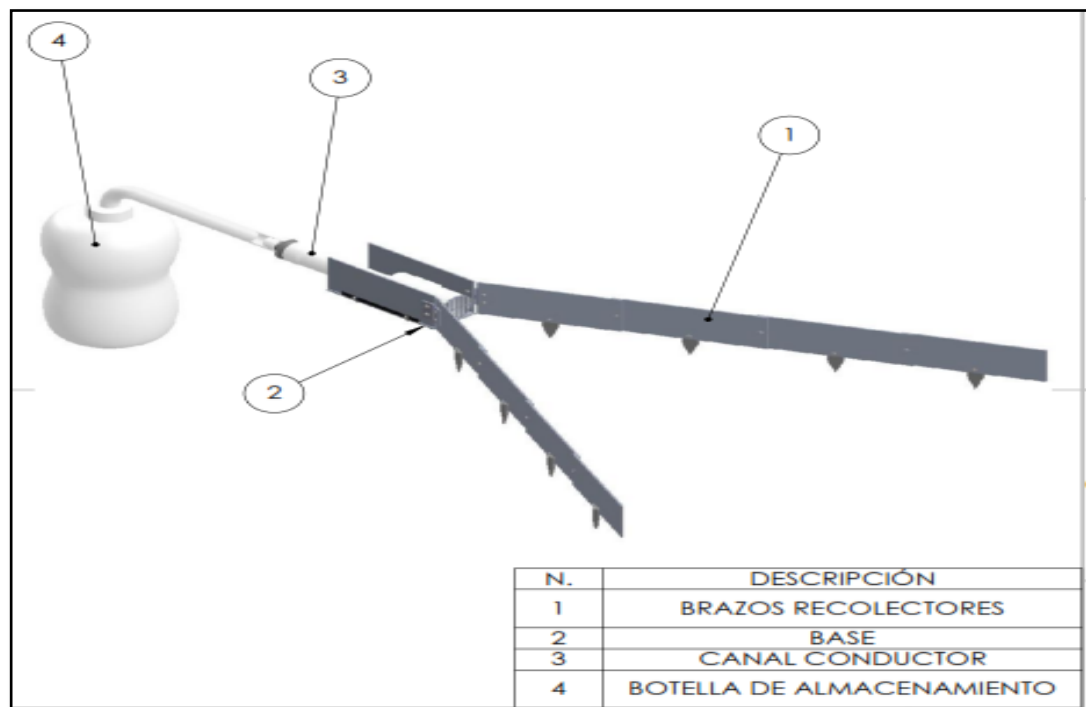


Fig. 1. Detalle de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

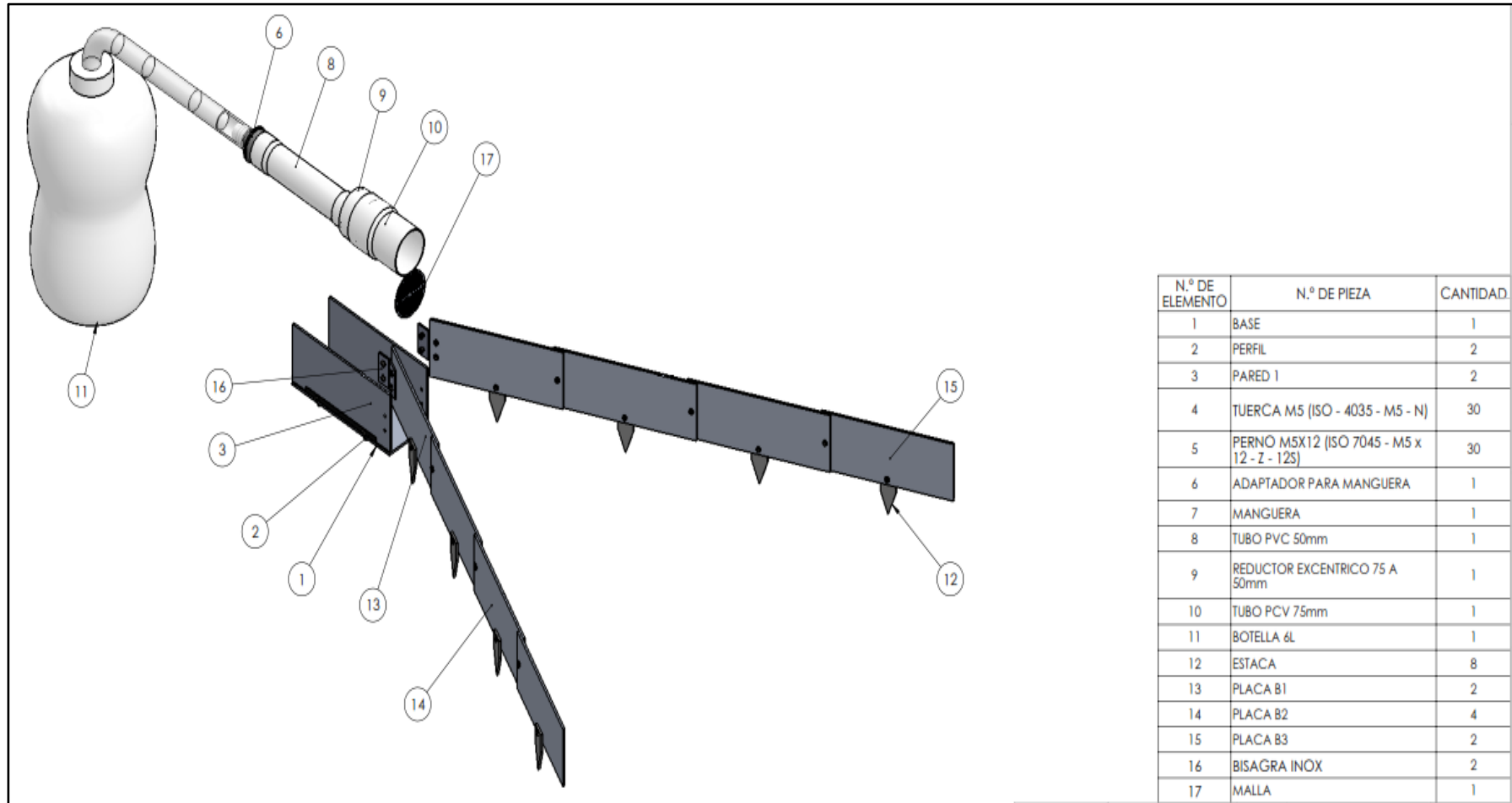


Fig. 2. Diseño de los “Brazos recolectores de escorrentía” para el almacenamiento de aguas de escorrentía en un cultivo de plátano y las piezas que se emplearon para su funcionamiento, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

