

## **CRIA ORIENTE**

### **Cadena de Frijol**

“Determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos, en fincas productoras de frijol del corredor seco de Chiquimula y Zacapa, Guatemala 2016”



Ing. Ricardo O. Suchini Paiz

Téc. Jairo D. Cerín Calderón



*Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria*

## 1. INTRODUCCIÓN

Cada año es más difícil producir granos básicos y en especial el cultivo de frijol, observando en el corredor seco del departamento de Chiquimula que los municipios más afectados por irregularidad de la distribución de las lluvias son San José la Arada, San Jacinto, San Juan Ermita, Jocotán, Camotán, Quezaltepeque e Ipala; además del municipio de San Diego en el departamento de Zacapa.

La producción de frijol demanda el uso de agroinsumos, éstos previos a su aplicación se mezclan con el agua de fuentes cercanas a las unidades de producción, sin conocer sus propiedades físico-químicas y bacteriológicas; considerando que su determinación puede ser un factor de suma importancia en el rendimiento del cultivo. Por lo anterior se le reconoce como un insumo imprescindible por su utilización en actividades como: riego, fertilización, control de plagas y enfermedades. Además de influir directamente en la relación suelo-planta.

La eficiencia de los agroinsumos varía según la calidad del agua utilizada para su mezcla y preparación, algunas empresas fabricantes han demostrado técnicamente que el potencial de los productos disminuye cuando el agua muestra características poco deseables.

Basados en que la composición del agua comprende la concentración de distintos componentes, su uso durante la producción de frijol, para la aplicación de agroinsumos puede influir en la eficiencia de los productos durante las aspersiones. Considerando necesario investigar sobre los parámetros que se relacionan con la calidad de la misma. Por lo que se propone determinar la calidad del agua utilizada en los municipios productores de frijol identificadas dentro del corredor seco en el departamento de Chiquimula y Zacapa, para que los agricultores además de mejorar el rendimiento del cultivo, pueden reducir sus costos a partir del uso adecuado del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos y establecer recomendaciones que contribuyan a mejorar la efectividad de los mismos. Los muestreos y análisis de las fuentes de agua se llevarán a cabo durante los meses de septiembre a octubre del año 2016.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades del cultivo de frijol

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es una especie de origen americano. México, Guatemala y Perú son los más posibles centros de origen, o al menos como los centros de diversificación primaria. Desde el punto de vista taxonómico el frijol es el prototipo del género *Phaseolus* (INFOAGRO, 2016).

Las plantas tienen el tallo herbáceo, con hojas compuestas de tres folíolos enteros, ovales y terminados en punta, es una planta anual cuyas flores están reunidas en racimos cortos de color blanco, violeta o rosado, dependiendo de la variedad. De acuerdo a su desarrollo se clasifica en tipo arbustivo y trepador o enredo (INFOAGRO, 2016). En Guatemala, el frijol constituye un cultivo de mucha importancia por su alto contenido de proteínas, indispensable en la alimentación de la mayor parte de los habitantes del país, se encuentra ampliamente distribuido, existiendo diferentes variedades específicas para cada altura (Vidal, 2012).

En general, se obtienen bajos rendimientos debido a los deficientes sistemas de cultivo así como a otros factores. Buena parte del frijol sembrado en Guatemala, es cultivado por agricultores poco tecnificados, quienes por lo general, lo cultivan en asocio. La mayoría de las veces se observan zonas marginales para su producción donde existe un bajo nivel de tecnología, el uso de insumos se ve restringido debido a limitaciones económicas (Vidal, 2012). Como en cualquier cultivo los factores climáticos en conjunto son fundamentales para que se mantenga en buen funcionamiento el cultivo, porque estos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de ellos incide sobre los demás (Vidal, 2012).

**Cuadro 1.**

Temperaturas críticas para frijol en las distintas fases de desarrollo.

Temperatura óptima	Rango °C
Suelo	15-20
Germinación (máxima)	20-30
Germinación (mínima)	10
Durante el día	21-28
Durante la noche	16-18
Máxima biológica	35-37
Mínima biológica	10-14

Fuente: (Vidal, 2012).

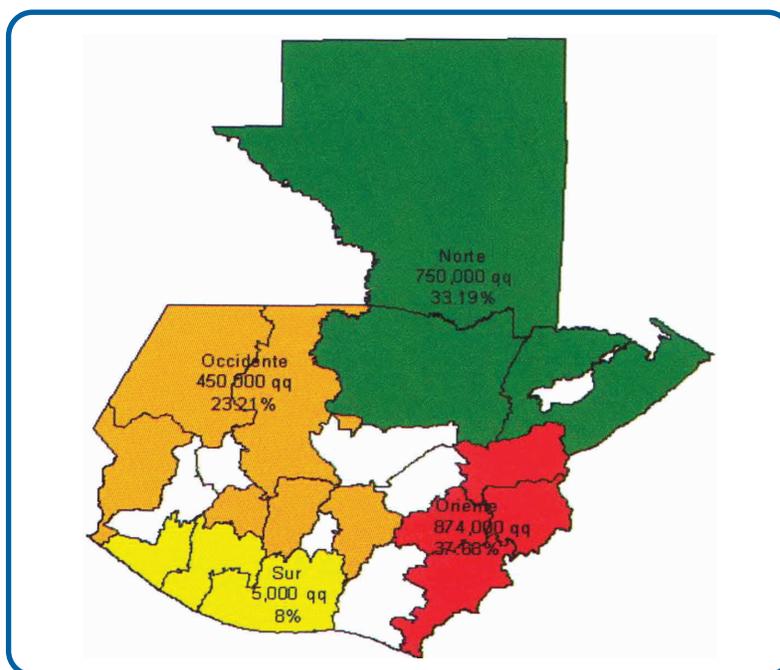
La humedad relativa óptima del aire durante la primera fase del cultivo es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre 65% y el 75%. El cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades y dificultan la fecundación (Vidal, 2012).

Es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, siempre que la humedad relativa sea la adecuada (Vidal, 2012).

Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos y demasiados salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riesgo excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrado. En suelos calizos las plantas se vuelven cloróticas y achaparradas, así como un embastecimiento de los frutos (Vidal, 2012).

La distribución del cultivo varía de los 100 a los 1800 msnm. Dependiendo de las condiciones climáticas que se tengan. El cultivo del frijol se encuentra en casi todas las regiones del mundo excepto en las más frías (INFOAGRO, 2016).

**Figura 1.**  
Producción de frijol por departamento en Guatemala.



Fuente: Villatoro, 2011.

Según (Guerra, 2002), existen tres épocas de siembra de frijol, “siembra de primera” que comprende los meses de mayo y junio, “siembra de segunda” que se realiza en los meses de agosto y septiembre, por lo general se hace con asocio con maíz y “siembra de tercera” “de apante” o bajo riego.

## 2.2 Factores Limitantes del cultivo de frijol en Guatemala

Existen factores bióticos y abióticos que pueden limitar la producción de frijol, entre los factores bióticos están los microorganismos como hongos, bacterias, virus, nematodos, que viven e interactúan en el nicho ecológico donde se encuentre la producción y entre los factores abióticos esta la temperatura, precipitaciones, humedad, heladas, nubosidad (CIAT, 2000).

## 2.3 Papel esencial del agua en la agricultura

Según (FAO, 1997) en la agricultura se utiliza 70% de todas las extracciones de agua dulce a escala mundial y hasta el 95% en varios países en desarrollo, con el fin de satisfacer la actual demanda de alimentos.

Además se estima que la superficie de riego efectiva deberá aumentar un 34% en los países en desarrollo y que deberá extraerse un 14% más de agua con fines agrícolas. Cabe recordar que la agricultura de riego suministra el 40% de la oferta mundial de alimentos en el 20% de las tierras cultivadas (FAO, 1997).

Lo anterior muestra el valor que añade el agua sistemáticamente en las actividades agrícolas donde se puede relacionar su eficiencia con la producción. Demostrando que se pueden mejorar los beneficios en términos financieros, seguridad sanitaria, métodos de riego y otras tecnologías agrícolas que permiten ahorrar agua (Sandoval, 1989).

Por otro lado, las aguas residuales tratadas y aguas salinas (principalmente subterránea y de drenaje), también son importantes en la agricultura, particularmente en riegadíos de zonas áridas y semiáridas de países con escasas de agua y en entornos periurbanos con rápido crecimiento con clima árido o húmedo (Sandoval, 1989).

## 2.4 Definición de la calidad del agua

La definición de calidad va en función del uso que se le dé y que es de relevancia para la vida. Existen diferentes parámetros para definir la calidad del agua en función de su uso y para cada uno de ellos se establecen estándares diferentes (OMS, 1995).

La calidad del agua queda definida por su composición y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de sus componentes, solo o en conjunto, permitiendo de esta forma establecer posibilidades de utilización (OMS, 1995).

## 2.5 Calidad del agua para riego agrícola

Palacios y Aceves en 1970, señalan que la calidad de agua para riego agrícola es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua, con fines de riego de cultivos agrícolas, para cuya determinación generalmente se toman como base las características químicas, pero actualmente al emplear el riego por goteo/micro aspersión o aspersión es relevante considerar características físicas y biológicas; así como la tolerancia de cultivos a las sales, las propiedades del suelo, las condiciones de manejo de suelo y agua y las condiciones climatológicas.

