

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**MONITOREO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES
PARA USO AGRICOLA EN EL VALLE DE VILLA DE SAN FRANCISCO F.M**

PRESENTADO POR:

OLVIN LEONEL RODRIGUEZ FLORES

DIAGNOSTICO



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

**MONITOREO DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES
PARA USO AGRÍCOLA EN EL VALLE DE VILLA DE SAN FRANCISCO F.M.**

POR:

OLVIN LEONEL RODRIGUEZ FLORES

M.Sc. RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN
Asesor Principal (Honduras)

DIAGNOSTICO

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2013

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso por darme la vida, salud, sabiduría e inteligencia para concluir este periodo de estudio.

A mis padres Nelson Rodriguez y Vilma Flores por el apoyo incondicional, el cuidado, sus consejos y esfuerzo que han hecho por mis estudios para superarme y tener éxitos en la vida.

A la mujer valiosa y virtuosa que Dios puso en mi vida si a ti mi futura esposa Licenciada Isis Díaz (mi prometida) por sus consejos y apoyo en momentos difíciles que cruce en mi periodo de estudio.

A mi abuela Marta Hernández Q.D.D.G, siempre la llevare en mi corazón y recuerdos, aunque ya estés en el cielo con papa Dios.

A mi hermano ejemplo Nelson Flores por sus consejos y apoyo te quiero hermano.

A mis hermanos Magaly Rodriguez, Enil Flores, Evin Flores y Dioxana Rodriguez para que se sientan orgullosos de que lo logramos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente a mi DIOS por darme la oportunidad de alcanzar la meta, lograr uno más de mis sueños, ser mi fortaleza mí guía, mi ayuda en cada momento de mi vida y en el transcurso de mi carrera profesional.

A mis padres Nelson Rodriguez y Vilma Flores por el gran apoyo incondicional que me han brindado, al igual por sus consejos, regaños, por el sacrificio y esfuerzo que han hecho para ayudarme a alcanzar la meta y formarme como Ingeniero Agrónomo a ustedes que los llevo en mis venas los cuales han sido mi inspiración y motor de fuerza para continuar.

A la mujer inteligente llena de fortaleza y sueños, con la que hemos pasado momentos difíciles pero con la ayuda de Dios los hemos superado, a ti mi amor por esas palabras de aliento que me daban fuerzas para continuar y darme cuenta que si era posible llegar a la meta y triunfar es por ti mi prometida Licenciada Isis Díaz (BRISA) quien eres mi motivación para seguir adelante.

A la profesora Mayra Ponce por sus palabras de aliento en mis momentos difíciles.

A mis hermanos Nelson Flores, Magaly Rodriguez, Dioxana Rodriguez, Evin Flores y Enil Flores que han sido mi motivación para seguir adelante.

A mi tío Jorge Flores por enseñarme a trabajar en el campo y a su esposa Nery Mairena por su aprecio, cariño y brindarme su apoyo de mi alimentación durante mi práctica profesional.

A mis amigos Carlos Hernández, al ingeniero Emerson Merlo y a sus familias por su aprecio, cariño y consejos.

Al señor alcalde ingeniero Janio Borjas por ayudarme a tramitar mi ingreso a la Universidad Nacional de Agricultura la cual ha sido una de mis puertas al éxito.

A la Universidad Nacional de Agricultura por abrirme las puertas, ser mi segunda casa, formarme como profesional y postularme como Ingeniero Agrónomo.

A mis asesores M. Sc. Ramón León Canaca Calderón, M. Sc. Esmelym Obed Padilla Ávila y el Ing. Keeryn Armando López López.

A la compañía Azucarera Tres Valles por abrirme las puertas y proporcionarme la ayuda y la oportunidad para poder llevar a cabo mi estudio de tesis.

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE CUADROS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.....	1
2.1. General.....	1
2.2. Específicos.....	1
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. El agua.....	3
3.2. Aguas superficiales.....	4
2.3. Parámetros fisicoquímicos del agua	5
3.3.1. Turbidez.....	5
3.3.2. Sólidos en suspensión	5
3.3.3 Color.....	5
3.3.4 Conductividad eléctrica.....	6
3.3.5 Magnesio	6
3.3.6 Manganeseo.....	6
3.3.7 Sodio.....	7
3.3.8 Potasio	7
3.3.9 Cloruros	7
3.3.10 Calcio.....	8
3.3.11 Sulfatos	8
3.3.12 Dureza.....	8

3.3.13	Nitrógeno	9
3.3.14	Nitratos (NO_3^-)	9
3.3.15	Nitritos	10
3.3.16	Cloro	10
3.3.17	Fósforo	10
3.3.18	Fosfatos	10
3.3.19	Hierro	11
3.3.20	Boro	11
3.3.21	Zinc	11
3.3.22	Oxígeno disuelto	12
3.3.23	pH	12
3.4	Contaminación del agua superficial	12
3.5	Aforo o medición del caudal	13
3.6	Importancia de los sistemas de riego presurizados	13
3.7	Riego por goteo subterráneo	14
3.8	Riego por aspersión	14
3.9	Coeficiente de uniformidad y distribución de riegos presurizados	14
IV	MATERIALES Y MÉTODO	16
4.1	Descripción del sitio de estudio	16
4.2	Situación específica del trabajo	17
4.3	Materiales y equipo	17
4.4	Método	17
4.5	Ubicación de los puntos de muestreo	18
4.6	Aspectos referidos a los equipos y materiales de muestreo	18
4.7	Toma, identificación, conservación y envío de las muestras	19
4.7.1	Toma de muestra	19
a.	Muestras para análisis físico-químico y biológico	19
4.7.2	Identificación de las muestras de agua	20
4.7.3	Conservación de las muestras de agua	20
4.7.4	Envío de las muestras	20
4.8	Variables evaluadas	20

4.8.1	A nivel de laboratorio	20
4.9	Medición de caudales	21
4.9.1	Selección del sitio	21
4.9.2	Medición de la sección transversal	22
4.9.3	Medición de la velocidad usando el molinete	22
4.9.4	Estimación de caudal	22
4.10	Selección del área para estimar el coeficiente de uniformidad y distribución	23
4.10.1	Evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución en riego por aspersión	23
4.10.2	Evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución en riego por goteo	25
V	RESULTADOS Y DISCUSION	26
5.2	Parámetros Físicos	27
5.2.2	Sólidos en suspensión	27
5.2.3	Dureza	27
5.2.4	Conductividad eléctrica	28
5.3	Parámetros químicos	28
5.3.1	Magnesio	28
5.3.2	Manganeso	29
5.3.3	Sodio	30
5.3.4	Potasio	31
5.3.5	Cloruros	32
5.3.6	Calcio	33
5.3.7	Sulfatos	34
5.3.8	Nitratos	34
5.3.9	Nitritos	35
5.3.10	Hierro	35
5.3.11	Boro	37
5.3.12	Zinc	37
5.3.13	pH	38

5.4	Disponibilidad de agua superficial en caudales.....	38
5.5	Uso potencial de las aguas superficiales utilizadas para riego en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) en la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV).....	40
5.6.	Proyección de la capacidad de expansión en área productiva en relación a la disponibilidad de agua en el rio Choluteca y el rio Yeguares.....	40
5.7.	Uso potencial de los cuerpos de agua para la agricultura en el valle de la Villa de San Francisco F.M.	41
5.8	Evaluación del sistema de riego por aspersión.....	42
5.9	Evaluación del sistema de riego localizado por goteo.....	43
VI	CONCLUSIONES.....	26
VII	RECOMENDACIONES	26
VIII	BIBLIOGRAFIA.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.	16
Figura 2. Recolección de agua durante el turno de riego	24
Figura 3. Disposición de los vasos pluviométricos para la evaluación de un sistema de riego por aspersión.	24
Figura 4. Descubrimiento de los laterales para la toma de datos y evaluación del sistema de riego por goteo.	25
Figura 5. Esquema de los puntos de medición para determinar el coeficiente de uniformidad y distribución en riego por goteo.	26
Figura 6. Georeferencia del punto de medición y muestreo de agua en el puente de cantarranas ubicado en el río Choluteca y del punto ubicado en el puente del río Chiquito.	26
Figura 7. Georeferencia del punto de medición y muestreo de agua en el puente Ojo de agua ubicado en el río Yeguares.	26
Figura 8. Valores de magnesio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	29
Figura 9. Valores de sodio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	31
Figura 10. Valores de potasio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	31
Figura 11. Valores de cloruro (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	32
Figura 12. Valores de calcio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	33
Figura 13. Valores de sulfato (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	34
Figura 14. Valores de hierro (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.	36
Figura 15. Promedios comparativos en monitoreos mensuales de caudales durante el período, enero de 2011 a marzo de 2013 en el río Choluteca.	39
Figura 16. Porcentaje de productores que utilizan agua del río Choluteca y río Yeguares.	42

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos y biológicos que debe reunir el agua superficial.....	4
Cuadro 2. Método de análisis para cada parámetro según laboratorio.....	21

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Identificación de muestras de agua.....	52
Anexo 2. Requisito para toma de muestras de aguas y su manipulación.....	53
Anexo 3. Compañía Azucarera Tres Valles	54
Anexo 4. Análisis de aguas para riego	55
Anexo 5. Análisis de aguas para riego	56
Anexo 6. Promedios comparativos en monitoreos mensuales de caudales durante el período, enero de 2011 a marzo de 2013 en el río Choloteca	57
Anexo 7. Volumen de agua registrada en la evaluación del sistema de riego por aspersión.....	57
Anexo 8. Volumen de agua registrada en la evaluación del sistema de riego por goteo.....	58
Anexo 9. Calculo de la expansión máxima en área productiva en relación a la disponibilidad de agua del río Choloteca en el mes de abril.....	59
Anexo 10. Calculo de la expansión máxima en área productiva en relación a la disponibilidad de agua del río Yeguares en el mes de abril.....	60

RODRIGUEZ, OL. 2013. Monitoreo de la calidad y cantidad de aguas superficiales para uso agrícola en el valle de villa de san francisco F. M. Tesis. Ing. Agr. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 74 p.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el valle de la Villa de San Francisco, Francisco Morazán, con el objetivo de analizar la calidad, cantidad y el uso potencial de agua en las áreas productivas de la Compañía Azucarera Tres Valles y de los productores de la zona, para lo cual se utilizaron los registros de caudales medidos desde enero del año 2011 hasta septiembre del año 2013. También se recolectaron muestras de agua del río Choluteca, río Chiquito y río Yeguares, para analizar la calidad a través de los siguientes parámetros físicos y químicos: Sólidos en suspensión, Dureza, Conductividad eléctrica, Magnesio, Manganeseo, Sodio, Potasio, Hierro, Calcio, Zinc, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Boro, Cloruros, y pH. Así mismo se determinó el coeficiente de uniformidad y distribución del sistema de riego por aspersión seleccionando una área de 3.8 mz cultivadas con caña de azúcar. Se utilizaron 64 recipientes con 12 cm de diámetro los cuales se distribuyeron en forma de malla separados a una distancia de 5 mts para recolectar el agua entregada por los aspersores en un tiempo de 2 horas, al igual para evaluar el sistema de riego por goteo se seleccionó un área de 5.8 mz cultivadas con caña de azúcar, dentro de la cual se enumeraron 4 laterales para la colocación de 4 recipientes para recolectar el agua entregada por turno de riego en cada emisores al inicio, a 2/4 del origen, a 3/4 del origen, y al final de cada lateral. Según el análisis de agua el potasio presenta en el río Chiquito 111.44 mg/l, en el río Choluteca 91.10 mg/l y en el río Yeguares 51.22 mg/l valores por encima de los permisibles. Ambos sistemas de riego presentaron un coeficiente de uniformidad y distribución bajo de 56% para el riego por aspersión y 54% el riego por goteo.

Palabras clave: Análisis de agua, coeficiente de uniformidad y distribución de riego, calidad de agua, parámetros, niveles permisibles, uso potencial de agua.

I. INTRODUCCION

El agua es un compuesto con características únicas, de gran significancia para la vida. El 97% del agua del planeta se encuentra en los océanos, mientras que el porcentaje restante se reparte entre lagos y ríos (0.02%), capas y humedad del suelo (0.58%), glaciares (2.01%) y la atmósfera (0.001%). Sólo un 2.6% del total de agua es dulce y sirve para consumo humano. Un 70% de la misma se destina a la agricultura, un 23% a la industria y sólo un 8% al consumo doméstico (Euceda, 2005).

Las aguas superficiales suelen ser contaminadas principalmente por residuos domésticos e industriales, también suelen ser más turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en disolución.

En Honduras, el potencial de las aguas superficiales es fuerte, pero ha sido muy mal empleado y manejado por particulares y empresas tanto a nivel gubernamental como privado por lo cual la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV) se ha visto en la necesidad de buscar alternativas para mejorar la eficiencia, calidad y cantidad del agua de uso agrícola y con ello, obtener mejores rendimientos en el cultivo de caña de azúcar.