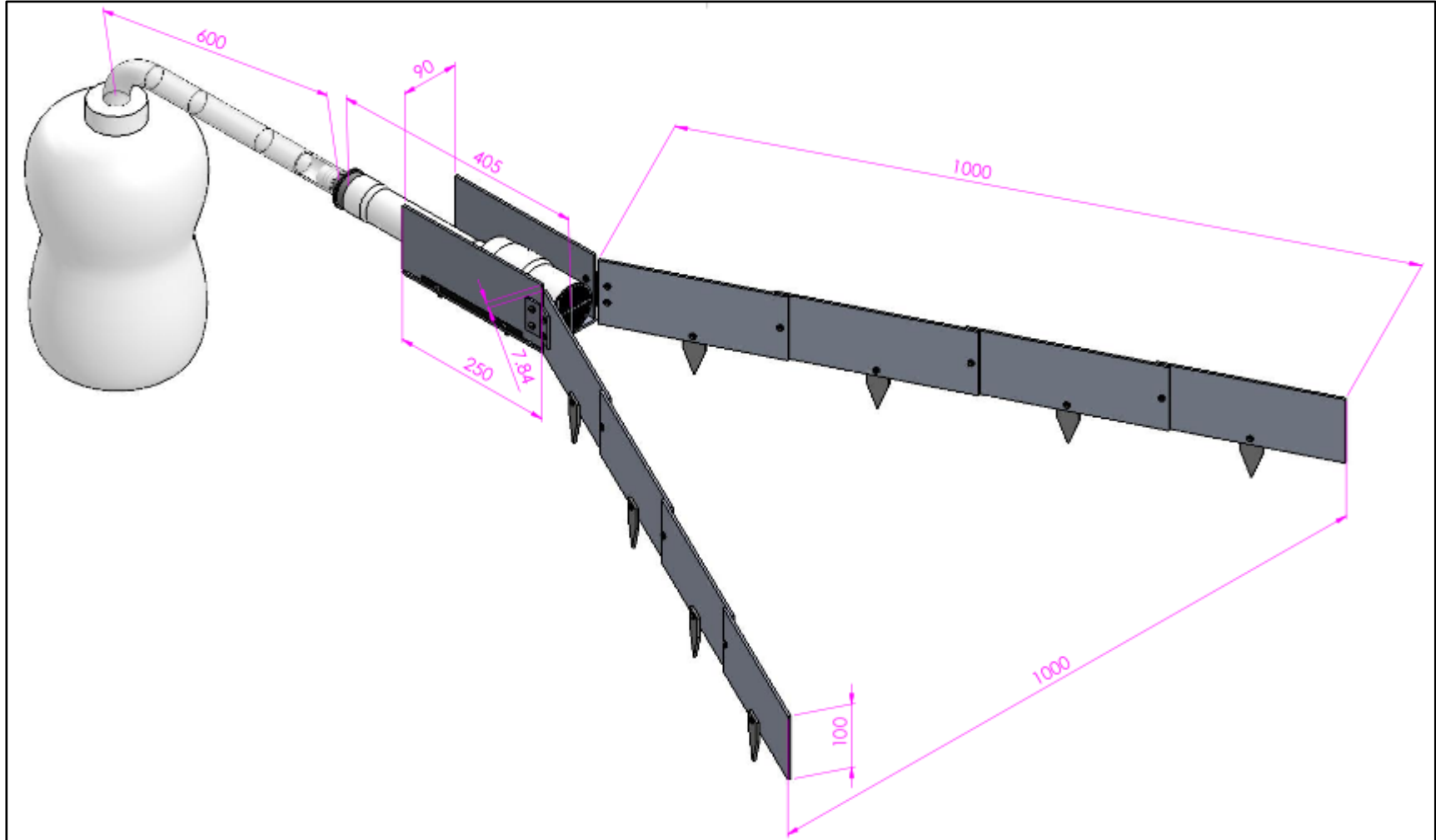


Fig. 3. Esquema de las dimensiones utilizadas para el diseño y construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018. Las medidas se indican en milímetros. Se diseñó a escala 1:50.

3.3. PRUEBAS TÉCNICAS

MATERIA ORGÁNICA Y NITRATOS EN EL AGUA (mg L^{-1}). Se determinó la concentración de materia orgánica mediante la demanda química de oxígeno (DQO) y nitratos en un área de muestreo de 1 m^2 una vez almacenada en el envase recolector al siguiente día de haber llovido. La recolección de las aguas de escorrentía se hizo por medio de canales de desviación con una abertura de 1m, poseía tubos de PVC conectado a una manguera para facilitar la recolección de las aguas con un recipiente colector situado a 20 cm de profundidad.

El tubo PVC fue tapado con una rejilla de plástico para evitar la entrada o acumulación de sedimentos que impidan el adecuado transporte del agua. El mecanismo se instaló de forma vertical. El muestreo se realizó después de cada lluvia, durante un mes de los cuales se muestreo 4 veces desde que se instaló el mecanismo. Se recolectó un promedio de 19,5 lt en el mes.

El canal conductor estaba compuesto de tuberías que se utilizaron para llevar el agua hacia abajo hasta un punto en que la botella recolectora pueda almacenar dicha agua y facilitar la obtención de muestras. Según Hudson (1997), en pequeñas áreas la escorrentía puede pasar directamente mediante tuberías a un colector siguiendo el ancho del área donde se almacena hasta medirla, extraer muestras y registrarlas.