El criterio de salinidad se evalúa mediante los índices de conductividad eléctrica, salinidad efectiva y salinidad potencial. La conductividad eléctrica se mide con un conductímetro y registra la presencia de sólidos disueltos. El agua pura no conduce corriente eléctrica. Mientras mayor sea el contenido de sólidos disueltos más alto es su valor, y se expresa en ds/m ó mmhos/cm a 25°C (Palacio y Aceves, 1970).

## 2.6 Importancia del agua para riego

El Producto Interno Bruto (PIB) del país es de Q. 225,000 millones y el 71% del mismo depende de cuatro grandes ramas de la economía: a) sector agropecuario, b) industria, c) comercio, d) transporte, almacenaje y comunicaciones (SEGEPLAN, 2006).

El sector agropecuario (23 % del PIB) depende del recurso agua. La producción agrícola es cíclica, se siembra al inicio de las lluvias y se cosecha al final de las mismas.

Realizar actividades agropecuarias fuera de temporada, significa agregar de manera “artificial” agua al suelo. Se estima que el país riega un poco más de 310, 000 hectáreas, esto ha demandado inversiones, cuyo valor financiero es tomado en cuenta, más no siempre la contribución directa del agua al incremento en los rendimientos de los cultivos agrícolas, como variable importante para cuidar sosteniblemente el capital hídrico nacional (SEGEPLAN, 2006).

La importancia del recurso agua a nivel económico cobra mayor relevancia si se considera que solamente el sector agropecuario ocupa cerca del 50% de la PEA total (SEGEPLAN, 2006).

## 2.7 Situación del agua para uso agrícola en Guatemala

La responsabilidad de generar información sobre los sistemas hídricos del país recae en el sector público, pero es recurrente la falta de integración y la ausencia de recursos humano, equipo y logístico- para generar estadísticas de detalle que trasciendan los niveles exploratorios y que permitan conocer mejor los parámetros y la variabilidad espacio temporal del ciclo hidrológico; la toma de decisiones a nivel nacional y local municipal suele carecer de un

conocimiento sólido de la realidad en el ámbito local, y ello imposibilita optimizar los pocos recursos disponibles o que estos lleguen a donde más se necesita (Morales de la Cruz, 2009).

Durante la elaboración del Plan Sectorial de Ambiente y Agua (MARN, 2009) se identificó la necesidad de generar información y conocimiento, mediante el fortalecimiento de los sistemas de información sobre los temas relacionados al agua, para medir indicadores de resultados y servicios y la toma de decisiones.

Respecto a los sistemas de información institucional relacionados con la inversión pública en agua potable y saneamiento, el hallazgo identifica la carencia histórica de un trabajo sectorial integrado, que ha llegado a generar duplicidad, mucha incertidumbre de los datos, notables vacíos espaciotemporales a nivel comunitario y no permiten conocer la calidad de los servicios (SEGEPLAN, 2010).

## 2.8 Clasificación del agua para uso agrícola

La calidad del agua para riego está determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga. Por lo tanto, la calidad del agua es una consideración importantísima para la investigación de las condiciones de salinidad o contenido de sodio intercambiable en cualquier zona de riego (Sandoval, 1989). En varias partes del mundo el aumento de la agricultura bajo riego y los cambios en las prácticas de manejo están causando problemas muy serios debido a la calidad de las aguas. Existe la tendencia a usar para riego toda agua disponible (Barrios, 1999).

Esto significa que después de varios años las derivaciones de las corrientes superficiales pueden cambiar de agua de río no contaminada a una porción considerable de flujo revolvente de pobre calidad, proveniente del drenaje (Barrios, 1999).

Los parámetros que intervienen en la calidad de agua para uso agrícola son: a) La concentración de sales solubles, b) La concentración de sodio (Na) en relación a las otras sales, c) la concentración de cloruros y sulfatos, d) La concentración de boro y otras sustancias tóxicas (aluminio y selenio) y los carbonatos y bicarbonatos (Sandoval, 1989).

a) La concentración de sales, está referida a la presencia de iones, cationes y aniones asociados formando sales en disolución. La concentración de sales (concentración total) esta expresada en términos de conductividad eléctrica (micromhos/cm). Así mismo puede referirse a la suma de cationes y a la suma de aniones de las sales solubles expresada en meq/litro.

El calcio, el magnesio y el potasio son satisfactorios para el crecimiento de las plantas, sin embargo debe entenderse que cuando estos se complementan con carbonatos, cloruros y sulfatos y luego por las condiciones adversas del medio adquieren grandes concentraciones, se convierten en perjudiciales, para el suelo y para las plantas y sobre todo para aquellos suelos pesados con drenaje deficiente o bajo déficit de lluvia.

- b) El sodio, es el ion capaz de provocar serios efectos en la relación suelo-planta. Su fácil intercambiabilidad en el complejo argílico y la selectividad de algunas arcillas por el sodio provocan efectos nocivos en la parte física, química y biológica del suelo.

El sodio se evalúa en términos de relación de absorción de sodio (RAS), los iones están expresados en meq/litro. La expresión es el índice de peligrosidad del sodio en aguas de riego, por lo tanto dicha expresión señala el sodio intercambiable que tendría un suelo, cuando el suelo y el agua alcanzan un equilibrio. En consecuencia, el RAS en aguas de riego y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en suelos están muy ligados.

La relación entre el RAS y el PSI se expresa en la siguiente forma:

$$\text{PSI} = [100 * (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})] / [1 + (-0.0126 + 0.01475 \text{ RAS})]$$

Es necesario recordar que un suelo que contenga 15 o más PSI es un suelo sódico (alcalino) y el rendimiento de la cosecha se reduce considerablemente, además del daño que causa al suelo en sí.

El porcentaje de sodio presente en aguas de riego o solución del agua, se calcula así:

$$\% \text{ NA} = \{ [( \text{NA} + \text{K} ) * 100] / \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} \} = \text{meq} / \text{litro}.$$

- c) Los cloruros y sulfatos, son aniones determinantes en la calidad del agua para riego. Los cloruros constituyen uno de los aniones más persistentes en agua de riego. Ello se debe a que las sales constituidas en los cloruros son altamente solubles, lo que facilita que dichas sales solubilizadas (disolución) a partir del material parental y transportadas por las aguas de riego. Los cloruros son tóxicos y aunque no dañen el coloide del suelo, su concentración causa problemas de toxicidad en aquellos cultivos sensibles a este anión. El porcentaje de cloro presente en aguas de riego o en la solución, se calcula así:

$$\% \text{ CL} = \{ [ ( \text{CL} + \text{NO}_3 ) * 100 ] \} / [ \text{CO}_3 + \text{HCO}_3 + \text{CL} + \text{SO}_4 + \text{NO}_3 ] \} = \text{Meq} / \text{litro}$$

Los sulfatos son sales cuya solubilidad es menor que la de los cloruros, pudiendo ser estos mediante solubles a insolubles. Su toxicidad es menor que la de los cloruros, considerándose que la toxicidad de los  $SO_4$  es más o menos la mitad de los Cl.

- d) Los carbonatos y bicarbonatos, aunque son menos dañinos que los otros iones pueden llegar a constituir problemas en las aguas de riego. Los carbonatos se valoran en función del carbonato de sodio residual CSR.

El CSR es problema en el agua cuando el contenido de carbonato más bicarbonato, sobre pasa el contenido del calcio más magnesio. Las aguas que pueden contener valores elevados de CSR pueden contener sodio efectivo en exceso provocando en el suelo la precipitación del calcio y magnesio, aumentando así el porcentaje de sodio.

Así pues, el exceso de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio y magnesio, así como de sodio, reducen el valor nutritivo y la productividad de los suelos, pudiendo llegar afectar considerables áreas dedicadas a la agricultura.

Si a lo anterior se le agrega el efecto del clima (cálido y seco) y el mal manejo hace tanto del agua para riego como del suelo, son las contribuciones que provocan la formación de los suelos problemas, suelos nátricos que constituyen áreas marginales para el desarrollo agrícola y pecuario.

- e) Conductividad Eléctrica, la concentración total de sales solubles en las aguas de riego, para fines de diagnóstico y de clasificación, se puede expresar en términos de conductividad eléctrica, la cual se puede determinar en forma rápida y precisa. Casi todas las aguas para riego que se han usado por mucho tiempo tienen una conductividad eléctrica menor de 2,250 micromhos/cm. Ocasionalmente se usan aguas de mayor conductividad, pero las cosechas obtenidas no han sido satisfactorias, excepto en raras ocasiones.

En general, las aguas cuya conductividad eléctrica sea menor de 750 micromhos/cm son satisfactorias para el riego por lo que respecta a sales, aun cuando los cultivos sensibles pueden ser afectados adversamente cuando se usan aguas cuya conductividad varíe entre 250 y 750 micromhos/cm.

Las aguas cuya conductividad eléctrica varía entre 750 y 2,250 micromhos/cm son comúnmente utilizadas, obteniéndose con ellas crecimiento adecuado de las plantas, siempre y cuando haya un buen manejo de la tierra y un drenaje eficiente. El empleo de aguas con conductividad eléctrica mayor de 2,250 micromhos/cm es una excepción y rara vez se obtienen buenos resultados.