En este trabajo se plantea crear una red de monitoreo, el cual se enfocara en determinar la cantidad y calidad de dichas aguas debido a que estas se están utilizando de manera continua para cubrir las necesidades de agua en las áreas productivas de caña. Esta red de monitoreo estará compuesta por 10 puntos distribuidos en la cuenca del Río Choluteca, Río Yeguares, Río Chiquito, con el objetivo de analizar la calidad y determinar el uso potencial de estas aguas.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Analizar la calidad, cantidad y el uso potencial de las aguas superficiales para uso agrícola en las áreas productivas de la Compañía Azucarera Tres Valles.

2.2 Específicos

- Cuantificar los parámetros físico-químicos de la calidad de agua del Rio Choluteca y sus afluentes y el uso potencial de las aguas superficiales utilizadas para riego en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV) y para la agricultura en el valle de la Villa de San Francisco F.M.
- Determinar la eficiencia de riego de los sistemas presurizados utilizados en las áreas productivas de caña de azúcar de la CATV.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El agua

El agua es un componente natural que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3,000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de hidrogeno y uno oxígeno que unidos entre si forman una molécula de agua, H_2O , la unidad mínima en que ésta se puede encontrar (Euceda, 2005).

El mismo autor menciona que el agua es un recurso vital tanto para el hombre como para el resto de los seres vivos. Gracias a las propiedades del agua la vida pudo abrirse paso. Todas las células de nuestro cuerpo y el de las plantas y animales están compuestas por agua, y es a través de ella que se realizan innumerables procesos biológicos. En la naturaleza el agua cumple funciones muy importantes como por ejemplo la fotosíntesis, la cual es el proceso por el cual las plantas transforman el CO_2 en compuestos orgánicos como la glucosa, el principal compuesto del cual los seres vivos sacamos energía, este no podría ser posible sin el agua.

Según el autor citado anteriormente determina la forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará el agua en el entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos; como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. Gran parte del agua del planeta, alrededor del 97%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituido por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0.7% se encuentra en forma de ríos y lagos

3.2 Aguas superficiales

Comprenden un complejo sistema de ríos, lagos, lagunas, humedales, mares. La composición física y química de las aguas superficiales se debe a la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles que se encuentran en estado iónico en el agua y que pueden ser de origen natural o antropogénico. Sus características físicas y químicas (cuadro 1) dependen de varios factores, siendo los tres principales: el ambiente climático, el ambiente geológico y la acción del hombre o contaminación (Caballero, 2007). Al agua que fluye por la superficie de la tierra hasta los cuerpos o masas de agua en la superficie se le conoce como escurrimiento superficial, y al agua que fluye por los ríos hasta los océanos se le denomina escurrimiento fluvial. Se considera que el 69 % del agua que llega a los ríos en toda la Tierra proviene de la lluvia y de la nieve derretida en sus cuencas, y el agua restante proviene de descargas de agua subterránea. Las cuencas fluviales, alimentadas en gran parte por la lluvia, ocupan el 60 % del área de tierra firme y sustentan al 90 % de la población mundial (Euceda, 2005).

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos y biológicos que debe reunir el agua superficial.

Parámetros Físicos	Parámetros Químicos	Parámetros Biológicos
Turbidez	Magnesio	Contaminación del agua superficial
Solidos en suspensión	Manganeso	
Color	Sodio	
Temperatura	Potasio	
Conductividad eléctrica	Cloruros	
	Calcio	
	Sulfatos	
	Dureza	
	Nitrógeno	
	Nitratos (NO ₃ ⁻)	
	Nitritos	
	Cloro	
	Fosforo	
	Fosfatos	
	Hierro	
	Boro	
	Zinc	
	Oxígeno disuelto	
	pH	

2.3 Parámetros fisicoquímicos del agua

3.3.1 Turbidez

En general, las partículas que producen turbiedad varían entre 1nm a 1mm y provienen de la erosión de suelos y materiales. La importancia sanitaria de la turbiedad radica en que por sus componentes arcillosos y orgánicos adsorben otros compuestos como plaguicidas, metales y microorganismos que ellos sí pueden ser dañinos. Particularmente, la turbiedad fomenta un mayor desarrollo de los microorganismos ya que sirve de superficie para que éstos se alimenten y reproduzcan. Para remover la turbiedad se emplea la coagulación-floculación, seguida de sedimentación y filtración. En caso de que el agua contenga una turbiedad > 100 UTN se puede aplicar un paso previo de sedimentación (CNA, 2007).

3.3.2 Sólidos en suspensión

Según el tipo de asociación con el agua, los sólidos pueden encontrarse suspendidos o disueltos. Según sus características y comportamiento, los sólidos pueden presentarse en tres estados que corresponden a tamaños progresivamente menores: suspensión, coloidal y disolución. Cuando hay verdadera solución, el soluto tiene dimensiones aproximadamente igual o inferiores a 1 mμ, cuando hay estado coloidal, el coloide tiene dimensiones que varían entre 1 mμ y 1000 mμ y cuando hay suspensión grosera, las partículas o gotas suspendidas tienen tamaños iguales o mayores de 1000 mμ (Castro de Esperanza, 1987).

3.3.3 Color

El color es importante, ya que da una indicación rápida de la calidad del agua. Hay dos tipos de color: el verdadero, producido por sustancias disueltas y que es el parámetro considerado en la norma; y el aparente, provocado por el color verdadero más el efecto de los sólidos en suspensión. El color en el agua de abastecimiento puede ser originado por la presencia de

iones metálicos como el hierro y el manganeso, las sustancias húmicas (materia orgánica proveniente de suelos turbosos) y el plancton o las algas (CNA, 2007).

3.3.4 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica en las aguas naturales se puede correlacionar con la cantidad de sólidos disueltos ya que estos son en su mayoría compuestos iónicos de calcio y magnesio. La presencia de altas concentraciones de estas sales afecta la vida acuática y en el caso del riego afecta a la vida de la planta y a la calidad de los suelos (Mejía, 2005).

3.3.5 Magnesio

Se origina de la meteorización de rocas, particularmente de minerales de silicato de magnesio y dolomitas. Es un elemento común en las aguas naturales, donde las concentraciones de Magnesio oscilan entre 1 y 100 ppm (Custodio y Llamas, 2001), la cual depende de los terrenos que atraviesa el agua. El magnesio tiene propiedades similares a las del ion calcio debido a su contribución a la dureza del agua; sin embargo, el comportamiento geoquímico es sustancialmente diferente al comportamiento del calcio porque es más soluble y algo más difícil de precipitar. Es esencial para la nutrición animal y vegetal en los cuerpos de aguas naturales (Caballero, 2007).

3.3.6 Manganeso

El manganeso es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre. El manganeso se asocia con cloruros, nitratos y sulfatos. Las concentraciones de manganeso disuelto en las aguas subterráneas y superficiales pobres en oxígeno pueden alcanzar varios miligramos por litro. En aguas oxigenadas, el manganeso forma sólidos insolubles que precipitan fácilmente. Acelera el crecimiento biológico en los sistemas de distribución, taponan tuberías, contribuye con los problemas de olor, color y sabor del agua potable (CNA, 2007).

3.3.7 Sodio

Está presente en el agua debido a la alta solubilidad de sus sales y a la abundancia de depósitos minerales (OPS, 1987); generalmente se encuentra en asociación con los cloruros, indicando su origen común. La mayoría del sodio encontrado en los ríos proviene de la meteorización de las rocas de NaCl. Una fracción importante del sodio en las aguas superficiales es de origen antropogénico, aportado por las escorrentías de las aguas residuales domésticas y de los fertilizantes. Alrededor del 28 % del sodio en los ríos a nivel mundial es de origen antropogénico (Allan 1995). La solubilidad del ión sodio es muy elevada y difícil de precipitar. Las concentraciones de sodio en fuentes naturales se encuentran entre 1 y 150 ppm (Custodio y Llamas, 2001).

3.3.8 Potasio

Custodio y Llamas, citado por Caballero (2007) afirma que es el menos abundante de los principales cationes en las aguas de los ríos y es el elemento menos variable. La solubilidad del ión potasio es muy elevada y difícil de precipitar, es afectado por el cambio de bases y es absorbido de forma muy poco reversible por las arcillas en formación, para formar parte de su estructura, circunstancias que lo diferencian del sodio. Las concentraciones del ión potasio varían de 0.1 a 10 ppm en agua dulce y solo muy raramente se puede tener salmueras de hasta 100,000 ppm.

3.3.9 Cloruros

Los cloruros son compuestos de cloro con otro elemento o radical, presentes en casi todas las aguas naturales y en un amplio intervalo de concentraciones. De los más abundantes y estables es el cloruro de sodio (sal común) y en menor grado el de calcio y magnesio. Los cloruros provienen de la disolución de rocas basálticas y sedimentarias así como de efluentes industriales. La concentración promedio de cloruro en el agua de mar es de 19,000 mg/l. En ríos y lagos es menor de 50 mg/l, pero puede aumentar si hay descargas de

agua contaminada; en aguas subterráneas, el contenido es de 6 mg/l (CNA, 2007).

3.3.10 Calcio

Custodio y Llamas, citado por Caballero (2007) afirma que es el catión más abundante en los ríos, se origina casi por completo de la meteorización de las rocas sedimentarias carbonatadas. La concentración de calcio conjuntamente con la de magnesio es utilizada para caracterizar las aguas duras y blandas. Es el principal constituyente de muchas rocas minerales comunes y tiene un solo estado de oxidación Ca^{2+} . La presencia de calcio proviene del paso del agua a través de depósitos de caliza, dolomita, yeso. Las concentraciones de calcio varían de 10 y 250 ppm en aguas dulces.

3.3.11 Sulfatos

El sulfato (SO_4) procede del lavado de terrenos formados en ambiente marino, de la oxidación de sulfuros que se encuentran ampliamente distribuidos en rocas ígneas y sedimentarias, de la descomposición de sustancias orgánicas, sin embargo, la disolución de sales sulfatadas (yeso y anhidrita fundamentalmente) representa el aporte cuantitativamente más importante de este ion a las aguas subterráneas. En aguas dulces, la concentración normal de sulfatos puede variar entre 2 y 150 mg/l. En aguas salinas, asociado al Ca, puede llegar a 5000 mg/l; asociado al Mg y Na puede alcanzar hasta 200,000 mg/l (Disponible en: .agua.uji.espdfleccionRH17).

3.3.12 Dureza

Es causada principalmente por las sales de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), en menor grado por Al, Fe, Mn y Zn. Por la variedad de compuestos que intervienen, la dureza se expresa como una cantidad equivalente de CaCO_3 . El agua con menos de 75 mg/l de CaCO_3 se considera blanda, entre 75 y 150 mg/l es moderadamente dura, de 150 a 300 mg/l es dura y

más de 300 mg/l es extremadamente dura. En general, las durezas elevadas se relacionan con aguas subterráneas mientras que valores bajos son característicos de aguas superficiales (CNA, 2007).

3.3.13 Nitrógeno

En las aguas superficiales se encuentra en forma de nitrógeno inorgánico disuelto (NID) como son el NH_4^+ , NO_3^- y el NO_2^- , las principales formas del nitrógeno orgánico disuelto (NOD) disponibles en los ecosistemas acuáticos son la urea, el ácido úrico y aminoácidos. El nitrógeno encontrado en las aguas superficiales proviene de residuos orgánicos, vertidos urbanos (desechos de origen humano o animal), industriales (cerveceras, mataderos y azúcares), así como del lavado de los suelos enriquecidos con abonos nitrogenados que por escorrentía superficial llegan a los cuerpos de agua y de la difusión desde la atmósfera (Caballero, 2007).

3.3.14 Nitratos (NO_3^-)

Los nitratos formados pueden servir como fertilizantes para las plantas. Los nitratos producidos en exceso, para las necesidades de la vida vegetal, son transportados por el agua; luego, estas se filtran a través del suelo, debido a que el suelo no tiene la capacidad de retenerlos, por ello, se pueden encontrar concentraciones superiores en aguas subterráneas. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco así como la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales, puede contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua. Estos son solubles y no adsorben a los componentes del suelo, por lo que son movilizados con facilidad por las aguas superficiales y subterráneas. Disponible en: (minem.gob.pe...SubCap%201.7%20Calidad%20de%20Agua).

3.3.15 Nitritos

Los nitritos son formados biológicamente por la acción de bacterias nitrificantes, en un estadio intermedio en formación de nitratos. La concentración del mismo en agua y vegetales es baja. Sin embargo, la conversión microbiológica de nitrato a nitrito puede ocurrir durante el almacenamiento de vegetales frescos a temperatura ambiente, en la cual puede alcanzar niveles elevados (Euceda, 2005).

3.3.16 Cloro

El cloro adquiere en el agua diversas formas, cada una de ellas con un poder desinfectante diferente que evoluciona con el tiempo, según la cantidad de materia orgánica, concentración de cloro, temperatura, radiación solar (Euceda, 2005).

3.3.17 Fósforo

Debido a que el fósforo se encuentra presente en cantidades relativamente altas en aguas residuales y aguas de riego agrícola. Aunque el fósforo no representa toxicidad o daño alguno, los herbicidas o plaguicidas organofosforados que también están presentes en las aguas de riego agrícola son una advertencia de la calidad del agua ya que la presencia de fósforo en el agua puede ser debida a los agroquímicos fosforados. Disponible en:

oocities.org/edrochacsanitariaparametros1.