Los análisis se realizaron en la Universidad Tecnológica Equinoccial, las mismas que fueron comparadas con las siguientes normas:

- Norma de Calidad ambiental y de descarga de efluentes (Tabla 1),(TULSMA , 2015).
- Norma Peruana de Estándares de Calidad Ambiental del agua(Ministerio del Ambiente del Perú, 2008), como se indica en la (Tabla 2).

Para los diferentes usos del agua como:

- Preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.
- Uso pecuario
- Uso recreativo

Tabla 1. Criterios de calidad de agua admisible para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios aguas y uso pecuario.

Parámetros	Unidad	Concentración por 1 mes (promedio)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
			TULSMA	
			VIDA ACUÁTICA	USO PECUARIO
Nitratos	mg L ⁻¹	3,20 ± 1,13	13	50
DQO(M.O)	mg L ⁻¹	1409,06 ± 310,39	40	No registra

Fuente: LIBRO VI ANEXO 1. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso.

Tabla 2. Norma Peruana de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua con fines recreativos y conservación del ambiente acuático.

Parámetros	Unidad	Concentración por 1 mes (promedio)	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
			NORMA PERUANA	
			USO RECREACIONAL	VIDA ACUÁTICA
Nitratos	mg L ⁻¹	3,20 ± 1,13	10	10
DQO(M.O)	mg L ⁻¹	1409,06 ± 310,39	30	No registra

Fuente: Ministerio del Ambiente del Perú.

3.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

El costo de implementar el mecanismo de recolección de las aguas de escorrentía (Tabla 3) en época de lluvia para Santo Domingo es de \$ 116,81 durante 1 mes de evaluación.