## 2.9 Relación de adsorción de sodio (RAS)

Además de la concentración total de sales en solución interesa la proporción relativa de Na y cationes divalentes en el agua de riego, por su efecto en la sodificación del suelo. La importancia de este proceso radica en el efecto dispersante que tiene el Na al ser intercambiado por los coloides del suelo, debido a su elevado radio de hidratación (Gurovich, 1985).

Cuando un suelo sufre dispersión por efecto del Na, su estructura se ve alterada con diferentes grados de intensidad, sellándose total o parcialmente la superficie del suelo a la infiltración del agua de riego e impidiendo el intercambio gaseoso entre la atmósfera y el perfil del suelo (Gurovich, 1985).

Se crean en consecuencia condiciones inapropiadas para el adecuado desarrollo del sistema radicular de las plantas, afectándose el rendimiento de los cultivos; por el efecto sobre la infiltración, disminuye la eficiencia del riego, incrementándose el escurrimiento superficial y el tiempo de riego necesario para reponer el agua consumida por los cultivos (Gurovich, 1985).

Por tratarse de un proceso de intercambio catiónico entre las arcillas del suelo y los iones disueltos en el agua que fluye en el perfil del suelo, el peligro de sodificación queda determinado por la relación entre Na y iones divalentes, expresada a través de un índice conocido como relación de adsorción de sodio o RAS (Gurovich, 1985). La relación de adsorción de sodio (RAS) en una solución del suelo, se relaciona con la adsorción de sodio y, en consecuencia, esta relación puede usarse como "índice de sodio" o "del peligro de sodificación que tiene dicha agua". Esta relación es la siguiente:

$$\text{RAS} = \text{Na}^+ / \bullet (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2$$

En la cual, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> representan las concentraciones en miliequivalentes por litro de los iones respectivos. Los valores de RAS se clasifican como: bajo (< 11), medio (11-18), alto (18-26) y muy alto (> 26) (Gurovich, 1985).

Si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro es menor. La concentración de la solución del suelo aumenta a causa de la extracción de agua del suelo por las raíces y a causa de la evaporación (Gurovich, 1985).

Debido a que la cantidad de sal absorbida por las plantas es relativamente pequeña la solución remanente en el suelo es más concentrada que el agua de riego aplicada. Al siguiente riego esta solución más concentrada puede ser desplazada hacia abajo o ser diluida; de ese modo la concentración de la solución que está en contacto con el suelo variará con el tiempo y localización en el perfil (Gurovich, 1985).

## 2.10 Clasificación de la conductividad eléctrica (CE) y el RAS

Aguas C1, de baja salinidad, Pueden usarse en la mayoría de suelos y cultivos. Las lluvias de la mayoría de las regiones lavan fácilmente las pocas sales que llevan dichas aguas. Sin embargo en regiones con mediana o poca precipitación y en donde los suelos presentan una mediana permeabilidad, pueden provocar salinidad a muy largo plazo, pero si se controla es fácilmente lavada con un adecuado riego.

Se exceptúan aquellos suelos pesados, muy lentamente o nada permeable o bien con drenaje interno restringido, más aun si estos se localizan en zonas áridas, estos suelos requieren de un control o monitoreo más puntual.

Aguas C2, de mediana salinidad, Presentan cierto grado de retención ya que estas aguas pasan de los 250 micromhos/cm, acentuándose más sus limitaciones cuando su C.E. es muy cercada a los 750 micromhos/cm. Pueden usarse en suelos con buen drenaje y con cultivos tolerantes a cierta salinidad. Su uso es más permitido en regiones con lluvia apreciables ya que estas provocan el lavado de las sales depositadas por el agua C2.

Su uso es restringido en suelos pesados, poco permeables y con una capa freática muy poco profunda y más aún, en regiones donde las escasas lluvias no favorecen el lavado de las sales. Se recomienda que sean usadas bajo condiciones de manejo adecuado del suelo.

Agua C3, de alta salinidad, El simple hecho que su C.E. sobre pasa los 750 micromhos/cm, las hace muy limitantes para su uso agrícola. En principio se recomienda tomarlas como aguas no aprovechables. Sin embargo pueden ser usadas en suelos de textura media y gruesa (suelos francos, franco-arenosos). Con muy buen drenaje y bajo prácticas de control de salinidad. Los cultivos deben ser muy tolerantes a salinidad. No se recomienda su uso en suelos con drenaje deficiente. Aun en suelos finos (franco arcilloso y arcilloso) con buen drenaje, su uso no es recomendable, sobre todo, si la capacidad de intercambio de estos suelos es alta.

Aguas C4, de muy alta salinidad, Podrían usarse en condiciones muy especiales de suelo, con cultivos altamente tolerantes y bajo estricto control y manejo. Sin embargo, estas aguas son casi siempre descartadas para uso agrícola (riego).

Aguas S1, de bajo contenido de sodio, Pueden utilizarse en casi todos los suelos y en la mayoría de los cultivos, son aguas de amplio uso, con muy poca probabilidad de alcanzar toxicidad de sodio. Sin embargo, aquellas aguas cuyo RAS cercano a 10 meq/litro, debe usarse con cierta cautela en suelos pesados. Cultivos con muy alta sensibilidad al sodio, pueden no tolerar aguas con RAS de 10 meq/litro.

Aguas S2, de mediano contenido de sodio, Puede utilizarse en casi todos los suelo de textura media y gruesa con buen drenaje. De igual manera, puede utilizarse en suelos con buen contenido de materia orgánica y con presencia de calcio y sulfatos. Los suelos finos con alta capacidad de intercambio corren el peligro de sodificarse. Los suelos medianos y finos con drenaje imperfecto agudizan el problema de infiltración en sus capas superiores.

La acumulación de sodio intercambio se lleva a cabo relativamente rápido, presentando problemas de toxicidad a mediano y corto plazo. Estas aguas no son factibles de uso para cultivos poco tolerantes a este elemento.

Aguas S3, de alto contenido de sodio, En términos generales, debe evitarse el uso de estas aguas hasta donde sea posible. Por su alto contenido de sodio, aunque se señale su factibilidad de uso, debe considerarse como poco apropiadas para una gran mayoría de suelos y cultivos, ya que sus efectos dañinos se dejan sentir a corto plazo.

Sin embargo, pueden usarse en suelos medianos con muy buen drenaje que permitan el fácil lavado de las sales de sodio en un momento en dado. Igualmente, en suelos de alto contenido de materia orgánica en donde el calcio disuelto por el agua de riego pueda contrarrestarse a la peligrosidad del sodio.

El uso de estas aguas puede facilitarse mediante adiciones controladas de yeso, hasta desplazar el sodio intercambiable. Todo lo anterior debe hacerse previo estudio del suelo incluyendo su drenaje y de factibilidad económica.

Aguas S4, de muy alto contenido de sodio, Son definitivamente marginales, su uso podría darse a condiciones muy excepcionales y bajo un estricto control de buen manejo, pero solo para cultivos altamente tolerantes en sodio.

## 2.11 Calidad del agua para la aplicación de agroquímicos

El agua nunca está químicamente pura, siempre contiene sustancias disueltas o en suspensión que modifica sus características químicas, esto tiene que ver con el tipo de fuente, el material parental sobre el que se desplaza, de los medios de conducción y del clima, entre otros, esto genera interacciones decisivas en el buen funcionamiento de los agroquímicos (AGRONORT, 2000).

Los parámetros pH y dureza, pueden interactuar negativamente con los ingredientes activos y/o inertes de los plaguicidas. La mala calidad del agua puede influir negativamente en el producto mediante la reducción de su solubilidad y disminución de la absorción del producto por parte de la plaga objetivo, resultando en un rendimiento inferior y la necesidad quizás de repetir el tratamiento.



### 2.11.1 pH del agua para la aplicación de agroquímicos

El potencial de hidrógeno, es una escala que indica la acidez o alcalinidad de una solución, cada sustancia química presenta un valor natural de pH donde es estable y funcional, los cambios en el pH generan degradación de los ingredientes activos y por consiguiente reducción de la eficacia de los agroquímicos (MAGA, 2010).

El pH alcalino puede causar la ruptura de enlaces y degradación de los productos, generando precipitaciones que modifican toda la actividad del agroquímico. La sensibilidad al cambio de pH, es diferente para cada agroquímico y esta dado en función del tiempo, cuantificando cuánto tarda en degradarse la mitad del ingrediente activo (MAGA, 2010).

El pH del agua es susceptible a modificarse con facilidad, el inconveniente particular radica en que los cambios se realicen de forma regulada, aquí cobra una alta importancia el uso de Buffers o amortiguadores, que mantienen los valores de pH en rangos cercanos al valor inicial de corrección, aún con la adición de otras sustancias químicas que alteren el pH (MAGA, 2010).

Cuando el pH del agua se encuentra fuera de los límites superiores o inferiores recomendados, el rendimiento del producto puede verse comprometido, provocando que algunos plaguicidas comiencen a hidrolizarse (degradarse). Cuando un plaguicida ácido débil se coloca en aguas ligeramente ácidas, permanece en gran parte intacto (MAGA, 2010).

Como regla general, tanto herbicidas, insecticidas y fungicidas se diseñan para obtener mejor rendimiento en aguas ligeramente ácidas, pH entre 4,0 y 6,5. Algunos agroquímicos como herbicidas del grupo de las sulfonilureas se desempeñan mejor en aguas ligeramente alcalinas (sobre un pH 7) (MAGA, 2010).