3.3.18 Fosfatos

Compuestos esenciales en toda forma de vida acuática y es un limitante del crecimiento de las plantas. Su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, problemas de crecimiento de plantas indeseables en embalses y lagos, acumulación de sedimentos (Castro de Esperanza, 1987).

3.3.19 Hierro

La concentración promedio de hierro en el agua es de 0.09 mg/l (con intervalo de 0.00 – 0.36 mg/l). La presencia del hierro se debe a que es común encontrarlo en grandes cantidades en el suelo, aunque normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que se suceden en forma natural en el suelo, se pueden crear formas solubles de hierro que pueden contaminar el agua. A pesar que el consumo humano de aguas con hierro no tiene efectos nocivos para la salud, bajas concentraciones de este ion imparten sabores metálicos, Disponible en: [.fundacionescerrejon.org/formas...PonenciaUniguajiraJagueyes](http://fundacionescerrejon.org/formas...PonenciaUniguajiraJagueyes).

3.3.20 Boro

El boro juega un papel importante en la fisiología de los vegetales, es más frecuente encontrarlo en aguas residuales. El boro puede afectar prácticamente a todos los cultivos, la tolerancia es dependiente de la planta. Debido a la acción del boro sobre las plantas, el agua de irrigación no deberá contener más de un 1 mg/l (Rodier, 1981). El análisis químico del boro se utiliza para determinar la calidad del agua de riego, la tolerancia de los cultivos y establecer la calidad para el uso en fertirrigación (Caballero, 2007).

3.3.21 Zinc

Lenntech, citado por Argandoña (2010) afirma que puede incrementar la acidez de las aguas. El zinc puede ser una amenaza para las plantas. Las plantas a menudo absorben cantidades de zinc que sus sistemas no pueden manejar, debido a la acumulación de este en el suelo. En suelos ricos en zinc solo un número limitado de plantas puede sobrevivir, razón por la cual no hay mucha diversidad de plantas. Finalmente, el zinc puede interrumpir la actividad biológica en los suelos, influenciando negativamente la actividad de microorganismos y lombrices. La descomposición de la materia orgánica posiblemente sea más lenta debido a esto.

3.3.22 Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros más relevantes a la hora de evaluar la calidad del agua. Está asociado a la contaminación orgánica. Su concentración aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad, posee una relación directa con la pendiente y la aireación del cauce.

Cuando existen condiciones aeróbicas se produce una mineralización que consume oxígeno y produce gas carbónico, nitratos y fosfatos. Una vez que se consume todo el oxígeno comienza la descomposición anaeróbica que produce metano, amonio, sulfuro de hidrógeno (Mejía, 2005).

3.3.23 pH

Es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, es la que indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ion hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua, la medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales (Mejía, 2005).

3.4 Contaminación del agua superficial

Es la acción y efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que alteran la calidad de esta para usos posteriores, que incluyen uso humano y su función ecológica. La contaminación del agua altera sus propiedades físico-químicas y biológicas de forma que puede producir daños directos a los seres humanos y al medio ambiente (SEMARN, 2001).

3.5 Aforo o medición del caudal

Desde hace varios siglos el ser humano ha tenido la necesidad de medir el comportamiento físico del agua en movimiento o en reposo. Es por ello que ha inventado muchos aparatos que registran la velocidad, la presión, la temperatura y el caudal. Una de las variables que más interesan es esta última, el caudal, puesto que a través de él se cuantifican consumos, se evalúa la disponibilidad del recurso hídrico y se planifica la respectiva gestión de la cuenca (Dussaubat y Vargas, 2005).

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q = Caudal del agua (m³/s)

A = Área de la sección transversal (m²)

V = Velocidad media del agua (m/s)

Generalmente, el caudal (Q) se expresa en litros por segundo (l / s) o metros cúbicos por segundo (m³/ s.) La dificultad principal es determinar la velocidad media porque varía en los diferentes puntos de la sección hidráulica.

3.6 Importancia de los sistemas de riego presurizados

La generalización del Riego presurizado, citado por Jiménez 2008, en el mundo se debe a sus grandes ventajas comparado con otras técnicas como son el ahorro de agua y de conservar la aireación del suelo y la factibilidad de aplicación en terrenos no nivelados y de topografía irregular. (Aidarov et al, 1985).

3.7 Riego por goteo subterráneo

El agua es aplicada lentamente por debajo de la superficie de la tierra a través de emisores enterrados (Tostado, 2010). En este método de riego, el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento (Mendoza, 2013).

3.8 Riego por aspersión

En esta técnica, el agua es aplicada simulando lluvia. El agua es esparcida al aire mediante rociadores localizados en la tubería que conduce agua presurizada, lo que le permite al agua caer a la tierra. Este tipo de líneas de irrigación se caracterizan porque son ligeras en cuanto a su peso.

Los indicadores de distribución, citados por Jiménez 2008, son los coeficientes de uniformidad, propuestos por (Christiansen, 1942) para riego por aspersión, y para riego por goteo por (Karmeli y Keller, 1975). Entre los factores que afectan al coeficiente de uniformidad de distribución del agua se encuentran los intrínsecos del diseño hidráulico de los sistemas de riego, los climáticos y los de funcionamiento.

3.9 Coeficiente de uniformidad y distribución de riegos presurizados

La uniformidad de aplicación se refiere al hecho de que el agua distribuida llegue por igual a todos los puntos de la parcela regada. Una buena uniformidad garantiza que todas las plantas estén bien regadas, sin que unas reciban agua en exceso y a otras les falte, asegurándose así el desarrollo homogéneo del cultivo y su máxima capacidad productiva.

La uniformidad de aplicación es una característica propia de cada instalación y parcela. Se puede estimar mediante mediciones en campo y se expresa mediante un porcentaje. Un coeficiente de uniformidad del 80% indicaría que el 80% de la parcela ha recibido la

cantidad de agua deseada, mientras que el 20% restante ha sido regado en más o menos cantidad (Badillo, 2009).

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Descripción del sitio de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la cuenca del río Choluteca, que intercepta en la parte noreste y sureste del municipio de la Villa de San Francisco, departamento de Francisco Morazán. Se encuentra en las coordenadas geográficas de 14° 10' 0.01" N, 86° 58' 0.01" O; presenta una altitud de 625 msnm, temperatura entre 18 y 31.1°C con una media de 24.5°C, la precipitación media en la zona es de 1005 milímetros al año, (Fundación VIDA y PRRAC, 2004).



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.

4.2 Situación específica del trabajo

El monitoreo de aguas superficiales se realizó entre los meses de junio a agosto de 2013, tomando en cuenta los afluentes de mayor importancia para la Compañía Azucarera Tres Valles, como ser: El río Choluteca, río Yeguares y el río Chiquito.

4.3 Materiales y equipo

Se utilizaron materiales como:

Botes de vidrio, regla, marcadores, libreta de campo, cinta adhesiva, tablas de registro, cinta métrica y machete

El equipo utilizado fue:

Molinete, vehículo, hieleras, calculadora, computadora.

4.4 Método

Para la determinación de la calidad y cantidad de agua superficial disponible para la producción de caña de azúcar, se hizo inicialmente un recorrido por los afluentes para seleccionar los puntos con condiciones adecuadas para obtención de muestras y aforos de agua. Localizados los puntos se tomó una muestra por cada cuerpo de agua para el análisis físico-químico y biológico. De igual forma, se realizaron aforos con molinete en cada punto seleccionado.

Por otra parte se seleccionó un área de 10 mz en el que se determinaron los coeficientes de uniformidad y distribución en los sistemas de riego por aspersión y riego por goteo.

4.5 Ubicación de los puntos de muestreo

El punto de muestreo se identificó y reconoció claramente tomando como referencia aquellos lugares que cuentan con infraestructura u otra características que facilitan la ubicación de una forma inmediata; además de permitir un acceso rápido y seguro. Se evitaron zonas de embalse o turbulencias no característicos del cuerpo de agua. Se eligieron puntos en donde el río esta lo más regular, accesible y uniforme en profundidad. Dichos puntos se localizaron cerca de la estación de aforo para que se pudieran tomar simultáneamente datos sobre el flujo.

4.6 Aspectos referidos a los equipos y materiales de muestreo

- Los recipientes de muestreo previamente seleccionados fueron de plástico de igual forma esterilizados.
- Se procuró que los recipientes estuviesen lo más limpios posible y sin residuos de muestreos anteriores para evitar una alteración en las muestras y obtener resultados más confiables.
- Al momento de tomar las muestras, se evitó tocar la parte interior de los recipientes que estaban destinados para la colecta de muestras.
- Antes de realizar la toma de datos con el molinete se revisó cada una de sus partes para evitar fallos al momento de cada aforo.
- Se usaron libretas de campo y marcadores a pruebas de humedad, cámara fotográfica digital.

4.7 Toma, identificación, conservación y envío de las muestras

4.7.1 Toma de muestra

1. La toma de muestra se efectuó en los tres sitios seleccionados para la determinación de la calidad de agua, se realizó un análisis físico-químico y biológico del agua, considerando un total de 16 parámetros.
2. .Para la toma de muestra se evitaron las áreas de turbulencia excesiva, considerando la profundidad, la velocidad de la corriente y la distancia de separación entre ambas orillas.
3. Al momento de tomar la muestra la persona se colocó en contra del curso que sigue el agua y el recipiente delante de la persona en forma opuesta del flujo del recurso hídrico.
4. Cada muestra se depositó en botes de plástico esterilizados para su respectivo análisis debidamente identificado con su etiqueta

a. Muestras para análisis físico-químico y biológico

La toma de muestra para el análisis **microbiológico** se realizó a una profundidad de 25 cm. Los frascos que se utilizaron para las muestras fueron de plástico esterilizado, mismo que no se sometieron a enjuague para tal efecto, la toma de muestra fue directa.

En la toma de muestras para el análisis **físico-químico** se utilizaron frascos de plástico de boca ancha con cierre hermético, limpio y de 1 litro de capacidad, no se

utilizó preservación, pero si, se conservó en cajas protectoras de plástico a 4 °C aproximadamente.

4.7.2 Identificación de las muestras de agua

Los recipientes se identificaron después de tomar la muestra con una etiqueta, la cual se protegió con cinta adhesiva transparente. El modelo de etiqueta se adjunta en Anexo 1

4.7.3 Conservación de las muestras de agua

Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (hieleras) a temperatura indicada en el Anexo 2 “Requisitos para toma de muestras de agua y manipulación”.

4.7.4 Envío de las muestras

Las muestras recolectadas para análisis físico químicos se entregaron al laboratorio dentro de las 24 horas después de realizado el muestreo y conservadas a 4 °C.

En el caso de las muestras para análisis microbiológico se entregaron al laboratorio dentro de las 6 horas después del muestreo e igual se conservaron a 4°C. Cada muestra fue enviada al laboratorio de suelo de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) el Zamorano.

4.8 Variables evaluadas

4.8.1 A nivel de laboratorio

Los resultados de los parámetros descritos a continuación, fueron determinados y obtenidos a través de los análisis que se realizaron por parte del laboratorio de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) el Zamorano donde se enviaron las muestras (cuadro 2).

Cuadro 2. Método de análisis para cada parámetro según laboratorio.

Parámetro	Método de laboratorio	Fecha
Sólidos en suspensión		
Dureza	Potenciometría	26 de agosto de 2013
Conductividad eléctrica	Carbonato temporal	
Magnesio	Digestión húmeda y determinación por espectrometría de absorción atómica	
Manganeso		
Sodio		
Potasio		
hierro		
Calcio		
Zinc		
Nitratos	Determinación por colorimetría	
Nitritos		
Sulfatos		
Boro		
Cloruros	Volumetría	
pH	Potenciometría	

4.9 Medición de caudales

4.9.1 Selección del sitio

Los sitios seleccionados para las mediciones de caudal presentaron las características descritas a continuación:

- Velocidades paralelas en todos los puntos formando ángulo recto con la sección transversal de la corriente.
- Lecho del río uniforme y estable.
- Profundidad superior a 0.3 m.
- Ausencia de plantas acuáticas.

4.9.2 Medición de la sección transversal

1. Para tener una mayor exactitud de las mediciones de los caudales, se dividió el ancho del río en secciones de igual longitud y en cada división se determinó la conformidad y velocidad del agua.
2. La distancia entre las verticales se determinó con la ayuda de una cinta graduada que se tendió sobre el cauce del río.
3. La profundidad del río se midió con la varilla graduada que soporta el molinete.

4.9.3 Medición de la velocidad usando el molinete

- La velocidad se determinó en un punto de cada vertical a 0.6 de la profundidad del río, la cual se obtuvo utilizando un molinete digital que automáticamente contabiliza las revoluciones del rotor en un lapso de 60 segundos.
- Una vez que el molinete se colocó en el punto seleccionado de la vertical, se alineó en la dirección de la corriente antes de comenzar las mediciones.

4.9.4 Estimación de caudal

Al contar con los datos de velocidad del agua de la sección y el área hidráulica, se calculó el caudal a través de la ecuación de continuidad $Q = AV$.

4.10 selección del área para estimar el coeficiente de uniformidad y distribución

Para cuantificar las descargas de agua que se efectúan con los diferentes sistemas de riego en el Ingenio Azucarero Tres Valles se tomó un lote productivo de caña de azúcar con un área de 3.8 Mz para el sistema de riego por aspersión y 5.8 mz para el sistema de riego por goteo subterráneo.