Tabla 3. Costos para ejecutar la construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía” para determinar la concentración de materia orgánica y nitratos en un cultivo de plátano, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

Materiales	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Sonda de nitratos			
Perfil de Aluminio	2	0,75	1,50
Exagonales	30	0,08	2,28
Pernos	30	0,15	4,43
Adaptador de Manguera	1	2,00	2,00
Manguera Plástica	1 m	0,75	0,75
Tubo PVC 50mm	1 m	0,93	0,93
Reductor 75 a 50 mm	1	2,30	2,30
Tubo PVC 75 mm	1 m	1,74	1,74
Botella Plástica 6L	1	0,30	0,30
Bisagras	2	1,95	3,89
Malla	1	1,59	1,59
Aluminio Compuesto	2 paneles	7,00	14,00
Muestreo			
Botellas plásticas	2	0,30	0,60
Análisis de laboratorio			
Análisis de nitratos	4	10,00	40,00
Análisis de materia orgánica (DQO).	4	10,00	40,00
Mantenimiento			
Recolector de agua	2	0,25	0,50
Total			116,81

Se considera que la vida útil del mecanismo dependerá del cuidado que le den las personas que lo usen. Los análisis de laboratorio presentaron un mayor costo que suma un total de \$ 40. Los costos por construcción de los brazos recolectores de escorrentía fueron menores \$35,71 significando un método asequible para que se pueda implementar, no se requiere tecnología, además no necesita un manejo o mantenimiento continuo. Cabe señalar que el mantenimiento se lo haría después de que la botella recolectora haya almacenado agua.

Para un mayor uso del mecanismo se sugiere evaluar la concentración de más parámetros en diferentes puntos, para que se pueda hacer una mejor comparación con normas nacionales e internacionales y observar si se

encuentran dentro de los límites máximos permisibles y así poder dar un uso a las aguas recolectadas.

3.5. MANUAL DEL USUARIO

3.5.1. DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO

En una superficie de 4,95 ha de cultivos de plátano, se delimitó una zona de muestreo con un área de 1m², la dimensión de área viene determinada por la abertura del brazo del mecanismo, simulando una micro parcela la cual es una alternativa económica y que, debido a las precipitaciones que se generan en Santo Domingo, permite tomar muestras significativas y que el envase recolector no se vea subdimensionado con respecto a zonas con un área mayor(Abril, López, & Reyes, 2017).

3.5.2. USO DE LOS BRAZOS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA

La función de este mecanismo es recolectar y almacenar las aguas de escorrentía. Un segundo uso es la recolección de datos a través de la acumulación del líquido en la botella recolectora. Los brazos desvían las aguas de escorrentía hacia el canal conductor, y recoge según su abertura, para este proyecto se decidió una abertura de 1m debido a la capacidad de la botella recolectora (Fig. 3).

3.5.3. INSTALACIÓN DEL EQUIPO

En una plantación de plátano de la facultad, se desarrolló, probó y calibró el mecanismo, lo que permitió corregir fallas para su correcto funcionamiento. Se instaló un solo equipo ya finalizado en el mes de mayo de 2018 para la recolección de muestras en un solo punto aguas abajo. Se realizó una perforación en el suelo para colocar la botella recolectora bajo la superficie del terreno. Las estacas que se encuentran en el brazo se las presionaron al suelo para evitar el movimiento del equipo (Fig. 4).

Los bordes de los brazos se instalaron cuidadosamente, se enterró lo suficientemente profundo como para evitar filtraciones por debajo y deben tener un alto adecuado para evitar desbordamientos de agua (particularmente en el lado superior), para ello las láminas de aluminio (material con el que fue construido los brazos) deben superponerse o unirse firmemente por los extremos para evitar fugas de agua.

Se debe de hacer un pequeño relleno de tierra amontonando contra el lado exterior de los bordes para evitar el encharcamiento o el flujo de agua hacia el borde; la tierra se adjuntó contra la pared del borde sin dejar que se forme un canal que podría convertirse en un surco. La pendiente donde se instaló

el mecanismo para la recolección de las aguas tuvo un ángulo de $9,40^\circ$. Para su uso los usuarios deben instalarlo sobre áreas de mayor pendiente lo cual favorece el almacenamiento de dichas aguas a diferencia de áreas de menor pendiente que delimitaran su eficiencia.

3.5.4. MATRIZ DE AVANCE Y CONSTRUCCIÓN DE LOS “BRAZOS RECOLECTORES DE ESCORRENTÍA”.

MATRIZ	
 <p>Se inició con un diseño a borrador para corrección de fallas.</p>	 <p>Instalación del equipo a borrador para pruebas.</p>
 <p>Equipo terminado con material de aluminio compuesto y tubos PVC.</p>	 <p>Instalación con el equipo terminado, para la recolección de las aguas.</p>



Fig. 4. Matriz de avance y construcción de los “Brazos recolectores de escorrentía”, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

3.5.5. MUESTREO DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA

La toma de muestras se realizó por 4 veces durante el mes de mayo, se consideró este mes para aprovechar el fin de la época lluviosa. Se procedió a recolectar la muestra al siguiente día de lluvia, la botella recolectora se sellaba y se llevaba íntegramente al laboratorio y se reemplazaba por otra botella similar.