Ciertos insecticidas y fungicidas han demostrado ser altamente susceptibles a degradarse en aguas alcalinas. El efecto negativo del pH generalmente se ve favorecido mientras la temperatura del agua aumenta. Muchos productos poseen una carga eléctrica débil. El pH también puede cambiar la carga química de una molécula de plaguicida, lo que limita su capacidad de penetrar la cutícula de la hoja y alcanzar el sitio de acción, reduciendo la eficacia (MAGA, 2010).

Por esta razón, es de gran importancia conocer el valor adecuado para los agroquímicos a emplear y así asociar ingredientes activos compatibles en valores de pH, en común ver en las aplicaciones fitosanitarias usadas en el cultivo de papa, la mezcla de productos con valores de pH totalmente diferentes, lo que genera que alguno sea expuesto a valores no adecuados.

### 2.11.2 Dureza del agua para la aplicación de agroquímicos

Se define la dureza total del agua como la cantidad de sales presentes, especialmente magnesio, calcio y otras formas de carbonatos y bicarbonatos (MAGA, 2010).

Es importante destacar que también el magnesio puede tener un efecto negativo sobre los agroquímicos, ya que habitualmente en términos de la dureza, se tiende a asociar solamente al calcio presente en el agua. Cuando en el agua, además de los iones calcio y magnesio también están presentes los iones bicarbonato se incrementa el efecto negativo sobre los agroquímicos. La dureza está conformada por varias agrupaciones de iones químicos, que generan problemas comunes pero que se comportan de manera diferente (MAGA, 2010).

- Dureza total: es la concentración total de calcio y magnesio presentes en el agua.
- Dureza temporal: es la parte de la dureza total que se asocia a la presencia de iones bicarbonato. Su determinación analítica corresponde al contenido en bicarbonatos presentes en el agua y como máximo es igual a la dureza total del agua.
- Dureza permanente: corresponde a la cantidad de calcio y magnesio restante que se asocia con los otros iones, como cloruros, sulfatos, nitratos, etc.

Para entender la medición de la dureza del agua, es importante conocer la forma de medición, habitualmente se emplean en campo kits de medición por colorimetría, que cuantifican en diversas unidades como: grados franceses (°f), grados alemanes (°d), y el más empleado ppm  $\text{CaCO}_3$ . Todas las lecturas se expresan transformando los diferentes iones a su equivalente en carbonato de calcio.

Según la Asociación Americana de Ingenieros (AAI) aquellas aguas que presentan un valor menor de 60 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , se consideran adecuadas para la aplicación de agroquímicos, a medida que se incrementa el nivel de dureza, se incrementa la probabilidad de generar reacciones químicas con los ingredientes activos de los productos que provoquen su degradación. Por lo anterior la (AAI) tiene la siguiente clasificación para el agua en función de la dureza expresada en ppm de  $\text{CaCO}_3$ : 0-60 blanda, 61-120 moderada, 121-180 dura, de 181 en adelante, muy dura.

Sin embargo, las nuevas formulaciones de agroquímicos han mostrado diferente sensibilidad a los efectos de la dureza del agua, por ejemplo, las sales de glifosato, requieren aguas de alta calidad con dureza menor a 40 ppm de  $\text{CaCO}_3$ , este rango de dureza es válido también para acaricidas e insecticidas del grupo de los piretroides especialmente.

En resumen, las propiedades químicas referidas, afectan directamente la funcionabilidad de los agroquímicos y por lo tanto la productividad general del cultivo, generando incrementos en los costos, por el uso de mayores dosificaciones para lograr el efecto esperado y repetir aplicaciones. Además de la generación de resistencias por la falta de efectividad, las pérdidas por no control y detrimento ambiental por el uso de agroquímicos.

El uso de fertilizantes en las mismas mezclas con agroquímicos genera efectos sobre el pH y la dureza, que causan la degradación de los ingredientes activos, la mayoría de los fertilizantes foliares y solubles, generan un alto incremento en los valores de dureza total de la solución a asperjar, de igual forma existen múltiples posibilidades de afectación de los valores de pH, cada fuente o mezcla de fuentes fertilizantes causa efectos diferentes en la reactividad y tiempo de efecto, lo que genera gran probabilidad de daño de la mezcla.

La dureza del agua puede afectar negativamente a algunos plaguicidas. Por ejemplo en los imanes, los polos opuestos se atraen, lo mismo pasa con las moléculas de plaguicidas cargadas negativamente se adhieren a cationes como calcio, magnesio y otras moléculas cargadas positivamente (cationes) en aguas duras.

La unión de pesticidas con estos minerales crea moléculas que no pueden penetrar en la plaga objetivo, o entran a un ritmo mucho más lento, o simplemente precipitan fuera de la solución. Por lo anterior, a continuación se mencionan los cationes que contribuyen a la dureza del agua y afectan negativamente a los plaguicidas: aluminio ( $Al^{+++}$ ), hierro ( $Fe^{+++}$ ,  $Fe^{++}$ ), Magnesio ( $Mg^{++}$ ), Calcio ( $Ca^{++}$ ) y Sodio ( $Na^{+}$ ).

Las características químicas de los plaguicida cambian una vez que se recombina con los iones cargados positivamente, tales como calcio o magnesio. En algunos casos, la molécula químicamente alterada puede ser incapaz de disolverse en agua, penetrar en el tejido de la hoja, llegar al sitio de acción en la plaga para interrumpir sus funciones biológicas o simplemente llevar a cabo su acción plaguicida.

## 2.12 Descripción del corredor seco en los departamentos de Chiquimula y Zacapa

El corredor seco es una región de Guatemala que cubre parte de los departamentos de Baja Verapaz, Zacapa, El Progreso, Jalapa, Chiquimula, Jutiapa y Santa Rosa. Es muy vulnerable a las sequías y en algunas partes no cuenta con seguridad alimentaria y tiene un alto grado de pobreza extrema (MAGA, 2010).

Con referencia a las precipitaciones, la mayoría de dichos departamentos posee precipitaciones menores a 1,000 mm anuales, por lo que predomina el clima semiárido. Esta condición es más acentuada en los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula. Respecto a la temperatura promedio anual, se ha determinado que ha menor altitud las temperaturas son más elevadas, por encima de los 24 °C de media anual (MAGA, 2010).

Lo anterior se debe a que la cobertura forestal es escasa, en promedio solo queda el 22%. Este proceso de deforestación es muy grave en los departamentos de El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa y Jalapa (MAGA, 2010).

Los suelos son heterogéneos, predominan los materiales originarios metamórficos y de origen volcánico. Poseen limitantes como: poca profundidad, rocosos (sobre todo los metamórficos); baja y mediana fertilidad (salvo en los valles de oriente que son mejores); necesitan materia orgánica (sobre todo los de ceniza volcánica) y son muy erosionables (MAGA, 2010).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 General

- Evaluar la calidad del agua que se utiliza para el manejo del cultivo de frijol en los municipios ubicados en el corredor seco de Zacapa y Chiquimula, para proponer recomendaciones que optimicen su uso para la aplicación de agroinsumos.

#### 3.2 Específicos

- Determinar las principales propiedades físico-químicas del agua que utilizan los productores de frijol en el manejo del cultivo, para identificar la situación actual de su calidad.
- Proponer lineamientos que recomienden el uso del agua según su calidad, para el manejo del cultivo de frijol, con el propósito de mejorar la eficiencia de los agroquímicos previo a su aplicación.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Localización de los municipios en estudio

El estudio se realizó en 8 municipios (San José la Arada, San Jacinto, San Juan Ermita, Jocotán, Camotán, Quezaltepeque e Ipala) del departamento de Chiquimula y un municipio (San Diego) de Zacapa; lugares donde se concentran la mayoría de productores de frijol. Realizando los muestreos y análisis de las fuentes de agua identificadas, durante los meses de septiembre a octubre del año 2016. La descripción geográfica de cada municipio se indica a continuación:

#### 4.1.1 Municipio de San José La Arada

Sus coordenadas geográficas son las siguientes: Latitud Norte de 14°43'28" y Longitud Oeste de 89°34'45" (IGM, 1982). Su cabecera municipal se encuentra a una altitud de 434.58 msnm. Colinda al Norte con el municipio de Chiquimula, al Sur con el Municipio de Ipala, al Este con el Municipio de San Jacinto y al Oeste con el Municipio de San Luis Jilotepeque, Jalapa. Posee una extensión territorial de 160 km<sup>2</sup> (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.2 Municipio de Jocotán

La cabecera municipal presenta las coordenadas geográficas siguientes: latitud Norte 14°49'10" y longitud Oeste 89°23'25", cuanta con una área aproximada de 247.4 km<sup>2</sup> con y una altitud de 457 msnm. Sus colindancias son las siguientes: al Norte con los municipios de Zacapa y la Unión, al Este con los municipios de Camotán y Esquipulas, al Sur con los municipios de Olopa y San Juan Ermita y al Oeste con el municipio de Chiquimula (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.3 Municipio de Camotán

El municipio se encuentra a 700 msnm, la temperatura oscila entre los 20-26° C y una precipitación pluvial promedio anual de 1100-1349 mm. Los suelos se consideran poco profundos, compuestos en su mayoría por arcillas, formando texturas de franco-arcillosos a limo-arcillosos, pedregosos con formación de aluviones (Simmons, Tarano y Pinto, 1956).