Para medir el caudal de forma instantánea y de manera eficiente, el cabezal de riego cuenta un caudalímetro, mismo que registra la cantidad de agua usada en galones por minuto en cada turno de riego en las áreas productivas donde se cuantifico las descargas de agua.

Se tomó el tiempo de duración de cada turno de riego realizado por goteo y por aspersión para contabilizar el gasto total de agua por riego.

4.10.1 Evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución en riego por aspersión

1. Se seleccionó un área productiva de 3.8 Mz en el lote 29 de la finca San Lucas.
2. Para determinar la distribución de agua de los aspersores se colocó una red de 64 pluviómetros (recipientes) que tenían 12 cm de diámetro y borde agudo, a una distancia de 5 x 5 metros de separación en forma de malla como se muestra en la (figura 3).
3. Los recipientes se amarraron en unas estacas de manera que sobrepasara la altura de las plantas a ambos lados del ramal que porta los aspersores, debido a que el cultivo tenía la edad de 3 meses y alteraba la lámina de agua recibida en los recipientes.
4. El tiempo de riego fue de 120 minutos y una vez finalizado, se midió con una probeta el volumen recogido en cada recipiente.



Figura 2. Recolección de agua durante el turno de riego

Con los volúmenes recogidos se calculó:

$$CU_{zona} = \frac{\text{Volumen medio de la cuarta parte de los recipientes con menos agua}}{\text{Volumen medio de todos los recipientes}} * 100$$

$$= \frac{V_{25\%}}{V_m} * 100$$

Donde:

CU_{zona} = el coeficiente de uniformidad de la zona evaluada.

V_m = la media de todos los volúmenes en cada uno de los recipientes

$V_{25\%}$ = la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los recipientes que recibieron menos agua

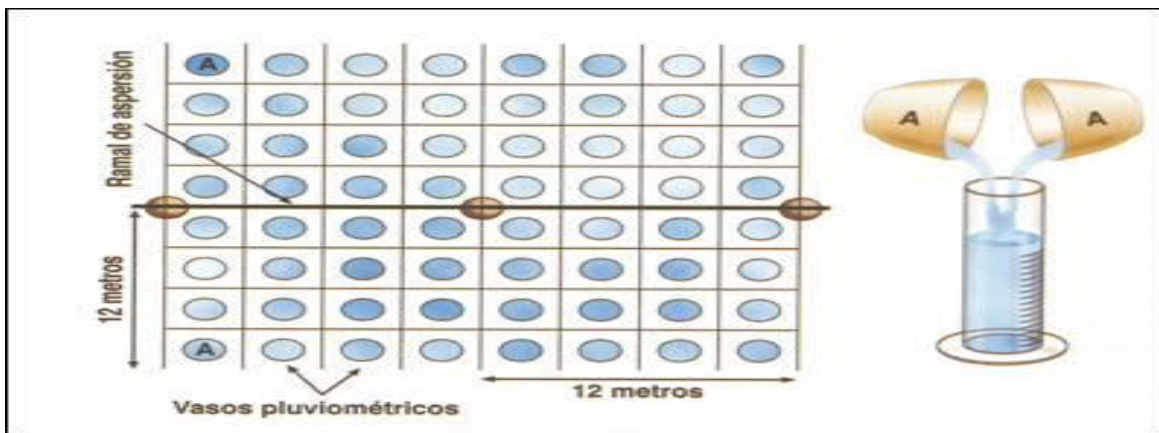


Figura 3. Disposición de los vasos pluviométricos para la evaluación de un sistema de riego por aspersión.

4.10.2 Evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución en riego por goteo

1. Para ello se escogió un área 5.8 mz en la que se enterró la cinta de riego estando ya establecido el cultivo, dado eso se le dio la importancia para verificar si su funcionamiento es eficiente.
2. Se cabo un agujero como especie de calicata para descubrir los emisores de la manguera de riego.
3. En cada emisor se colocó un recipiente luego se midió el volumen entregado por emisor.
4. En la unidad se tomaron cuatro líneas laterales y dentro de cada línea cuatro emisores, repartido uniformemente a lo largo de ella: uno situada al comienzo, a un tercio del origen, otro a dos tercios del origen y otra al final de la línea.
5. Se aforo el goteo y el coeficiente de uniformidad se determinó con la ecuación anterior.



Figura 4. Descubrimiento de los laterales para la toma de datos y evaluación del sistema de riego por goteo.

El coeficiente de uniformidad y distribución se calculó sacando la media de todos los volúmenes en cada uno de los vasos (V_m) y la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los vasos que recibieron menos agua ($V_{25\%}$), luego se dividió la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los vasos que recibieron menos agua entre la media de todos los volúmenes en cada uno de los vasos y por ultimo esto multiplico por cien.

El área en la que se realizó esta evaluación es de 5.8 mz la cual mide 200 mts de ancho y 102 mts de largo, obtenida esta medida se calculó la distancia a la que se colocaron los recipientes que fue de 34 mts entre recipiente a lo largo y a 40 surcos entre cada lateral de cinta.

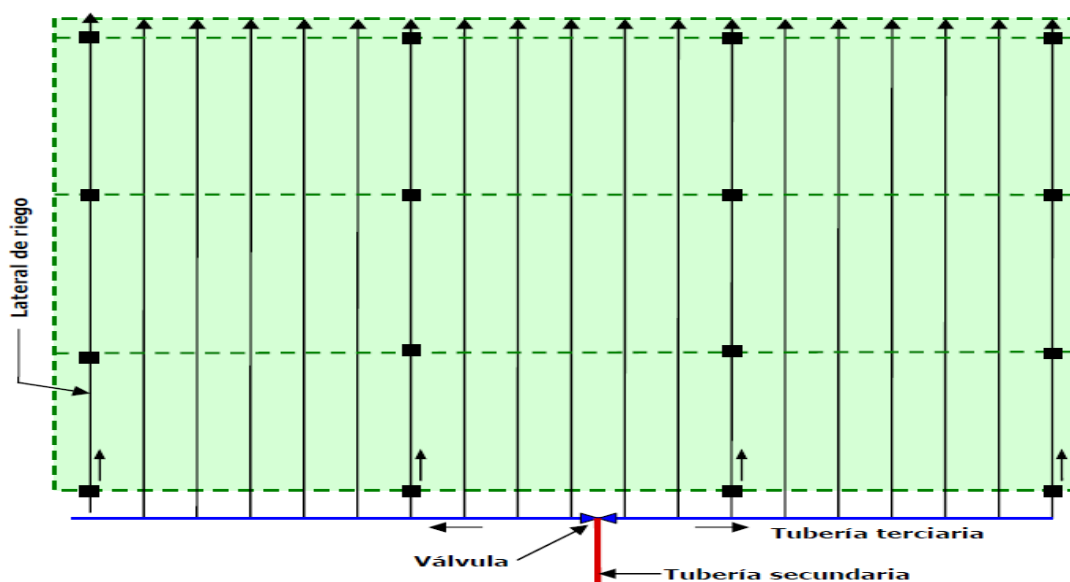


Figura 5. Esquema de los puntos de medición para determinar el coeficiente de uniformidad y distribución en riego por goteo.

V RESULTADOS Y DISCUSION

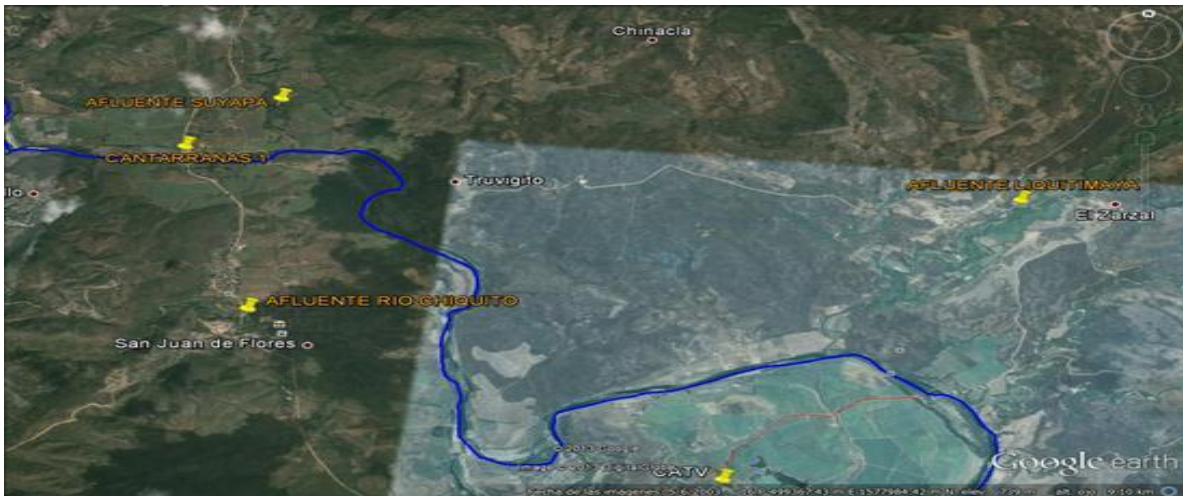


Figura 6. Georeferencia del punto de medición y muestreo de agua en el puente de cantarranas ubicado en el rio Choluteca y del punto ubicado en el puente del el rio Chiquito.

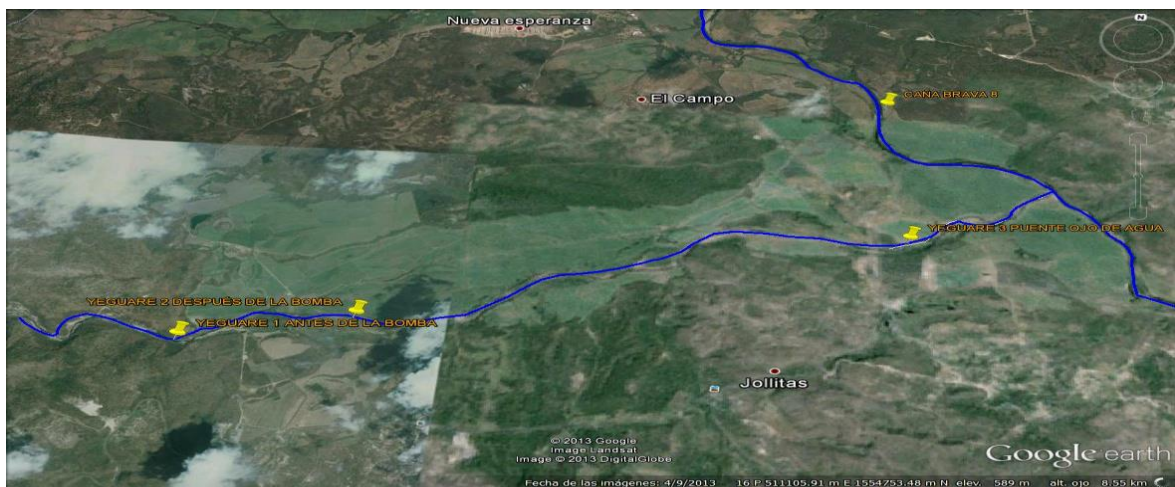


Figura 7. Georeferencia del punto de medición y muestreo de agua en el puente Ojo de agua ubicado en el rio Yeguares.

5.2 Parámetros Físicos

5.2.2 Sólidos en suspensión

El análisis de las muestras se realizaron a nivel de campo al momento que se necesitó aplicar fertirriego, el río Choluteca presento un valor de (800 mg/l) siendo el valor más alto y el río Yeguares un valor de 750 mg/l, ambos cuerpos de agua presentan valores mayores al nivel de concentración de < 50 mg/l que establece la FAO para aguas destinadas al riego. La alta concentración de solidos se debe a la alta frecuencia de lluvias que se presentaron en la localidad, ya que la lluvia desprende ciertas partículas del suelo las cuales son arrastradas por escorrentías hacia los cuerpos de agua llegando a deteriorar la calidad de la misma.

5.2.3 Dureza

Según análisis, las aguas del río Choluteca y el río Chiquito son duras, en cambio las aguas del río Yeguares son moderadamente duras lo que se deba a que la concentración de magnesio y calcio es menor, dado que el grado de dureza del agua aumenta, cuanto más calcio y magnesio hay disuelto. Magnesio y calcio son iones positivamente cargados y su presencia hace que otros iones cargados positivamente se disuelvan menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio.

García, citado por Ramírez (2011) puesto que las sales en el agua de riego son uno de los principales causantes de salinización de los suelos la irrigación se debe planear y manejar de modo que se pueda mantener un óptimo balance de sales en la zona radical. Un balance de sales favorable ocurre cuando la cantidad de sales que entran a la zona de raíces es menor o igual a la cantidad que sales en el agua de drenaje.

5.2.4 Conductividad eléctrica

El río Choluteca presenta los valores más altos de conductividad con 470 $\mu\text{mhos/cm}$, le sigue el río Yeguares con 211 $\mu\text{mhos/cm}$ y en el río Chiquito 345 $\mu\text{mhos/cm}$, los tres cuerpos de agua presentan niveles por debajo de los 3000 $\mu\text{mhos/cm}$ valor establecido por La Norma Técnica Nacional para Agua, de Honduras, destinada a uso agrícola, por lo tanto dichos valores no representa ningún tipo de problema ya que se encuentran dentro de los valores permisibles.