El manejo de recolección de las muestras se realizó de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169 (Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras) que establece técnicas generales para la conservación de muestras (INEN, 2013), como se indica en la (Tabla 4).

Tabla 4. Técnicas generales para la conservación de muestras análisis químicos.

Parámetros	Tipo de recipiente P = plástico V = vidrio VB = vidrio borosilicatado	Técnicas de Conservación	Tiempo máximo de conservación antes del análisis.
DQO (demanda química de oxígeno)	P o V (preferible vidrio para contenidos bajos de DQO)	Acidificar a pH <con 1 a 2 con H ₂ SO ₄ , Congelamiento-20 °C, guardar en la oscuridad	1 mes
Nitrato	P o V	Acidificar a pH 1 a 2 con HCl refrigerar hasta 2°C y 5°C	24 h

Tomado de: Norma INEN 2169. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.

3.5.6. ANÁLISIS QUÍMICO DE NITRATOS DE AGUAS DE ESCORRENTÍA

Para la determinación de la concentración de nitratos en el agua se analizó por el método de sulfato de brucina (Aguilar, 2001). Se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Tomar 5 mL de muestra y colocarlos en los tubos para nitratos.
2. Poner los tubos en un recipiente con agua fría.
3. Cuando los tubos ya están introducidos en el agua agregar 1 mL de la solución de cloruro de sodio a cada tubo (30%: NMX-AA-079-SCFI-2001).
4. Agitar bien la muestra.
5. Posteriormente agregar 5 mL de disolución de ácido sulfúrico (al 80%), mezclar bien y dejar enfriar.
6. Si desarrolla color o turbiedad, sacar los tubos y leer en el espectrofotómetro a 410 nm.
7. Añadir 0,20 mL de reactivo de brucina-ácido sulfanílico.
8. Mezclar bien.
9. Sacar los tubos y colocarlos en agua en ebullición manteniendo la temperatura a 80 °C durante 20 minutos.
10. Sacar los tubos del agua hirviendo y colocarlos en el agua fría.
11. Finalmente se leyó el testigo y las muestras midiendo la absorbancia a 410 nm en el espectrofotómetro.

$$Y = mX + b$$

Dónde:

m = Es la pendiente;

b = Es la ordenada al origen;

Y = Es la absorbancia, y

X = Es la concentración (mg N-NO₃⁻/L)

3.5.7. ANÁLISIS QUÍMICO DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS DE ESCORRENTÍA

La determinación de la concentración de la materia orgánica en aguas se analizó a través de la Demanda Química de Oxígeno, cantidad de oxígeno necesaria para su completa oxidación. Este parámetro se analizó mediante el método de reflujo cerrado tal como establece en la normativa mexicana NMX-AA-030/2-SCFI-2011.

1. Se colocó 2,5 mL de muestra en los viales de digestión para DQO, preparando un blanco con 2,5 mL de agua destilada.
2. Se agitó los viales y se destapo para que los gases producidos no generen ninguna reacción al momento de leer las soluciones.
3. Se ubicó en el digestor previamente precalentado a 150°C durante 120 min.
4. Una vez transcurrido el tiempo se retiraron los y se los dejó enfriar a temperatura ambiente.
5. Una vez fría la solución, se tomó 3 mL de muestra (blanco) y se colocó dentro del fotolorímetro para calibrar a 600 nm de longitud de onda.
6. Una vez calibrado el equipo se midió la absorbancia de las soluciones. Los resultados se expresaron en mg L⁻¹.

La absorbancia de las soluciones se calculó de la siguiente fórmula:

$$Y \text{ mg L}^{-1} = mX + b$$

Dónde:

Y = Absorbancia

m = Pendiente de la recta

X = Concentración

b = Punto de intersección con el eje de la Y

3.5.8. MANTENIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

Rejilla. La rejilla debe ser revisada al siguiente día de lluvia por lo que las aguas de escorrentía arrastran sedimentos y escombros como: restos de hojas, palos que pueden obstruir la rejilla y el canal conductor puede tener averías.

Botella recolectora. Este recipiente se debe cambiar o lavar cuando se haya llenado, ya que por almacenar aguas de escorrentía posee sedimentos que puede acumularse e impedir la toma de muestras.

Canal conductor. En caso de encontrarse sedimentos o averías en el tubo se debe limpiar inmediatamente para evitar su acumulación. La manguera plástica debe estar conectada a la botella en su sitio original para que conduzca el agua correctamente. La base del canal conductor debe mantenerse sujeta al suelo y ubicarla correctamente. Si el instrumento no recolecta agua después de un día de lluvia se debe revisar el canal conductor no este obstruido por sedimentos o tal vez reubicarlo en otro lugar cercano con pendiente.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. CONCENTRACIÓN DE NITRATOS EN AGUAS DE ESCORRENTÍA

Se pudo medir la concentración de nitratos en muestras de agua de escorrentía tomadas con el aliviador de brazos en el cultivo de plátano. Los nitratos permanecieron bajo el límite máximo permisible de 10 mg L^{-1} para el uso recreativo y conservación del ambiente acuático establecido en la Norma Peruana (2008), lo cual significa que este parámetro evaluado está dentro de los rangos de calidad (Tabla 2).