La cabecera municipal de Camotán se ubica en las siguientes coordenadas geográficas, latitud Norte 14° 53' 42" y longitud Oeste 89° 15' 53" (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.4 Municipio de Ipala

Según el Instituto Geográfico Nacional (IGN), se encuentra en el mapa de Ipala 2259-I escala 1:50,000, con las coordenadas latitudinales 14° 37' 10". El banco de marca (MB) del IGN en la estación de ferrocarril se encuentra a una altura de 822.76 msnm, por lo que generalmente su clima es templado. La extensión territorial es de 228 km<sup>2</sup> (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.5 Municipio de San Juan Ermita

Cuenta con aproximadamente de 90 km<sup>2</sup> distribuidos en 20 aldeas y 16 caseríos. Colinda al Norte con el municipio de Jocotán; al Este con los municipios de Jocotán y Olopa; al Sur con el municipio de Quezaltepeque, y al Oeste con la cabecera departamental de Chiquimula y el municipio de San Jacinto. Se encuentra a una altitud de 569.20 msnm y se ubica en las coordenadas geográficas siguientes: 14° 45' 47" latitud norte y 89° 25' 50" longitud oeste (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.6 Municipio de San Jacinto

Sus coordenadas geográficas son las siguientes Latitud Norte 14° 40' 35" y Longitud Oeste 89° 30' 08". El municipio se encuentra a 490 msnm y colinda al Norte con los municipios de San Juan Ermita y Chiquimula, al Sur con el municipio de Quezaltepeque, al Este con los municipios de Quezaltepeque y San Juan Ermita, y al Oeste con los municipios de Ipala, San José la Arada y Chiquimula. Cuenta con una extensión territorial de 60 km<sup>2</sup> (SEGEPLAN, 2010).

#### 4.1.7 Municipio de San Diego

Se encuentra ubicada a 396 msnm, colinda al Norte con Cabañas y Huité, al Este con Huité del departamento de Zacapa y con los municipios de San José La Arada del departamento de Chiquimula; al Sur los municipios de San Luis Jilotepeque y San Pedro Pinula del departamento de Jalapa y al Oeste con el Jícara del departamento del Progreso. La extensión geográfica del municipio es de 112 km<sup>2</sup> (SEGEPLAN, 2010).

### 4.2 Determinación de toma de la muestra

Para realizar la investigación, se consultó la información de diferentes instituciones tales como ADEGO, CHORTIJOL y MAGA; sobre los productores de frijol en cada una de las localidades del área de estudio, de los cuales se obtuvo la cantidad de 6,427 agricultores. El cálculo de la muestra de la investigación se hizo mediante la fórmula siguiente:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Donde:

$n$  = el tamaño de la muestra.

$N$  = tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población, generalmente cuando no se tiene suele utilizarse un valor constante de 0,5.

$Z$  = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Si no se tiene su valor, se toma en relación al 95% de confianza equivalente a 1,96 (como más usual).

$e$  = Limite aceptable de error muestral, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% y 10%.

$$n = (6427 \text{ agricultores}) (0.52) (1.962) / [ (6427-1)(0.09752) + (0.52)(1.962) ] =$$

$$n = 6,172.49 / [ ( 61.087) + (0.9604) ] = 99.5 = 100 \text{ agricultores}$$

Con el número total de muestras, se procedió a realizar la distribución proporcional por municipio, de acuerdo a la información proporcionada. Se procedió a seleccionar a los agricultores en donde se realizó la muestra de agua de acuerdo a una distribución al azar con el programa Excel.

**Cuadro 2.**  
Distribución de las muestras por municipio.

No.	Departamento	Municipio	Comunidades	#/agricultores	Muestras
1	Chiquimula	San José La Arada	Saspan, Tierra Colorada, Los Cimientos, La Torera, Guacamayas	641	10
2		San Jacinto	Tizubin, Valle nuevo, Ticanlú, Plan del conejo, El Carrizal	792	11
3		San Juan Ermita	Corral de piedras, San Francisco Chancó, Minas Arriba, Salitrón, Minas Abajo, San Antonio, Lajas, Veguitas	903	14
4		Jocotán	Guaraquiche, Pelillo negro, Los Vados, Tesoro, Pacren, Suchiquer, Tatutu	894	14
5		Camotán	El Volcán, Lelá Obraje, Guior, La Libertad, Caparjá, El Brasil, Pajcó	830	13
6		Quetzaltepeque	El Palmar, Cubiletes, Chiramay, Padre Miguel, Santa Cruz, Pozas	771	12
7		Ipala	El Amatillo, Jicamapa, La Pila, El Calvario, El Sauce, Julimichapa, Cacahuatepeque, El Jute	1246	20
8	Zacapa	San Diego	Venecia, El Porvenir, El Paraíso	350	6
Total				6427	100

Fuente: ADEGO, CHORTIJOL, MAGA 2016.

Seguidamente a la distribución de las muestras por municipio, se tomaron en cuenta los listados de productores, para la selección de fuente; se consideró que los mismos sean excedentarios y la fuente de agua utilizada para el manejo del cultivo, además de encontrarse ubicados dentro del área definida como parte del corredor seco de los departamentos de Chiquimula y Zacapa, la selección se hará de manera aleatoria.

### 4.3 Ubicación de los puntos de muestreo

Se realizaron visitas de campo para referenciar geográficamente todas aquellas fuentes que son utilizadas en la producción de frijol, específicamente en la aplicación de agroinsumos, para generar un mapa base que facilite su identificación dentro del área que delimita el corredor seco de los departamentos de Chiquimula y Zacapa. Dicha actividad se hizo utilizando un (gps) Garmin de tipo navegador, para obtener coordenadas GTM que indiquen la ubicación y altitud sobre el nivel del mar.

**Cuadro 3.**

Modelo de tabla para la recopilación de información.

No.	Fecha de recolección	Ubicación geográfica (GTM)			Nombre del productor	Localidad	Tipo de fuente
		Latitud	Longitud	Altitud			

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 4.3 Variables a estudiar

- pH,
- Conductividad eléctrica,
- Dureza,
- RAS.

### 4.4 Análisis de la información

Los resultados obtenidos a través del laboratorio, fueron tabulados en una base de datos con la siguiente información: fecha de tomado de muestra, ubicación (departamento, municipio, aldea, coordenadas geográficas, altitud), tipo de fuente del agua y parámetro a analizar. Cada parámetro será analizado individualmente, luego se realizó el consolidado de la información obtenida y elaboración de los mapas de las fuentes y parámetros, para determinar la situación

actual de los municipios en función de la calidad del agua y luego se relacionó con la agricultura, específicamente en la producción de frijol.

#### 4.5 Técnicas de manejo de las muestras

Según el Servicio Nacional de Aprendizaje (2011), las muestras deben ser identificadas, para prevenir confusiones, por lo que se debe pegar al recipiente antes del muestreo una etiqueta adhesiva donde se anote, por lo menos la siguiente información: número de muestra, nombre del propietario, fecha de muestreo, localidad de la muestra, coordenadas (GTM).

Se clasificaron las fuentes de agua utilizadas para la producción de frijol de la manera siguiente: pozos, quebrada, río, charca, nacimiento. Para el análisis físico-químico y microbiológico se recolectarán muestras de 1 litro de agua directamente de la fuente, utilizando envases plásticos con tapón de rosca y debidamente rotulado.

El procedimiento para la toma de las muestras, varía de acuerdo al tipo de fuente de agua. Las técnicas de captación, manejo y transporte de las muestras se hicieron considerando las recomendaciones de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), por la Asociación de Salud Pública Americana y Asociación de trabajos del Agua de los Estados Unidos (APHA, AWWA).

##### 4.5.1 Muestreo para fuentes de agua subterránea (pozo)

- Se descargará el agua del pozo utilizando la bomba
- Luego se dejará fluir el agua durante 5 minutos.
- La primera muestra será de 125 ml para el análisis microbiológico.
- Después se llenará un envase plástico de 1 litro.
- Las muestras de agua serán refrigeradas hasta su traslado al laboratorio.

##### 4.5.2 Muestreo para fuentes de agua superficiales

- Se iniciará en la sección del río donde el agua recorre con mayor velocidad.
- Para el llenado se inclinará el envase en contra la corriente del agua.
- La primera muestra será de 125 ml para el análisis microbiológico.
- Seguidamente se llenará un envase de 1 litro.
- Las muestras de agua serán refrigeradas hasta su traslado al laboratorio.

#### 4.5.3 Muestreo realizado en charca y nacimientos

- El envase será enjuagado con agua de la charca o nacimiento.
- Luego se sumergirá el envase hasta llenarse.
- La primera muestra será de 125 ml para el análisis microbiológico.
- Seguidamente se llenará el de 1 litro.
- Las muestras de agua serán refrigeradas durante su traslado.

#### 4.5.4 Transporte de las muestras de agua

El tiempo que transcurre desde que se toma la muestra hasta su llegada al laboratorio puede conducir a cambios físico-químicos y biológicos dentro del envase, lo que produce un cambio en la calidad de la muestra. Por lo que es necesario preservar la muestra antes de su envío para prevenir o minimizar estos cambios (APHA, 1985).