García, citado por Ramírez (2011) afirma que el principal efecto (pero no el único) que realizan las sales sobre las plantas es que si el agua que está presente en el suelo contiene sales, la planta requerirá mayor energía para absorber la misma cantidad que cuando está libre de ellas. Entonces, la energía adicional requerida para absorber el agua en un suelo salino es aditiva a la energía requerida para absorber el agua en un suelo no salino; esto se conoce como el efecto osmótico o potencial osmótico, el cual genera una disminución en el agua aprovechable y efectos adversos para la planta como reducción del crecimiento, daño en los tejidos y necrosis. Otro de los efectos es el del ión específico el cual difiere del anterior en este efecto es específico sobre la planta y no sobre el suelo (es decir osmótico).

5.3 Parámetros químicos

5.3.1 Magnesio

Se obtuvieron valores por debajo de los niveles permisibles (30 mg/l) según las normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras. El río Choluteca presento el valor más alto (2.91 mg/l), luego el río Chiquito (0.72 mg/l) y por último el río Yeguares con un (1.21 mg/l).

La productividad de los cultivos parece ser menor en los suelos con alto contenido de magnesio o cuando se riegan con aguas que contienen altos niveles de ese elemento, Disponible en: digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.

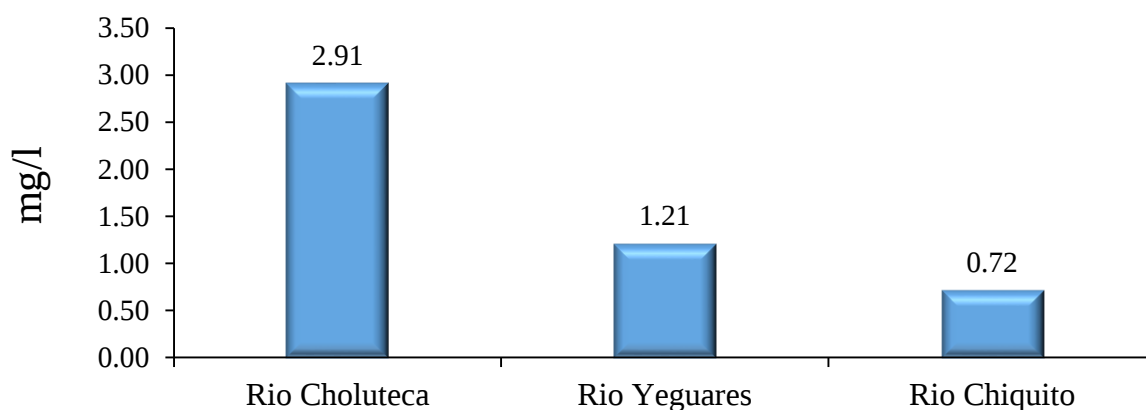


Figura 8. Valores de magnesio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.

5.3.2 Manganeso

La FAO establece un valor máximo de 0.20 mg/l en aguas destinadas para riego, como se puede observar los resultados obtenidos en el rio Choluteca con (0.05 mg/l), en cambio el rio Chiquito un valor de (0.02 mg/l) y el rio Yeguares con (0.14 mg/l), el cual presentando un valor más alto, esto hacen pensar que se deben a los terrenos que cruza dichos cuerpo de agua ya que el manganeso es muy abundante en la corteza terrestre.

Como puede observarse, ninguno de estos valores excede el máximo especificado en la citada norma, por lo tanto no se tiene problema alguno con este parámetro.

López, colaboradores y Labanauskas, citado por Duran, (2004) afirman que el manganeso es absorbido por las plantas en forma catiónica o como sales orgánicas complejas. Sus funciones están relacionadas con procesos enzimáticos y fotosintéticos (Krauskopf, 1972).

Los síntomas de deficiencias se caracterizan por la presencia de bandas oscuras a lo largo de las nervaduras que alternan con bandas verdes amarillentas.

5.3.3 Sodio

La concentración en el río Choluteca fue de 35.17 mg/l, siendo el valor más alto, le sigue el río Yeguares con 10.11 mg/l y en menor valor se presenta en el río Chiquito con un 9.19 mg/l. Las normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras establecen un valor recomendable de 25 mg/l y un valor máximo admisible de 200 mg/l en lo que respecta a las concentraciones a este parámetro en los cuerpos de agua en estudio.

En relación a lo anterior, cuando el sodio se encuentra presente en altas concentraciones en el agua de riego, el calcio y el magnesio se precipitan en la solución del suelo por la acción de carbonatos y bicarbonatos, entonces el sodio se acumula y sustituye al calcio y magnesio en el intercambio catiónico dando lugar a un desequilibrio eléctrico de las partículas coloidales del suelo, debido al promedio de cargas negativas, las partículas se repelen, el suelo se deflocula (suelta) y pierde estructura, con lo que existe menos entrada de oxígeno al suelo, disminuye la permeabilidad, se fomenta la compactación y encostramiento, con lo que en última instancia se afecta el desarrollo normal de los cultivos (Pérez 2011).

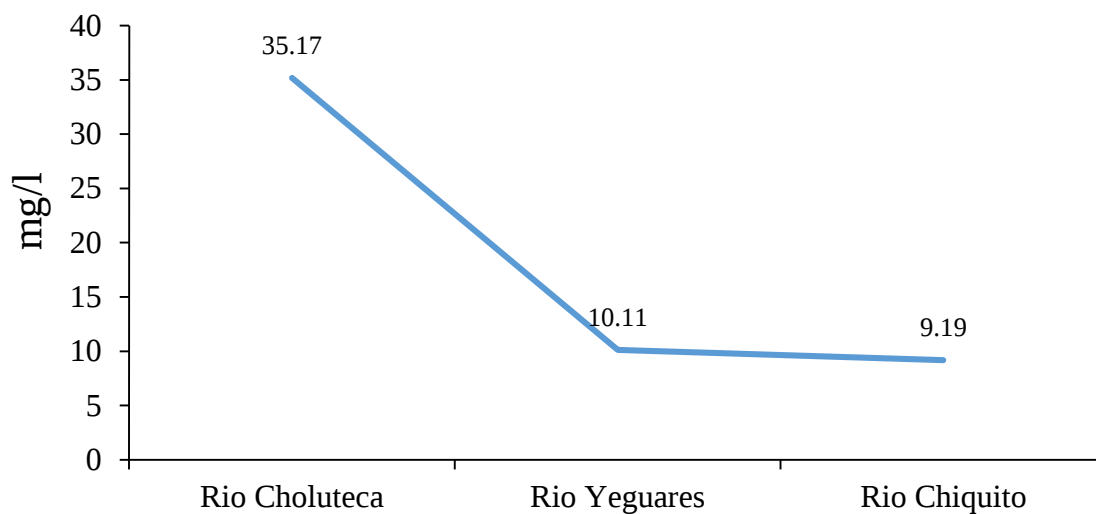


Figura 9. Valores de sodio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.

5.3.4 Potasio

La concentración en el rio Chiquito fue de 111.44 mg/l siendo el valor más alto, le sigue el rio Choluteca con 91.10 mg/l, y en el rio Yeguares con un 51.22 mg/l. La norma técnica de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras establece un valor máximo admisible de 10 mg/l, dichos cuerpos de agua en estudio presentan valores superiores al nivel establecido.

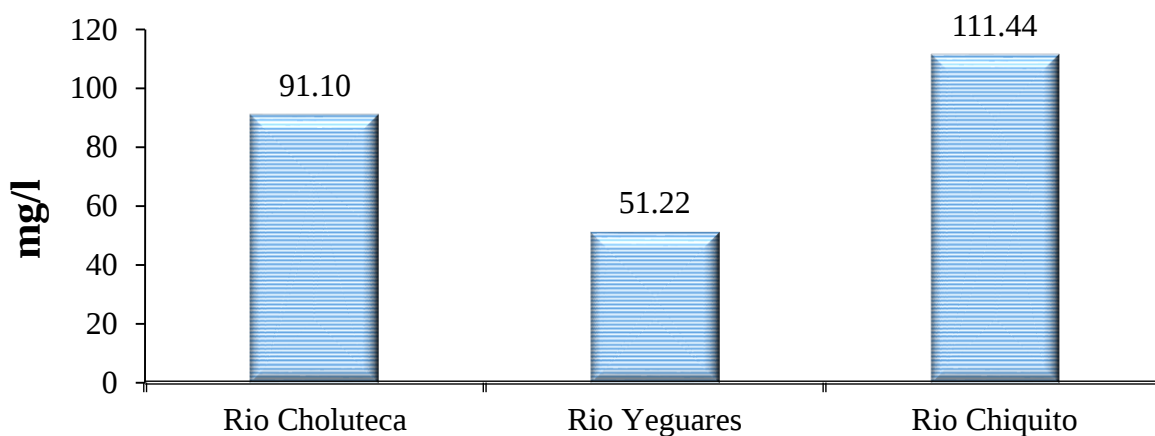


Figura 10. Valores de potasio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.

5.3.5 Cloruros

Según análisis, el río Yeguares presenta una concentración de 2.83 mg/l, siendo el valor más alto, le sigue el río Chiquito con un 2.36 mg/l y en menor valor el río Choluteca con un 1.18 mg/l. Estos se encuentran muy por debajo del (141 mg/l) valor establecido por la FAO como concentración en aguas de riego, lo que representa ningún grado de restricción de uso.

El exceso de cloruros dificulta la absorción del nitrógeno (nitratos) y fósforo (fosfatos). Concentraciones elevadas de cloruro en el agua de riego pueden producir problemas de toxicidad en los cultivos. En el caso de la caña de azúcar provoca una reducción del porcentaje de sacarosa extractable, Disponible en :digesa.sld.pe/DEPAinformes.

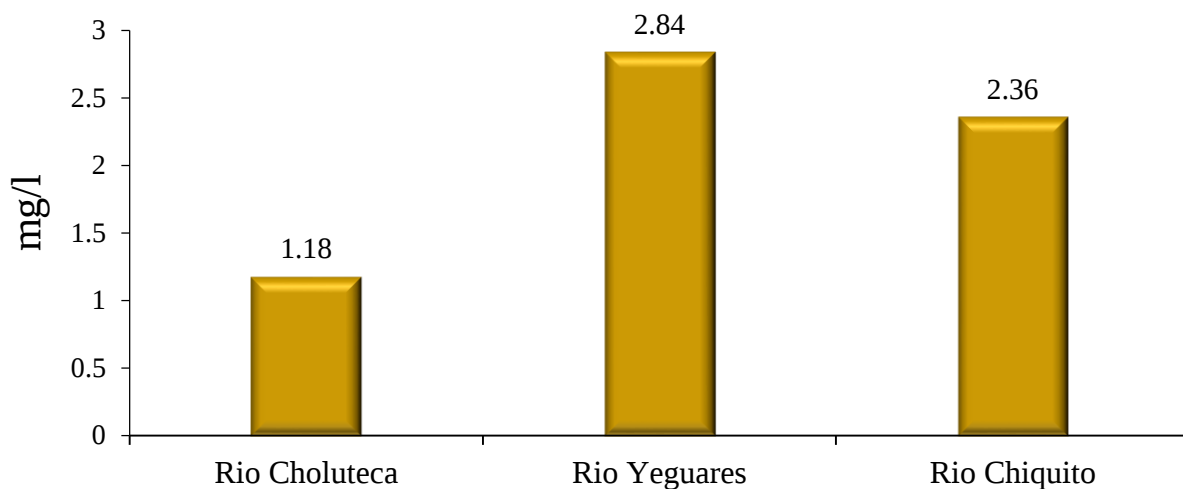


Figura 11. Valores de cloruro (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.