El 03/05/2018 se registró el nitrato en $0,86 \text{ mg L}^{-1}$ y el 31/05/2018; fue el punto que mostró mayor variación, con una concentración de $6,28 \text{ mg L}^{-1}$. El agua para uso pecuario si cumple con el rango permisible de nutrientes según el TULSMA de calidad del agua estableciendo un límite máximo permisible de 50 mg L^{-1} . La concentración de nitratos en las 4 fechas fue menor que el límite máximo permisible para la vida acuática y uso pecuario (TULSMA, 2015). Se observó que hubo variación numérica de la concentración (Fig. 5). Cabe recalcar que es aconsejable que se realicen análisis de otros parámetros para garantizar la calidad del agua de escorrentía para el uso pecuario y vida acuática.

Los resultados indican que el aliviador de brazos cumplió con su función de recolectar fácilmente el agua de escorrentía en el cultivo de plátano para medir los nitratos del agua.

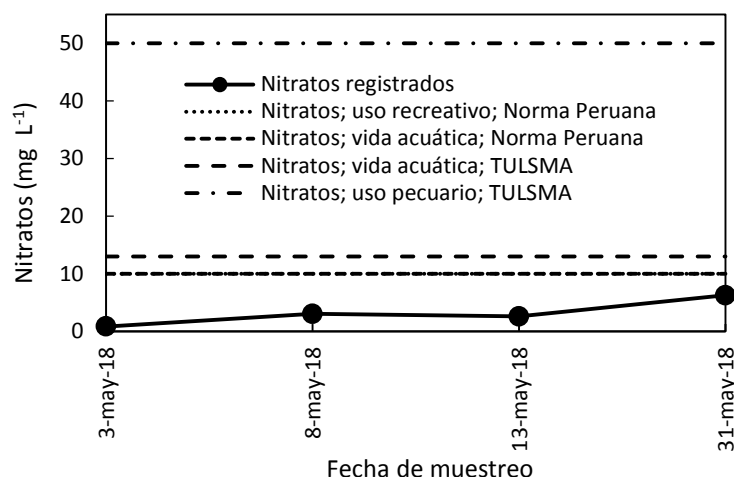


Fig. 5. Nitratos del agua de escorrentía de un cultivo de plátano en fin de época de lluvia muestreados en una unidad de muestreo con los brazos recolectores de escorrentía y las reglamentadas por el TULSMA y la Norma Peruana para aguas de uso recreativo, uso pecuario y vida acuática, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

El objetivo de esta investigación fue construir un aliviador de brazos asequible y fácil de usar para recolectar aguas de escorrentía que permitan medir los nitratos y materia orgánica como demanda química de oxígeno (DQO) en el agua, por tanto la información registrada de nitratos se tomó en una unidad de muestreo ubicada en un cultivo de plátano y no es útil para concluir para todo el cultivo.

Los nitratos no sobrepasaron la norma debido posiblemente a que tenían nivel bajo en el suelo (Orsag *et al.*, 2013).

Abril, López y Reyes (2017) investigaron la escorrentía a través del uso de micro parcelas experimentales construidas de forma similar a los “Brazos recolectores de escorrentía” de la presente investigación y pudieron registrar datos.

4.2. CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS DE ESCORRENTÍA

La preservación de la vida acuática en aguas dulces es muy importante para que exista un equilibrio ecológico, por tanto se determinó que el agua de escorrentía tomada en un punto de un cultivo de plátano excede en la concentración de materia orgánica (DQO) con respecto a la norma de calidad de agua del TULSMA ya que establece como límite máximo permisible 40 mg L^{-1} . Según los resultados el agua de escorrentía no se encuentra en un estado óptimo para preservar la vida acuática (TULSMA, 2015).

La materia orgánica expresada como DQO fue mayor que el límite máximo permisible de 30 mg L^{-1} para fines recreativos de la Norma Peruana (2008). El 3/05/2018 se registró una DQO de $727,45 \text{ mg L}^{-1}$, el 8/05/2018 aumento su concentración con un dato de $2233,49 \text{ mg L}^{-1}$, debido al aumento de precipitación de la época lluviosa, el 13/05/2018 disminuyo su concentración con un valor de $1307,46 \text{ mg L}^{-1}$ y el 31/05/2018, fue de $1370,07 \text{ mg L}^{-1}$ lo cual exceden en todos los criterios mencionados de la tabla 1 y tabla 2 de calidad de agua para el TULSMA y norma peruana. Las variaciones presentadas son numéricas (Fig. 6).