El tiempo de traslado de las muestras desde su captación hasta el laboratorio no fue mayor a las 24 horas, con el fin de evitar alteraciones en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Durante su transporte las muestras serán refrigeradas en una hielera a una temperatura aproximada de 4° C para no influir en las características de las muestras y por ende en sus resultados (APHA, 1985).

Es indispensable, antes de efectuar el transporte de las muestras recolectadas, verificar que el etiquetado de las mismas corresponda con el registro de campo, lo que permitirá la rápida y correcta identificación de todas y cada una de las muestras en el momento de su recepción; adicionalmente se debe cuidar que los envases estén perfectamente cerrados para evitar la pérdida del contenido de la muestra (APHA, 1985).

Los análisis se hizo tan pronto las muestras ingresen al laboratorio, utilizando los métodos recomendados por “Estándar Methods of the examination of Water and Wastewater” (método estándares para examinar agua) y que son utilizados normalmente por los laboratorios de agua (APHA, 1985).

**Cuadro 4.**  
Presupuesto para determinar la calidad del agua para la aplicación de agroinsumos,  
en municipio productores de frijol de Chiquimula y Zacapa 2016.

Descripción del Renglón	Asignación 2016 (Q.)
<b>INSUMOS Y EQUIPO</b>	
Botellas plásticas para la toma de muestras (100 botellas)	1000.00
Análisis de muestras en laboratorio (100 muestras)	35,000.00
Reactivo test para dureza total H193735-00	669.09
Reactivo test para dureza total H193735-01	669.09
Colorímetro de dureza total -0 a 250 mg/l H196735	4,313,51
Combustible/lubricantes para transporte de muestras (16 semanas) (Q20/galón)	5,000.00
Hielera grande de duroport para transporte de muestras (1 hielera)	500.00
Hielo para transporte de muestras (50 bolsas)	500.00
<b>INSUMOS PARA RECUSO HUMANO</b>	
Contratación de recolector de muestras (40 jornales) (Q80.00/muestra)	3,200.00
Incentivo para el investigador principal (Q.1973.00/h) (4h/mes) (4 meses)	31,568.00
Incentivo para el investigador auxiliar (Q.897.00/h) (4h/mes) (4 meses)	14,352.00
<b>PUBLICACIÓN</b>	
Impresión y encuadernación	1,500
Promoción y divulgación de la información	1,500
<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>99,771.69</b>

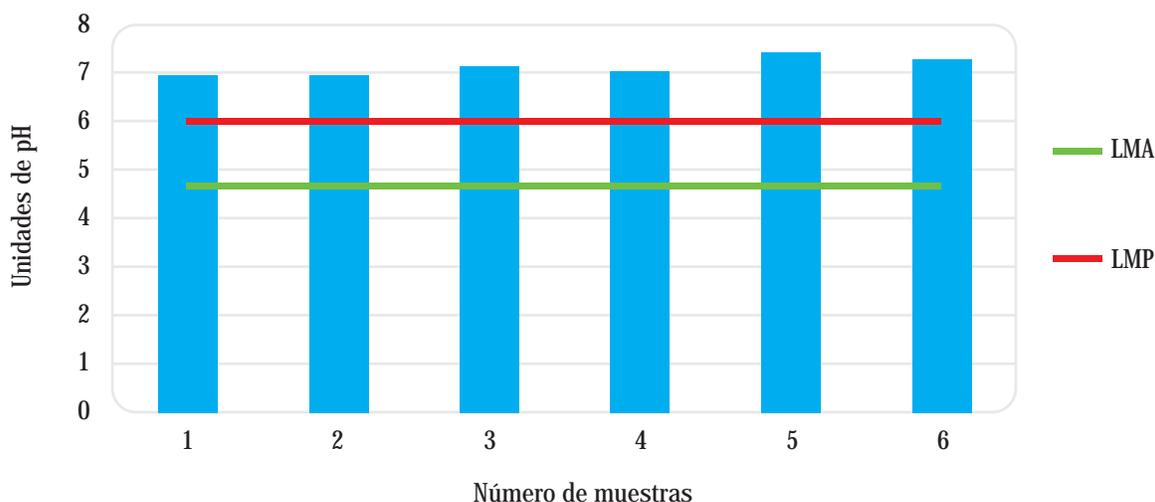
## 5. RESULTADOS

A continuación se reportan los datos de pH (potencial de hidrógeno) obtenidos en los puntos de muestreo de las áreas productoras de frijol de los municipios de San José la Arada, San Jacinto, San Juan Ermita, Jocotán, Camotán, Ipala y Quezaltepeque del departamento de Chiquimula, además de San Diego del departamento de Zacapa, las cuales están enumeradas en el orden que se identificaron el laboratorio. Según AGROTICO (2017); los límites mínimos y máximos de pH para fumigación agrícola son de 4,5 a 6, respectivamente.

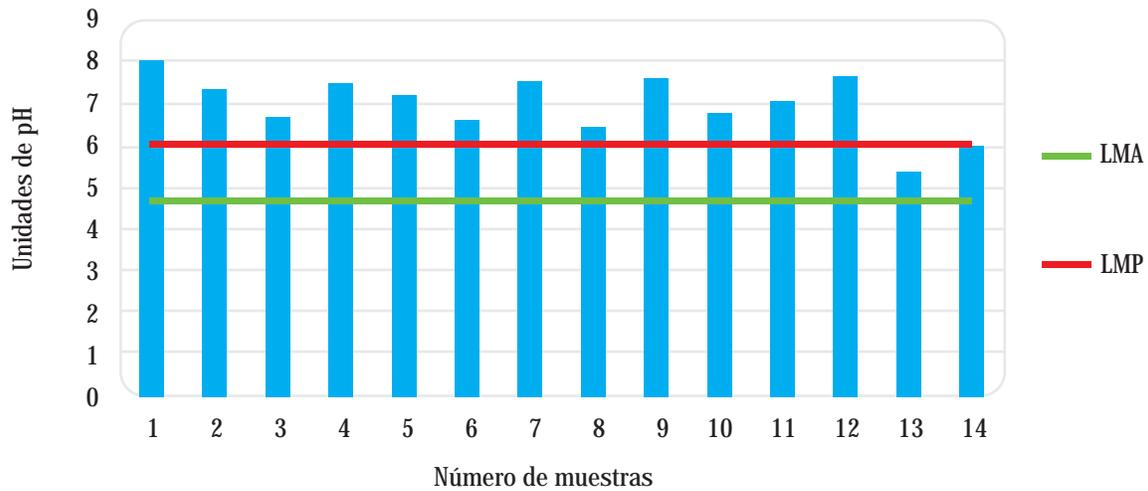
### 5.1 ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

El pH del agua representa un índice de concentración de los iones de hidrógeno (H). La medición del pH del agua de riego, el agua de fumigación y de la solución del suelo tiene importancia y realmente puede determinar el éxito o el fracaso de la cosecha. La escala del pH es logarítmica, lo que quiere decir que un cambio de una unidad del pH (por ejemplo de 5,0 a 6,0) significa un cambio de 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno.

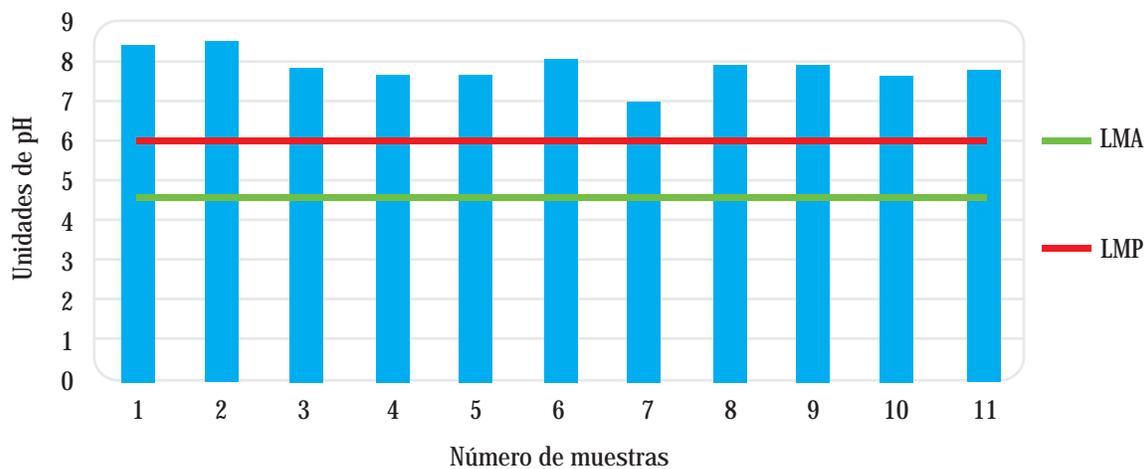
**Figura 3.**  
pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Diego, Zacapa 2017.



**Figura 4.**  
pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos  
en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.



**Figura 5.**  
pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos  
en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.



En las figuras 2, 3, 4 y 5 se muestran los resultados de los valores de pH del agua para cada punto de muestreo, observando que únicamente el punto 13 (Agua entubada, Aldea Brasil, Camotán) de la figura 3 se encuentra por debajo del límite máximo recomendado para la aplicación de agroinsumos. Es de hacer notar que el período de muestreo corresponde a la época lluviosa del departamento de Chiquimula y Zacapa.