5.3.6 Calcio

El calcio presenta valores muy por debajo de los niveles recomendados por las normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras la cual establece una concentración de (100 mg/l), para el caso del río Choluteca, según análisis reporta el valor más alto con (13.02 mg/l), posteriormente el río Yeguares con valor de (1.21 mg/l) y el río Chiquito con (0.72 mg/l)

Un exceso de calcio se puede asociar a pH alcalino, el cual produce deficiencias de hierro, manganeso, cobre, boro y zinc. La deficiencia de calcio está generalmente asociada a efectos de acidez del suelo Disponible en: digesa.sld.pe/DEPAinformes

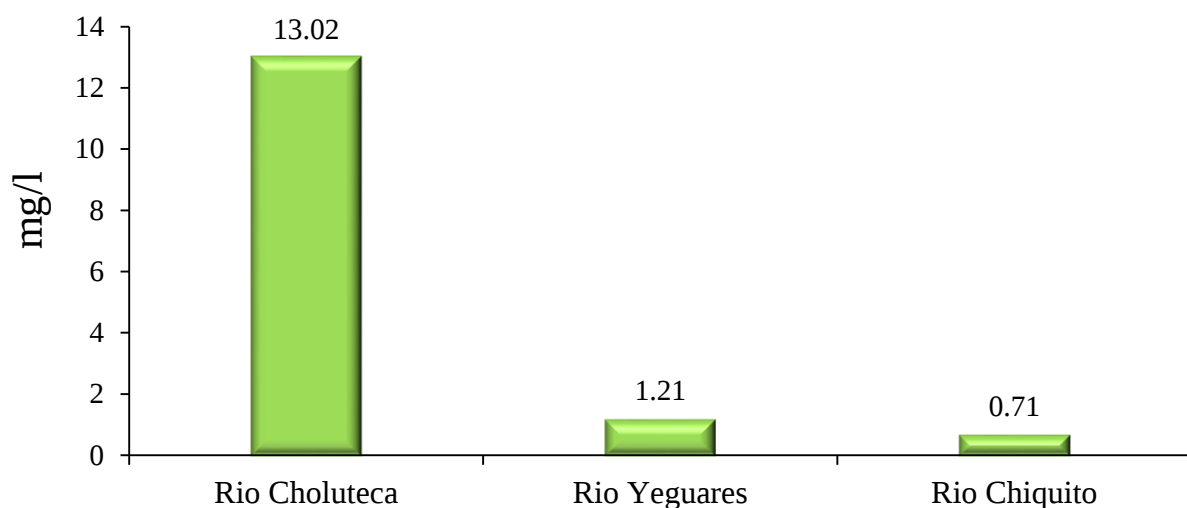


Figura 12. Valores de calcio (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados

5.3.7 Sulfatos

La concentración en el río Choluteca fue de (65.76 mg/l), siendo el valor más alto posteriormente el río Chiquito con un (64.32 mg/l) y en menor valor se presenta en el río Yeguares un (38.40 mg/l). La normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras establece un valor máximo admisible de (250 mg/l) en lo que respecta a las concentraciones a este parámetro en los cuerpos de agua en estudio.

La presencia de sulfatos en estas aguas puede tener su origen debido que atraviesen terrenos ricos en yesos o a la contaminación con aguas residuales industriales.

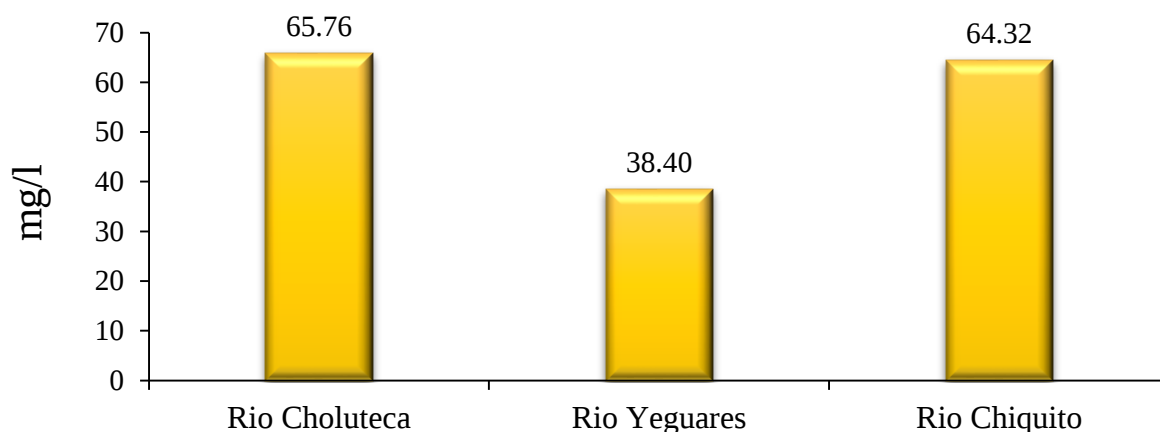


Figura 13. Valores de sulfato (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados.

5.3.8 Nitratos

Según análisis se obtuvieron valores por debajo de los permisibles, el río Choluteca presento un valor de 0.59 mg/l, siendo el valor más alto, el río Yeguares un 0.15 mg/l el río Chiquito con un 0.01 mg/l. en menor valor. En comparación al valor de <5.00 mg/l que la

FAO establece, dichos cuerpos de agua no representa ningún grado de restricción de uso para aguas destinadas al uso agrícola.

La presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo tanto las alteraciones de este ciclo por causas antropogénicas o naturales, tendrán como resultado una modificación en la presencia y concentración de dichos iones en el ambiente.

5.3.9 Nitritos

Según análisis se obtuvieron valores por debajo de los permisibles, el Choluteca presento un valor de 0.04 mg/l siendo el valor más alto, en cambio para el rio Chiquito <0.01 mg/l igual que el rio Yeguares con un <0.01 mg/l. En comparación al valor de <5.00 mg/l que la FAO establece, dichos cuerpos de agua no representa ningún grado de restricción de uso para aguas destinadas al uso agrícola.

Los valores antes mencionados posiblemente se deban a la presencia natural de nitritos en el agua como una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo tanto las alteraciones de este ciclo por causas antropogénicas o naturales, tendrán como resultado una modificación en la presencia y concentración de dichos iones en el agua.

5.3.10 Hierro

En las muestras evaluadas para este parámetro se encontraron valores bajos al normal el rio Yeguares con 1.18 mg/l siendo el valor más alto, en el rio Choluteca con 0.47 mg/l, y el rio Chiquito con un 0.15 mg/l. En comparación con las concentraciones establecidas por la FAO con un valor máxima de 5.00 mg/l en aguas destinadas al riego.

Estos valores hacen pensar que se deben posiblemente a que los cuerpos de agua atraviesan suelos y rocas que contienen grandes cantidades de hierro, aunque normalmente en forma

insoluble, al igual formarse en forma soluble que puede contaminar cualquier agua que lo atraviese también puede deberse a reacciones complejas que suceden de forma natural en el suelo.

El hierro es un elemento esencial para los cultivos. Las plantas no pueden realizar su ciclo vital sin su ausencia, ya que está involucrado en el metabolismo de la planta de una manera específica.

En cantidades excesivas reducen el crecimiento y provocan acumulaciones indeseables en los tejidos.

Malavolta y Lara, citado por Duran (2004) afirma que el hierro es absorbido por las plantas en forma catiónica y como sales orgánicas complejas (quelatos). La deficiencia de Fe es muy frecuente en suelos calcáreos (Murphy y Walsh, 1972) y se manifiesta en hojas jóvenes en forma de rayas pálidas que alternan con el color verde de las nervaduras. Cuando las hojas más jóvenes tomando una coloración blanquecina mientras que las hojas bajas presentan una coloración verde amarillenta. Generalmente estas clorosis por deficiencia de Fe se presentan en forma de parches irregulares dentro del campo en las plantaciones de caña de azúcar con edades cercanas a los tres meses.

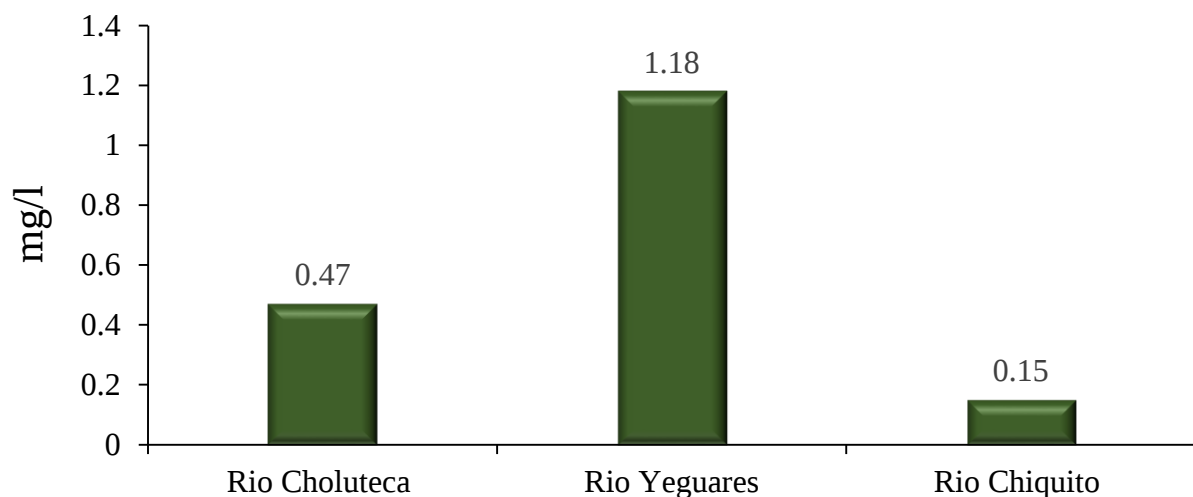


Figura 14. Valores de hierro (mg/l) obtenidos para los ríos muestreados

5.3.11 Boro

En el caso de este parámetro, en los diferentes puntos de estudio se encontraron valores iguales entre sí, pero por debajo del rango establecido, en el río Choluteca con un valor de 0.03 mg/l, el río Chiquito con 0.03 mg/l, al igual en el río Yeguares con un 0.03 mg/l, en comparación La FAO, establece al Boro un valor de < 0.7 mg/l, lo que representa ningún grado de restricción de uso.

Los valores mencionados anteriormente hacen pensar que posiblemente se deba sobre todo mediante la meteorización de las rocas, por fuentes antropogénicas en menor medida, entre las cuales la quema de productos agrícolas, basuras y vertidos de aguas servidas en la comunidades y por la industria, la eliminación de aguas residuales/fangos de alcantarillado.

El boro es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, necesario en cantidades relativamente pequeñas. Los problemas de toxicidad se producen más frecuentemente a causa del boro contenido en el agua que del boro del suelo. La toxicidad puede afectar prácticamente a todos los cultivos, los síntomas aparecen en las hojas como manchas amarillas o secas en los bordes y ápices de las hojas.

5.3.12 Zinc

Para este parámetro los valores encontrados en los muestreos respectivos a cada cuerpo de agua en estudio no presentan ninguna variación entre sí, los cuales se describen de la forma siguiente, en el río Choluteca < 0.01 mg/l, el río Chiquito < 0.01 mg/l y el río Yeguares < 0.01 mg/l, dichos valores se encuentran muy por debajo de 2 mg/l, concentración que establece la FAO, para aguas destinadas al riego.

En altas concentraciones reduce el crecimiento de la planta y provoca acumulaciones indeseables en los tejidos. De acuerdo a las investigaciones realizadas se reconoce que el Zinc se acumula e irreversiblemente en el suelo. Por ello, las aplicaciones en exceso de lo requerido por las plantas, eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos no productivos o producir cosechas inaceptables.

5.3.13 pH

Según análisis los valores encontrados en el río Chiquito fue de 7.94, siendo el valor más alto, el río Yeguares con 7.07 y el río Choluteca 6.70 con un valor más bajo. La FAO, establece un rango del PH normal para aguas de riego entre 6,5 a 8,4, esto nos muestra que los valores obtenidos se encuentran dentro de este rango.

Los valores encontrados nos hace pensar que se deba posiblemente a las diferentes cantidad de agua ya que los afluentes tienen un caudal menor que el del río Choluteca por lo tanto a menor cantidad de agua mayor concentración de iones que pueden ser tóxicos.

5.4 Disponibilidad de agua superficial en caudales

Los datos disponibles son los caudales registrados a nivel mensual mediante las mediciones realizadas por parte de la Compañía Azucarera Tres Valles.

Integrando los resultados de las mediciones de caudal realizadas en los diferentes años, se puede observar la significativa variabilidad del flujo hídrico en el río Choluteca en los diferentes meses, presentando un mayor caudal en el mes de noviembre seguido del mes de agosto, en los meses de enero, febrero y marzo el caudal tiende a mantenerse de manera similar, en cambio en el mes de abril existe un drástico descenso debido a la época seca y al mayor uso de agua para riego, la variabilidad de caudales entre los meses se debe a los eventos de precipitación.

Las mediciones de caudales en el río Yeguares se realizaron en un periodo de tiempo igual a las que se indican en la figura anterior que corresponden al río Choluteca, pero existe la diferencia entre ambos, ya que, son efectuadas en diferentes cuerpos de agua con caudales distintos.

Los caudales del río Chiquito como se observa en la se tomaron en un periodo de tiempo que comprende desde el mes de marzo hasta agosto del 2013, haciéndose una medición por cada mes, en comparación se presenta un mayor caudal en los meses de mayo y agosto ya que fueron medidos en el periodo lluvioso, en caso contrario en el mes de marzo y abril se ve reflejado un menor flujo de agua debido a que fue en periodo seco que se efectuaron estas mediciones.