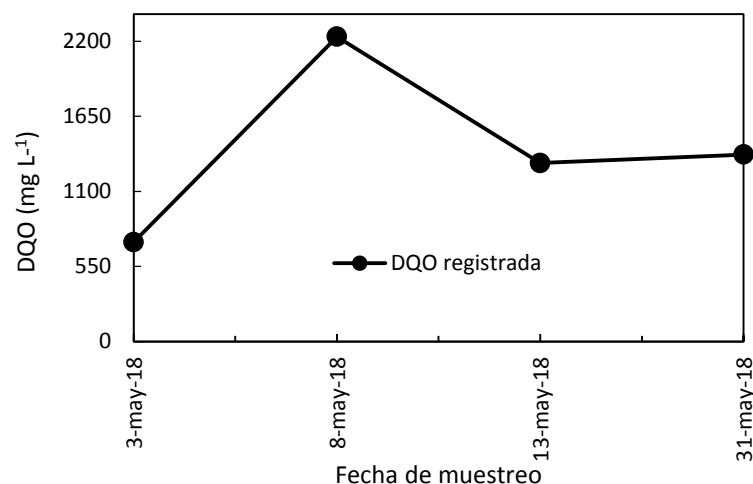


Fig. 6. Materia orgánica a través de la Demanda química de oxígeno (DQO) registrada en el agua de escorrentía en un cultivo de plátano, Santo Domingo, Ecuador, 2018.

Cabe recalcar que el TULSMA no presenta para este parámetro límites máximos permisibles para el uso pecuario ni la Norma Peruana para la conservación del ambiente acuático sin embargo, se pudo comprobar a través de la recolección de datos el correcto funcionamiento de los brazos de escorrentía al ser capaz de recolectar aguas de escorrentía en un cultivo de plátano para medir la materia orgánica expresada como DQO y nitratos, observándose un mínimo de fallas.

El exceso de la DQO se debería a la falta de protección del suelo para disminuir su erosión por escorrentía. La erosión estaría causando la pérdida del suelo que contendría materia orgánica (Abril, López y Reyes, 2017).

No obstante, los registros realizados de la DQO son insuficientes para concluir que el cultivo estaría contaminando con las aguas de escorrentía, por las razones indicadas en la sección 4.2.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La construcción del aliviador de brazos es asequible, fácil de usar y permite muestrear el agua de escorrentía en un punto de un cultivo de plátano susceptible de erosión.

Los nitratos medidos en una unidad de muestreo de 1 m² y en cuatro fechas distintas, no sobrepasó el límite máximo permisible según los diferentes Estándares de Calidad del agua para: uso recreativo, uso pecuario y conservación del ambiente acuático. Por otro lado, la demanda química de oxígeno sobrepasó los límites máximos permisibles debido al alto contenido de materia orgánica y se determinó que el 8/05/2018 fue la fecha que presentó el valor más alto de DQO obtenido durante el periodo de muestreo. Las normas de calidad de agua para la comparación fueron: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso agua Libro VI Anexo 1 y Norma Peruana de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del agua.

Debido a que el objetivo del presente trabajo fue construir un aliviador de brazos de fácil acceso y probar su funcionamiento para recolectar aguas de escorrentía en un cultivo de plátano, la cantidad de datos registrados de nitratos y materia orgánica como demanda química de oxígeno se hizo en una unidad de muestreo durante un mes, por lo cual no permite concluir el nivel de contaminación por escorrentía del cultivo. Además la cantidad de agua fue medida en un solo punto y por un mes, por lo tanto no sirve para determinar la calidad de agua de escorrentía en todo el terreno por lo que se recomienda hacer un estudio posterior para encontrar dicha respuesta.

Por otra parte se recomienda realizar análisis físico-químicos y demás, con el objetivo de garantizar la calidad del agua para el uso pecuario y se sugiere investigar el nivel de contaminación que generan los cultivos por las aguas de escorrentía durante la época lluviosa en diferentes puntos.