Figura 6.

pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

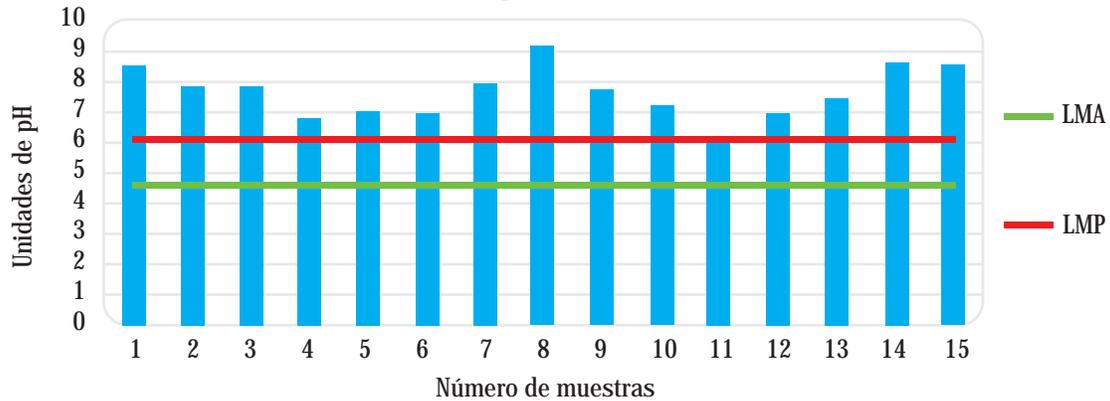


Figura 7.

pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.

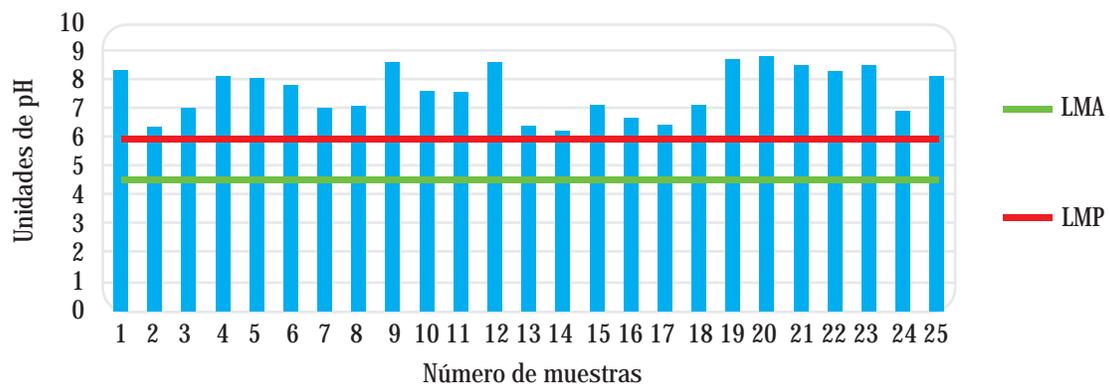
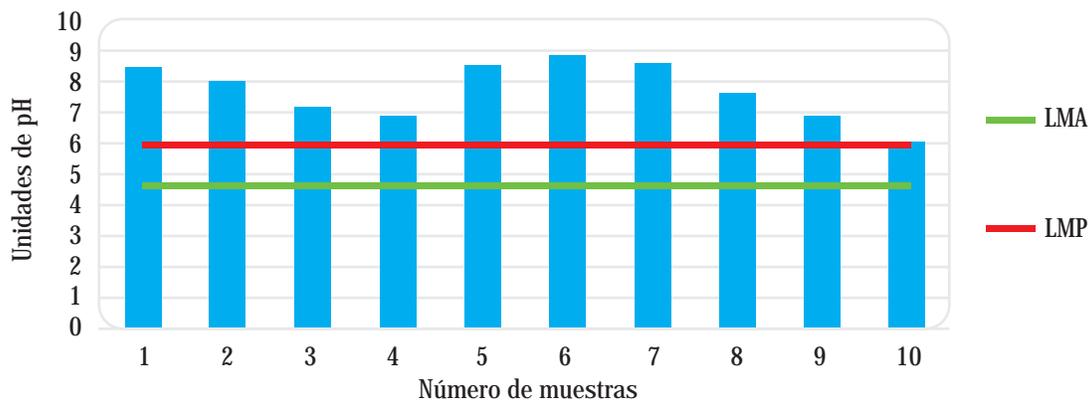


Figura 8.

pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.

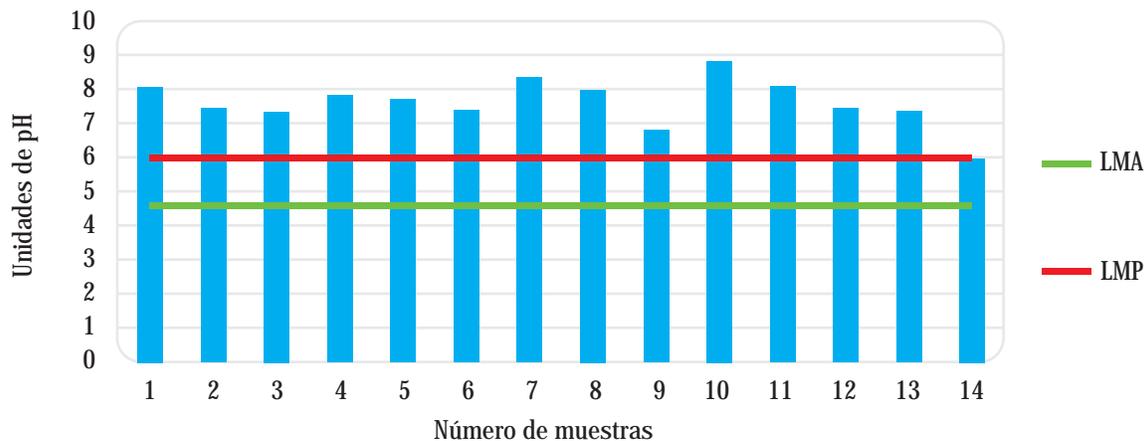


Los valores ligeramente alcalinos del agua no son recomendables, debido a que pueden causar la retención de nutrientes generando deficiencia en la planta. Aguas ligeramente ácidas pueden influir en la eficiencia de algunos agroquímicos para el control de malezas, plagas y enfermedades. La calidad de las fuentes de agua puede variar significativamente de acuerdo a la época del año lo que puede afectar los valores de pH, conductividad eléctrica y dureza.

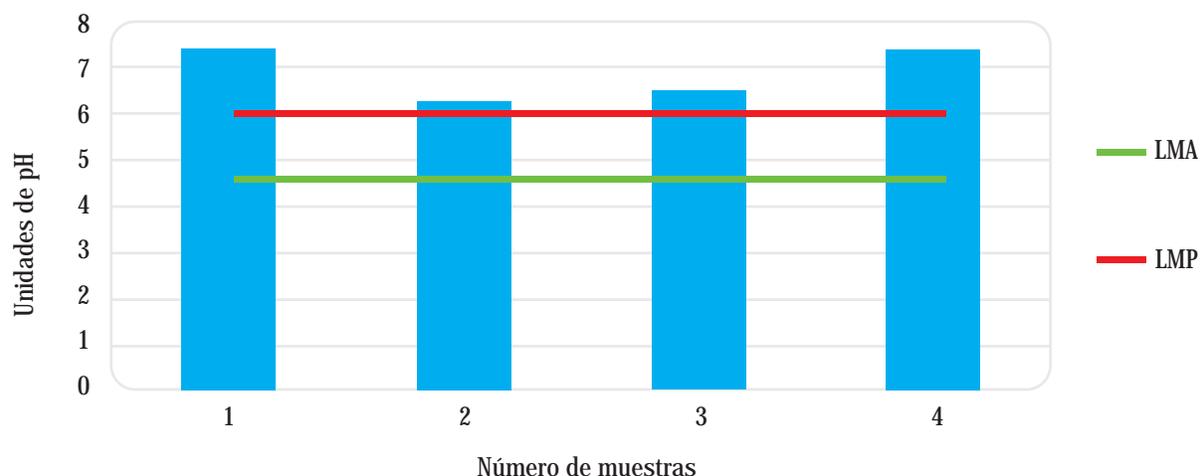
La importancia del acondicionamiento del agua en términos de pH, es que se garantiza que la estructura química del plaguicida se mantenga estable, desde que el producto entra en contacto con el agua de fumigación hasta que la última gota sobre el follaje se seque después de realizada la aplicación.

Cuando el pH del agua es más alcalino más rápido se degrada el plaguicida y por lo tanto su efectividad de control se ve limitada. Por lo tanto, un error común es el de interpretar que el plaguicida está perdiendo eficacia y se aumenta la dosis, lo que implica un mayor costo; además de fomentar la resistencia de la plaga o enfermedad. En las figuras 6, 7 y 8 se observó que en todos los puntos de muestreo se obtuvo valores por arriba del límite superior recomendado.