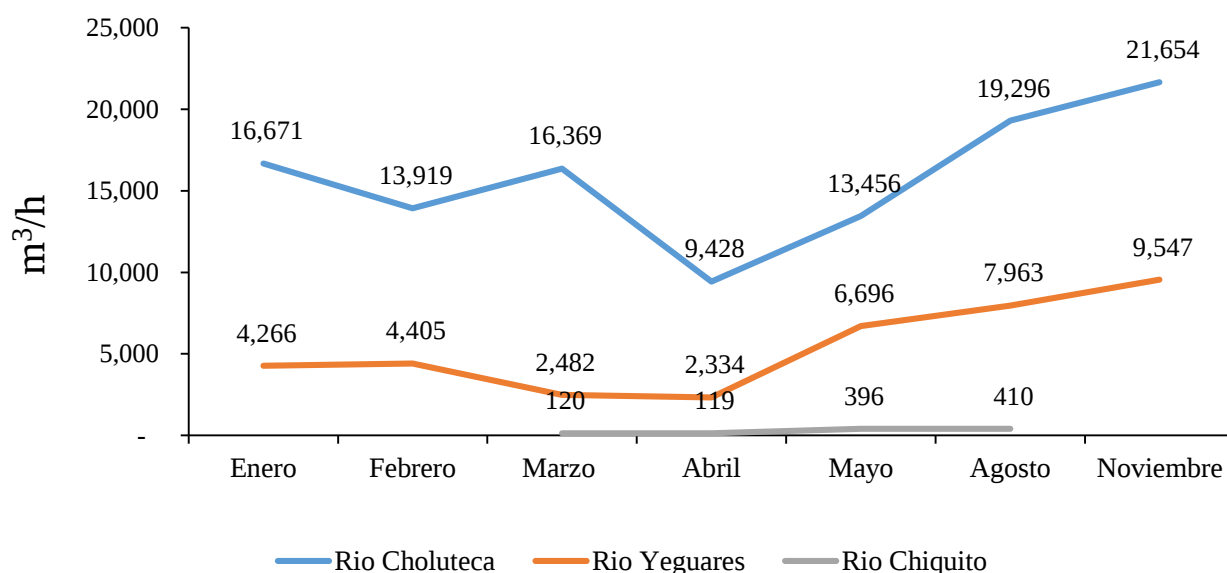


Figura 15. Promedios comparativos en monitoreos mensuales de caudales durante el período, enero de 2011 a marzo de 2013 en el río Choluteca.

5.5 Uso potencial de las aguas superficiales utilizadas para riego en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en la Compañía Azucarera Tres Valles (CATV).

El mayor uso de agua es por parte de la Compañía Azucarera Tres Valles, para cubrir las demandas hídricas del cultivo de caña, se contempló toda la superficie regada con los distintos sistemas, dentro de ellas 7,600 mz bajo riego por goteo subterráneo con una demanda hídrica de 50, 000,000 m³ y 700 mz bajo riego por aspersión con una demanda hídrica de 10, 000,000 m³ durante todo el periodo de riego el cual se realiza desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo. Todas las tomas de estos sistemas están dentro del margen del rio Choluteca y del rio Yeguares.

5.6. Proyección de la capacidad de expansión en área productiva en relación a la disponibilidad de agua en el rio Choluteca y el rio Yeguares.

La Compañía Azucarera Tres Valles actualmente utiliza 55, 445,783 m³ para cubrir la demanda hídrica de 7,670 mz cultivadas de caña en todo el periodo de 6 meses bajo riego utilizando sistemas por goteo y aspersión.

La capacidad máxima en área productiva que se puede expandir es de 563.3 mz, en relación a la disponibilidad de agua en el rio Choluteca durante el mes de abril el cual presenta el menor caudal debido a la época seca, se tomó en consideración el 10% aprovechable del caudal para riego del cultivo, según la norma de recursos hídricos de honduras. Para el caso de la disponibilidad de agua en el rio yeguares durante el mes de abril el área máxima a expandir es de 140 mz. Debido a que es de menor caudal en comparación al rio Choluteca.

Para cubrir la demanda hídrica del cultivo con ambos cuerpos de agua se suma un total de 703.3 mz a expandir en área productiva.

Este cultivo necesita de un promedio de precipitación de 1200 a 1500 mm por año, en efecto, las lluvias moderadas y frecuentes, son necesarias durante el periodo vegetativo, por el contrario, la sequía durante esta fase, afecta la eficiencia de la fotosíntesis, interfiere con la absorción radicular de nutrientes y provoca la desecación foliar.

5.7. Uso potencial de los cuerpos de agua para la agricultura en el valle de la Villa de San Francisco F.M.

Los productores de la zona sin riego no producirían cultivos anuales durante los meses secos de diciembre a mayo, ya que consideran demasiado alto el riesgo de sequía. Los agricultores han desarrollado sus propios sistemas individuales para satisfacer sus necesidades de riego. En teoría se estima que un 60 % de agricultores practican algún tipo de riego, el 40% restante se dedican a la ganadería los cuales extraen agua del río Choluteca. Para el caso del río Yeguares existe un 61% dedicado a la agricultura y 49% a la ganadería. En general, se usa el riego para el cultivo de sandía, plátano, hortalizas y en menor escala el cultivo de granos básicos.

Los agricultores entrevistados en relación con sus sistemas de riego, en general no tenían idea de la cantidad de agua que usaban para sus cultivos. La mayoría de ellos señalan que aplican el riego después de un período de ocho días sin lluvia. Otros comienzan a regar cuando los cultivos empiezan a mostrar síntomas de agostamiento. Ninguno mide la cantidad de agua realmente usada para el riego.

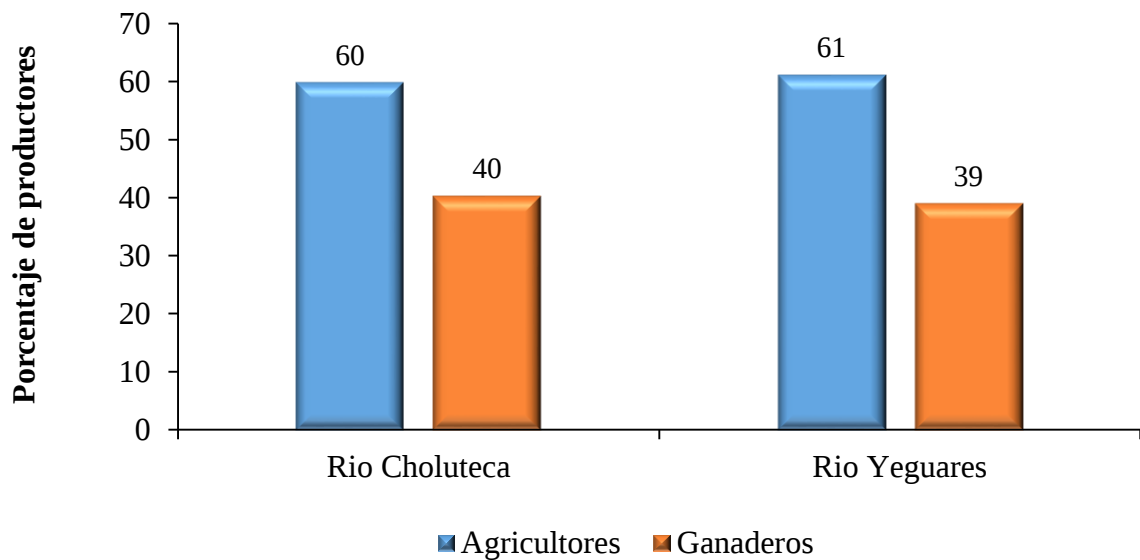


Figura 16. Porcentaje de productores que utilizan agua del rio Choluteca y rio Yeguares.

5.8 Evaluación del sistema de riego por aspersión

Para determinar la uniformidad en el sistema de riego por aspersión se seleccionó la Finca San Lucas y dentro de ella el lote 29, el cual tiene un área de 3.80 mz, en dicho lote se encontraba el cultivo de caña de azúcar en su etapa de crecimiento con una edad de tres meses. La evaluación se realizó en un lapso de tiempo de 2 horas reloj y se pudo observar que la distribución del agua estuvo influenciada por la velocidad de rotación que daba el aspersor y en el número de interrupciones que el chorro experimenta para regar las zonas próximas, así mismo la altura del cultivo y la velocidad del viento.

No toda la precipitación que cae como lluvia se puede considerar útil, pues hay pérdidas de esa agua desde el punto de vista de los cultivos por múltiples factores: exceso de sequedad, viento y esorrentía, las cuales repercutirán para que el cultivo tenga un desarrollo uniformemente, ya que las áreas que mayor agua reciban el cultivo la tendrá disponible, los nutrientes del suelo serán absorbidos y trasladados con facilidad por las plantas, esto efectuara un mayor desarrollo del cultivo, en cambio las áreas que menor agua reciban los

cultivos no tendrán disponibles los nutrientes del suelo, ya que depende del agua para que la planta lo absorba con facilidad de lo contrario el cultivo no expresara su potencial productivo.

Según la evaluación el coeficiente de uniformidad es inferior al 80 % debido a las razones antes mencionadas, por las cuales se vio interrumpido la eficiencia del sistema de riego. Los 425 ml es el volumen medio de la cuarta parte de los recipientes que menos agua recibieron, dividido entre 756 ml que el volumen medio de todos los recipientes luego multiplicado por cien dando como resultado un 56% de eficiencia que tiene el sistema de riego por aspersión para distribuir el agua en el área cultivada, esto indica que el 56% del lote bajo riego ha recibido la cantidad de agua deseada mientras que el 44% restante ha sido regada en más o menos cantidad (anexo 7).

5.9 Evaluación del sistema de riego localizado por goteo

Para determinar la uniformidad de riego se seleccionó un área de 5.8 mz del lote 14 de Finca llamada la Legua en el que se instaló una cinta de riego como remplazo, dicha cinta se instaló estando plantado el cultivo de caña. Las instalaciones poseen elementos que permiten determinar y verificar fácilmente el volumen de agua aplicado. La presión se midió en el cabezal principal y especialmente al final de los laterales de riego.

La evaluación se realizó en la época de lluvia y se observó que provoco un efecto en la calidad del agua debido al nivel de sólidos en suspensión que en ocasiones se encontraba a 1000 ppm, lo cual es un nivel demasiado elevado para que se pueda utilizar en riego, más sin embargo se esperó que el nivel de sólidos en suspensión bajara a 500 ppm, que según la Compañía Azucarera Tres Valles utiliza como nivel permisible.

Según la evaluación el coeficiente de uniformidad y distribución es inferior al 95% de eficiencia que se maneja para este sistema de riego.

La eficiencia normal en el sistema de riego por goteo, se vio interrumpida por las concentraciones de sólidos en suspensión que contenía el agua empleada en el riego, esto repercute en el mal funcionamiento de los emisores al momento de entregar el agua en el área radicular de la planta, esto se ve reflejado en el crecimiento desuniforme del cultivo ya que quedan partes que reciben agua y otras no, las partes que reciben agua valga la redundancia es donde el cultivo tiene mejor desarrollo debido a que tiene la facilidad de absorber nutrientes presentes en el suelo o los aplicados mediante fertirriego, como también tiene una mejor elongación de raíces, en cambio las áreas que no reciben agua el cultivo tiene dificultades para expresar su desarrollo y potencial productivo.

Los 1045 ml es el volumen medio de la cuarta parte de los 16 recipientes que menos agua recibieron, dividido entre 1937 ml que el volumen medio de los 16 recipientes utilizados en total, multiplicado por 100 dando como resultado un 54% de eficiencia de uniformidad y distribución que tiene el sistema de riego por goteo para distribuir el agua en el área cultivada, esto indica que el 54% del lote bajo riego a recibido la cantidad de agua deseada mientras que el 46% restante ha sido regada en más o menos cantidad (anexo 8).

VI CONCLUSIONES

La calidad físico-química del agua de los ríos evaluados se encuentra dentro de los niveles permisibles que establece la norma de la FAO para el uso agrícola, La normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario de Honduras y La Norma Técnica Nacional para Agua, de Honduras.

La uniformidad de riego por aspersión es baja.

El sistema de riego por aspersión presento un coeficiente de uniformidad y distribución por debajo del 80 %.

El sistema de riego por goteo presenta un coeficiente de uniformidad inferior al 95 %.

De acuerdo a la disponibilidad de agua en el rio Choluteca y el rio Yeguares durante el mes de abril, al igual tomando en consideración el 10% aprovechable del caudal de los cuerpos de agua que establece la norma de recursos hídricos de Honduras, la Compañía Azucarera Tres Valles se puede expandir 703.3 mz en área productiva.

VII RECOMENDACIONES

Por el crecimiento acelerado en superficie cultivada de caña, mantener el constante monitoreo en cuanto al caudal de agua.

Mantener la relación cantidad de agua disponible y área cultivada.

Mejorar el manejo de los sistemas de riego que se tienen para un mejor funcionamiento.

Implementar sistema de riego por goteo en todas las áreas productivas para cubrir estrictamente la demanda hídrica del cultivo.

La Compañía Azucarera Tres Valles se puede expandir en área productiva siempre y cuando respete los niveles más críticos de los caudales en el mes de abril, también tomar en cuenta lo que establece la legislación nacional, al igual trabajar de la mano con los productores independiente para no causar problemas ambientales por el uso del agua.

VIII BIBLIOGRAFIA

Caballero, YS. 2007. Potencial hidrológico y calidad de las aguas Superficiales en la subcuenca del rio ochomogo. Master, NC. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 177 p.

Euceda, XI. 2005. Monitoreo de la calidad de las aguas en las microcuencas De los ríos Olancho, pueblo viejo y Cuyamapa. Ing. Agr. Catacamas Olancho, HN. Universidad Nacional De Agricultura. 99 p.

Mejía, MR. 2005. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la micro cuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Master. Escuela de Posgrado, Turrialba. CR. CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 123 p.

Comisión Nacional del Agua, 2007. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de plantas potabilizadoras tipo de tecnología Simplificada. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Edición 2007. Tlalpan. México, D.F. 329 p.