REFERENCIAS

- Abril, R., López, A., y Reyes, J. (Mayo de 2017). Influencia de dosel y sotobosque en pérdida de suelo por escorrentía en bosque de realce. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental, la Habana* 38(2) : 17-28. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n2/riha02217.pdf>
- Aguilar, M. (2001). *Análisis de aguas - Determinación de nitratos en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas*. Método de prueba - Método de prueba - Secretaría de Economía, México.
- Carvajal, A. (Septiembre de 2017). *Tecnología del Plástico*. <http://www.plastico.com/temas/Realizan-estudio-sobre-ciclo-de-vida-de-tubos-de-PVC+121668>
- CONAGUA. (2010). *Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico*: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20338/Capitulo4.pdf>
- Coras, P., Schlam, F., Diakite, L., y Arteaga, R. (Agosto de 2016). Esguerrimiento superficial como fuente de excesos de agua sobre terrenos agrícolas tropicales. *Agricultura Técnica en México*: 32(2): 25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000200004.
- FAO. (4 de Diciembre de 2015). *Los Suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>
- Ferdandéz, H., y Figueroa, L. (Enero-Junio de 2014). Erosión Hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecología Aplicada* 13(1): 15-22. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v13n1/a02v13n1.pdf>.
- González, O., Bojórquez, J., Flores , F., Murray, R., y González, A. (2016). Riesgo de erosión hídrica y estimación de pérdida de suelo en paisajes geomorfológicos volcánicos en México. *Cultivos tropicales* 37(2): 45-55. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n2/ctr06216.pdf>
- Hill, M., Clérici, C., Mancassola, V., y Sánchez, G. (2015). Estimación de pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres diferentes sistemas de manejo hortícola del sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 19(1), 13-20. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v19n1/v19n1a11.pdf>
- Hudson. (1997). "Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía". *Boletín de suelos de la FAO - 68, Organización de las*

Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/T0848S00.htm>.

Hudson, N. W. (1997). *Boletín de suelos de la FAO*. Obtenido de Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/t0848s01.htm>

INEC. (2015). Censo de Población y Vivienda. *Agenda Zonal Zona 4*, 156.

INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2913*. Obtenido de Agua - Calidad del Agua - Muestreo - Manejo y Conservación de Muestras.: <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>

Jaramillo, J. (2015). *Estudio del riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el muestreo U.S.L.E, mediante herramientas S.I.G, aplicado en la subcuenca río portovijo, provincia de Manabí*.(Tesis de maestría). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/4235/1/T-UCE-0011-64.pdf>

Jiménez, S. (1980). Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge. CATIE: Turrialba, Costa Rica.

Lopez, F. (2011). *La degradación de los suelos por erosión hídrica: Métodos de estimación*. Murcia: Universidad de Murcia.

MAGAP. (2016). *Boletines Zonales Integrales y temáticos-Zona4*. Obtenido de Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/edicion-impresada/2016/abril/abril-16-zona-4.pdf>

Martínez, G. F., Ojeda, B. D., Hernández, R. A., Martínez, T. J., y Quezada, G. (Marzo de 2011). *El exceso de nitratos: Un problema actual en la agricultura*. Obtenido de http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf

Ministerio del Ambiente del Perú. (2008). *Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el agua. DECRETO SUPREMO N°002-2008-MINAM*.

http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/ds_002_2008_eca_agua.pdf

- Morgan, R. (1997). *Erosión y Conservación del Suelo*. En R. Morgan. Mundi-prensa Libros S.A.
- Nelson, J. (2015). *Estimación de la erosión hídrica a través de modelación mediante un sig, en la zona cañera de la vertiente del pacífico de Guatemala (Tesis de grado)*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/17/Nelson-Juan.pdf>
- Norma Oficial Mexicana. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-000-SSA1-2010, Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, su control y vigilancia*. Obtenido de <http://www.ecomexsa.com/wp-content/uploads/2013/08/temas-de-interes.pdf>
- Orsag et al. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua. *Tinkazos* 33(1): 24: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbcst/v16n33/v16n33a06.pdf>.
- Pérez, G. (2015). *Ciclo Hidrológico*. Obtenido de https://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial
- Sapiña, N. F. (2011). *¿Un futuro sostenible?: El cambio global visto por un científico preocupado*. Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Sarasty, J., Ortega, J., Castillo, J., y Chaves, G. (06 de Diciembre de 2016). Diagnóstico de problemas de manejo del suelo con abonos orgánicos utilizando un minisimulador de lluvia. *Rev. Cienc. Agr.* 34(2): 46 - 61. doi. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v34n2/v34n2a04.pdf>.
- SINAGAP. (Septiembre de 2015). *Boletín de Precipitación y Temperatura*. Obtenido de Sistema de Información Nacional Agricultura, Acuicultura y Pesca: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/tematicos_zonales/precipitacion_temperatura/2015/ag-z4-sep-15.pdf
- Suquilanda, M. (2003). El deterioro de los suelos del Ecuador y la producción Agrícola. *XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*, (pág. 19). Ecuador.
- Tayupanta, J., y Córdova, J. (1990). Algunas alternativas agronómicas y mecánicas para evitar la pérdida de suelo. Quito, Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

Torres, R. (2010). *Manejo de Aguas de Escorrentía*. Obtenido de <http://www.uprm.edu/manejodeaguas/manejodeaguas.pdf>

TULSMA . (2015 de Noviembre de 2015). *Acuerdo Ministerial No. 097-A*. Obtenido de Anexo 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>