Hidroquinona. s.f. Generación de la composición química del agua. Relación composición química - litología. Fenómenos modificadores. (En línea), (Revisado el 18 de mayo de 20013). Disponible en: <http://www.agua.uji.espdfleccionRH17>

Castro de esperanza, ML. 1987. Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS). 73 p.

Fundación VIDA y PRRAC 2004. Diagnóstico Ambiental Municipal Participativo y Plan de Acción Villa de San Francisco, Francisco Morazán, Honduras, C.A. 61 p.

Parámetros y características de las aguas naturales. Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas. (En línea), (Revisado el 18 de mayo de 2013). Disponible en: www.oocities.org/edrochacsanitariaparametros1.pdf

Argandoña, LM. 2010. Calculo de Índices de Calidad de Aguas Superficiales y Análisis de la Red de Monitoreo en las Cuencas de Huasco, Elqui, Limari y Choapa. Ingeniero Civil Ambiental. CH. Universidad de la Serena. 199 p.

Cardona, AJ. 2003. Calidad y riesgo de contaminación de las aguas superficiales en la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras.HN. Magister Scientiae. Escuela de Posgrado, Turrialba. CR. CATIE Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 170 p.

SEMARN (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2001. Normas de Calidad del Agua y Control de Descargas. Santo Domingo, RD. 53 p.

Dorial, C. Daza¹, A. Deluque¹, H. et al. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas de reservorios en los resguardos indígenas localizados en la zona de influencia del Complejo Carbonífero Cerrejón, La Guajira-Colombia. (En línea), (Revisado el 19 de mayo de 2013). Disponible en: www.fundacionescerrejon.org/formas...PonenciaUniguajiraJagueyes.pdf.

Calidad de agua. (En línea), (Revisado el 19 de mayo de 2013). Disponible en: www.minem.gob.pe...SubCap%201.7%20Calidad%20de%20Agua.pdf

Dussaubat y Vargas, 2005. Hidrología. Modernización e Integración Transversal de la Enseñanza de Pregrado en Ciencias de la Tierra Área. Pregrado en Ciencias de la Tierra. CH. Universidad de Chile. 15 p.

Badillo, 2009. Manual de buenas prácticas de riego. Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. Amaya Asiaín. Madrid. EP. 36 p.

Díaz Cano, L.A.; 2010 Estudio comparativo de índice de calidad del agua mediante la aplicación y evaluación de un modelo armonizado en Latinoamérica, caso de estudio río Lao. Tesis Magister. Universidad Católica del Norte. Chile.

Mendoza, AE. 2013. El Salvador: Riego por goteo. 98 p.

Tostado, PA. 2010. Diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo para una huerta aguacatera pequeña. Ingeniero Mecánico. México, D.F. MX. Universidad Nacional de México. 105 p.

Jiménez, ER. 2008. Modificación de la técnica de riego localizado por micro jet en un área de la UBPC "organológico Vivero alamar" y su repercusión en los Resultados económicos. Master en Gestión y Desarrollo de Cooperativas. Habana. Universidad de la Habana. 62 p.

Estándares de calidad ambiental de agua. (En línea), (Revisado el 29 de noviembre de 2013). Disponible en:

http://www.digesa.sld.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf.

OPS (Organización Panamericana para la Salud) OMS (Organización Mundial de la Salud), 1995. Normas Técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario. Tegucigalpa, HN. 42 p.

Pérez, JM. 2011. Manual para determinar la calidad de agua para riego agrícola. Veracruz, MX. 49 p.

Ramirez, AR. 2011. Evaluación general de la salinidad y modelación de los riesgos de salinización en suelos del valle del cauca. Palmira. CL. Magister. Universidad nacional de Colombia Facultad de ciencias agropecuarias. 145 p.

Duran, RQ. 2004. Efecto de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del rio Cauca. Santiago de Cali. Colombia. 14 p.

ANEXOS



Anexo 1. Identificación de muestras de agua

Nº de estación de muestreo:	
Tipo de análisis:	
Solicitante:	
Origen de la fuente:	Fecha y hora de muestreo:
País:	Fecha y hora de llegada al Lab:
Departamento:	Cantidad de muestra:
Municipio:	Muestreador:
Preservada: Si No	Aguas:
Observaciones/ Parámetro:	



Anexo 2. Requisito para toma de muestras de aguas y su manipulación

Determinaciones químicas



Parámetros	Material del Frasco	Volumen requerido	Conservación/ Preservación	Tiempo máximo para análisis
Ph	Determinación en campo			
Temperatura	Determinación en campo			
Turbiedad	P o V	200 ml	Refrigerar a 4 °C	24 horas
Alcalinidad	P o V	201 ml	Refrigerar a 4 °C	24 horas
Color	P o V	500 ml	Refrigerar a 4 °C	48 horas
Solidos sedimentables	P o V	1000 ml	Refrigerar a 4 °C	48 horas
Cloruros	P o V	200 ml	Refrigerar a 4 °C	28 días
Fluoruros	P	300 l	Refrigerar a 4 °C	28 días
Sulfatos	P o V	100 ml	Refrigerar a 4 °C	28 días
Conductividad	P o V	200 ml	Refrigerar a 4 °C	28 días
Dureza	P o V	500 ml	Agregar HNO ₃ hasta Ph < 2	3 meses
Oxígeno Disuelto	Determinación en campo			
DBO	P o V	1000 ml	Refrigerar a 4 °C	24 horas
Fosfatos	V (A)	200 ml	Refrigerar a 4 °C	48 horas
Cianuros	P o V	1000 ml	Agregar NaOH hasta Ph = 12 refrigerar a 4 oC	14 días 24 h/ sulfuros
Nitritos	P o V	200 ml	Refrigerar a 4 °C	48 horas
Nitratos	P o V	200 ml	Refrigerar a 4 °C	48 horas 24 d/ clorada
Aceites y grasas	V ámbar boca ancha	1000 ml	Agregar H ₂ SO ₄ hasta Ph < 2 refrigerar a 4 °C	28 días
DQO	P o V	200 ml	Agregar H ₂ SO ₄ hasta Ph < 2 refrigerar a 4 °C	28 días

P o V (Plástico o Vidrio)

DATOS DE RIO

[illegible]

Anexo 4. Análisis de aguas para riego

ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Zamorano tels. (504) 2287-2000 ext.
2316/2327 Fax: (504) 2287-6242
Cel. 9969-6846

Fecha: 26 de Agosto de 2013

Procedencia de la muestra: Cantarranas, Francisco Morazán

Resultado de análisis de Aguas para Riego

Solicitante: Azucarera Tres Valles

# Lab.	Muestra	mg/l								
		K	Ca	Mg	Na	B	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
13-AR-3381	Rio Choluteca	91.10	13.02	2.91	35.17	0.03	1.18	65.76	0.59	0.04
13-AR-3382	Rio Yeguares	51.22	1.21	1.21	10.11	0.03	2.84	38.40	0.15	<0.01
13-AR-3383	Rio Chiquito	111.44	0.71	0.72	9.19	0.03	2.36	64.32	0.01	<0.01

Responsable: _____
Ing. Moisés Sánchez Amaya

Vo.Bo.: _____
M. Sc. Gloria de Gauggel

Anexo 5. Análisis de aguas para riego

ZAMORANO LABORATORIO DE SUELOS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Zamorano tels. (504) 2287-2000
ext. 2316/2327 Fax: (504)
2287-6242 Cel. 9969-6846

Fecha: 26 de Agosto de 2013
Resultado de análisis de Aguas para
Riego

Procedencia de la muestra: Cantarranas, Francisco Morazán

Solicitante: Azucarera Tres Valles

# Lab.	Muestra	pH	C.E.	ppm					
			micromhos/cm	Cu	Fe	Mn	Zn	Dureza	
13-AR-3381	Rio Choluteca	6.70	470	<0.03	0.47	0.05	<0.01	148.6	Agua dura
13-AR-3382	Rio Yeguares	7.07	211	<0.03	1.18	0.14	<0.01	79.8	Agua moderadamente dura
13-AR-3383	Rio Chiquito	7.94	345	<0.03	0.15	0.02	<0.01	180.6	Agua dura

Responsable: _____
Ing. Moisés Sánchez Amaya

Vo.Bo.: _____
M. Sc. Gloria de Gauggel

Anexo 6. Promedios comparativos en monitoreos mensuales de caudales durante el

Cuerpos de agua	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Agosto	Noviembre
Rio Choluteca	16,671	13,919	16,369	9,428	13,456	19,296	21,654
Rio Yeguares	4,266	4,405	2,482	2,334	6,696	7,963	9,547
Rio Chiquito	-	-	120	119	396	410	-

período, enero de 2011 a marzo de 2013 en el rio Choluteca

Volumen (ml)								
A	460	420	485	400	370	440	660	410
B	490	625	900	710	530	715	880	525
C	830	1120	835	695	880	830	1318	1215
D	890	1030	890	880	755	960	1320	1170
D	630	900	900	920	870	960	1650	1355
C	840	1010	805	650	760	805	1310	1270
B	485	810	920	740	440	650	660	780
A	375	540	465	395	280	360	350	425

Anexo 7. Volumen de agua registrada en la evaluación del sistema de riego por aspersión.

Los números representados en las filas **A** son los volúmenes de agua recolectada en 16 recipientes que indican la cuarta parte de 64 recipientes que se utilizaron en la evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución del sistema de riego por aspersión.

Desarrollo para calcular el coeficiente de uniformidad y distribución del sistema de riego por aspersión.

$$\begin{aligned}
 CU_{\text{zona}} &= \frac{\text{Volumen medio de la cuarta parte de los recipientes con menos agua}}{\text{Volumen medio de todos los recipientes}} * 100 \\
 &= \frac{V_{25\%}}{V_m} * 100
 \end{aligned}$$

Donde:

CU_{zona} = el coeficiente de uniformidad de la zona evaluada.

V_m = la media de todos los volúmenes en cada uno de los recipientes

$V_{25\%}$ = la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los recipientes que recibieron menos agua

$$CU_{zona} = \frac{427}{765} * 100$$

$$= 56 \%$$

Anexo 8. Volumen de agua registrada en la evaluación del sistema de riego por goteo.

Nº Lateral	Volumen (ml)	Presión (psi)	Duración del riego
1	2180	17	2 horas
1	2340	17	2 horas
1	1060	17	2 horas
1	1270	17	2 horas
2	1210	17.5	2 horas
2	2120	17.5	2 horas
2	2355	17.5	2 horas
2	2630	17.5	2 horas
3	1430	20	2 horas
3	2270	20	2 horas
3	2270	20	2 horas
3	2275	20	2 horas
4	640	20	2 horas
4	2120	20	2 horas
4	2410	20	2 horas
4	2410	20	2 horas

Los números sombreados son los volúmenes de agua recolectada en 4 recipientes que indican la cuarta parte de 16 recipientes que se utilizaron en la evaluación del coeficiente de uniformidad y distribución del sistema de riego por goteo.

Desarrollo para calcular el coeficiente de uniformidad y distribución del sistema de riego por aspersión.

$$CU_{\text{zona}} = \frac{\text{Volumen medio de la cuarta parte de los recipientes con menos agua}}{\text{Volumen medio de todos los recipientes}} * 100$$

$$= \frac{V_{25\%}}{V_m} * 100$$

Donde:

CU_{zona} = el coeficiente de uniformidad de la zona evaluada.

V_m = la media de todos los volúmenes en cada uno de los recipientes

$V_{25\%}$ = la media de los volúmenes medidos en la cuarta parte de los recipientes que recibieron menos agua

$$CU_{\text{zona}} = \frac{1045}{1937} * 100$$

$$= 54 \%$$

Anexo 9. Calculo de la expansión máxima en área productiva en relación a la disponibilidad de agua del rio Choluteca en el mes de abril.

$$\frac{55,445,783 \text{ m}^3}{7,670 \text{ mz}} = 7,229 \text{ m}^3 / \text{mz}$$

$$\frac{7,229 \text{ m}^3 / \text{mz}}{6 \text{ meses}} = 1205 \text{ m}^3 / \text{mz} / \text{mes}$$

$$9,428 \text{ m}^3 / \text{h} \times 10\% = 942.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$942.8 \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 678,816 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

$$1,205 \text{ m}^3 \rightarrow 1 \text{ mz}$$

$$678,816 \text{ m}^3 \rightarrow \times$$

$$\times = 563.3 \text{ mz}$$

Anexo 10. Calculo de la expansión máxima en área productiva en relación a la disponibilidad de agua del rio Yeguares en el mes de abril.

$$\frac{4,554,217 \text{ m}^3}{630 \text{ mz}} = 7,229 \text{ m}^3 / \text{mz}$$

$$\frac{7,229 \text{ m}^3 / \text{mz}}{6 \text{ meses}} = 1205 \text{ m}^3 / \text{mz} / \text{mes}$$

$$2,334 \text{ m}^3 / \text{h} \times 10\% = 233.4 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$233.4 \times 24 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 168,048 \text{ m}^3 / \text{mes}$$

$$\begin{aligned} 1,205 \text{ m}^3 &\rightarrow 1 \text{ mz} \\ 168,048 \text{ m}^3 &\rightarrow \times \end{aligned}$$

$$\times = 140 \text{ mz}$$