**Figura 9.**  
pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Jacinto, Chiquimula 2017.



**Figura 10.**  
pH de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol,  
San José la Arada, Chiquimula 2017.



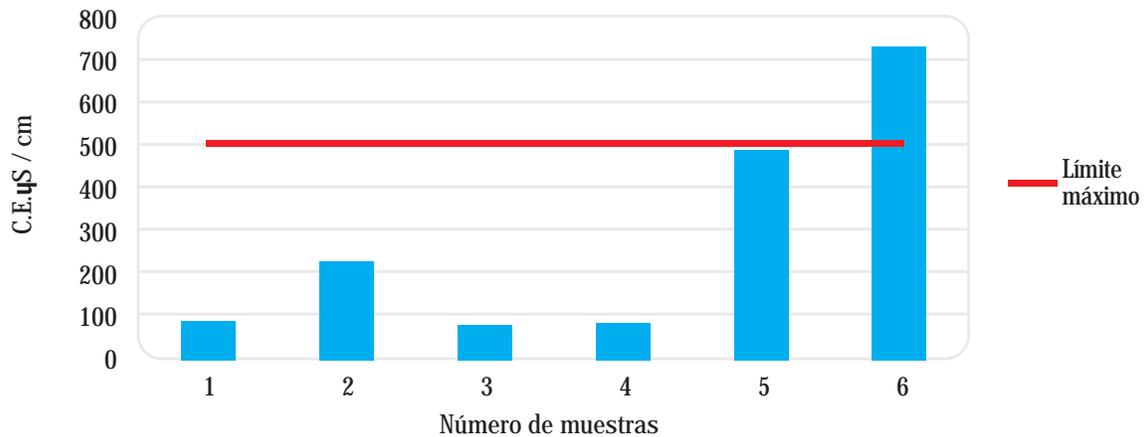
En las figuras 9 y 10 se muestran los resultados de los municipios de San Jacinto y San José la Arada, se observó que en todos los puntos de muestreo se obtuvo valores por arriba del límite superior recomendado.

## 5.2 Análisis de la conductividad eléctrica (C.E.)

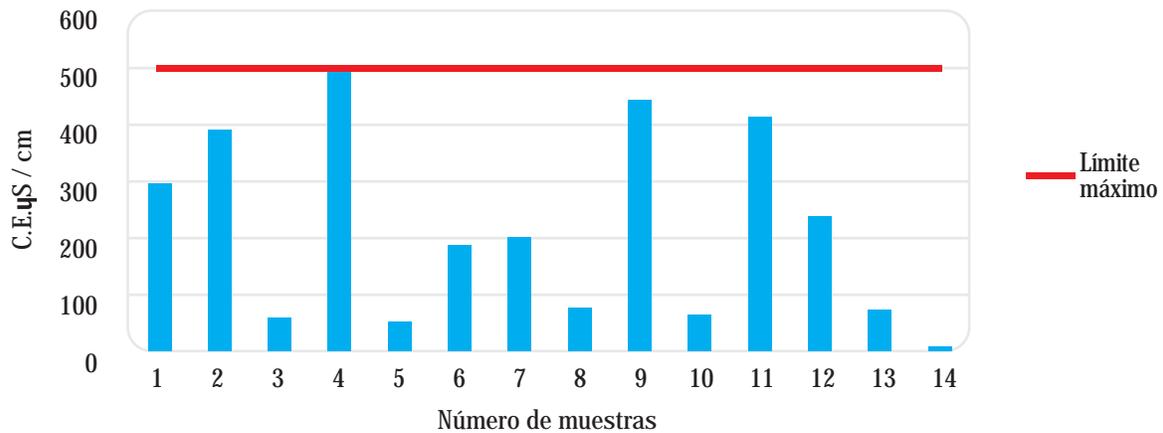
La conductividad eléctrica se refiere a la concentración y composición de las sales disueltas en solución. Este parámetro se considera de suma importancia, debido a que en el caso de productos como los fertilizantes inorgánicos su aplicación tienen un efecto directo en la (C.E.). La salinidad es un fenómeno indeseable, debido a que su aumento disminuye el rendimiento de la planta.

La conductividad eléctrica es un parámetro que se relaciona con la cantidad de sales disueltas en agua. El problema con la mayoría de plantas, entre ellas el cultivo de frijol, es que son sensibles a la acumulación de sales, provocando cambios en la solución del suelo y acumulación de elementos en niveles tóxicos. El principal efecto de la salinidad es que se restringe el flujo de agua a la planta.

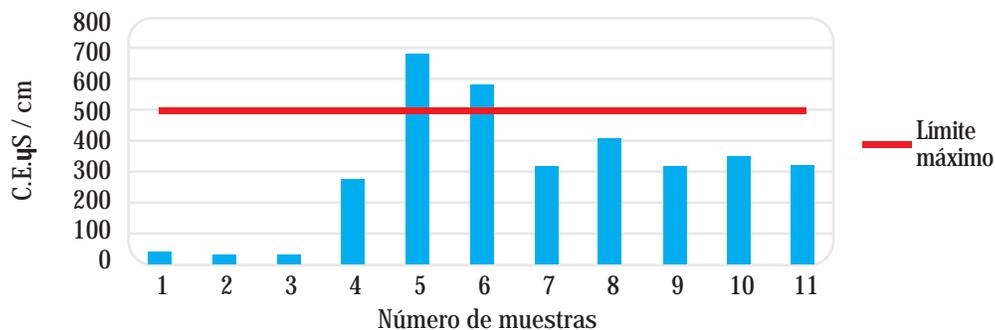
**Figura 11.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Diego, Zacapa 2017.



**Figura 12.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.

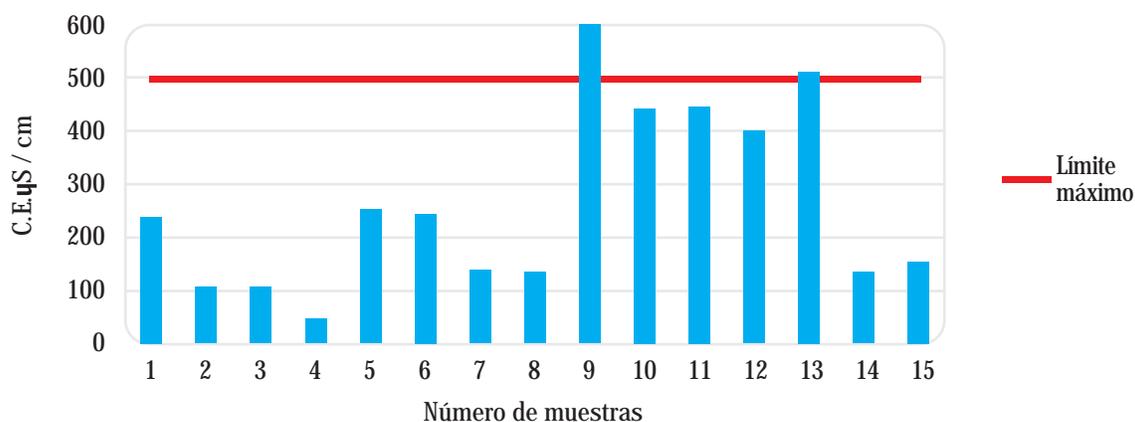


**Figura 13.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.



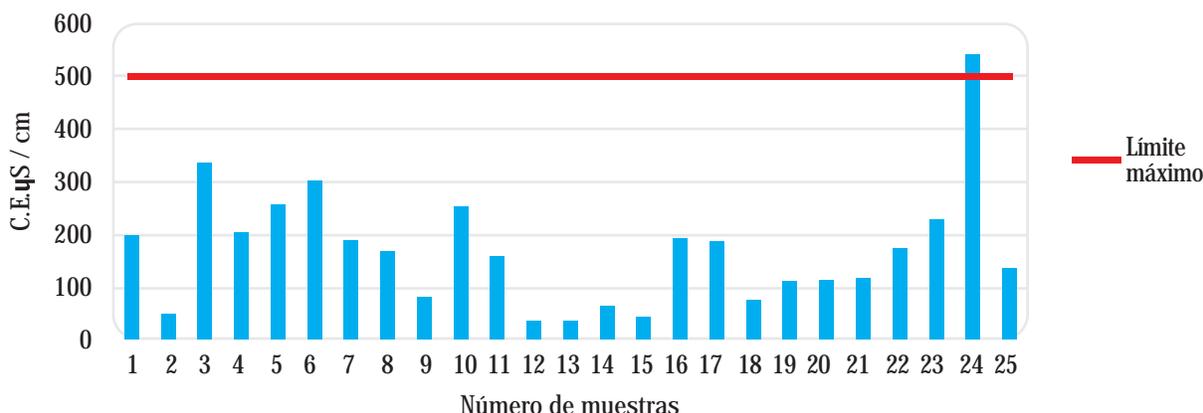
La figura 11 muestra que en el municipio de San Diego, Zacapa, únicamente el punto 6 (pozo natural) supera el límite máximo, seguidamente en la figura 12 se observó que las muestras analizadas no sobre pasan el límite máximo recomendado. Figura 13 se pueden apreciar los valores obtenidos en Jocotán, Chiquimula, identificando que para dicho municipio los puntos 5 y 6 (ambas son quebradas, la primera ubicada en la aldea Quebrada Seca y la segunda en la aldea Suchiquer) se encuentran por arriba de lo recomendado.

**Figura 14.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



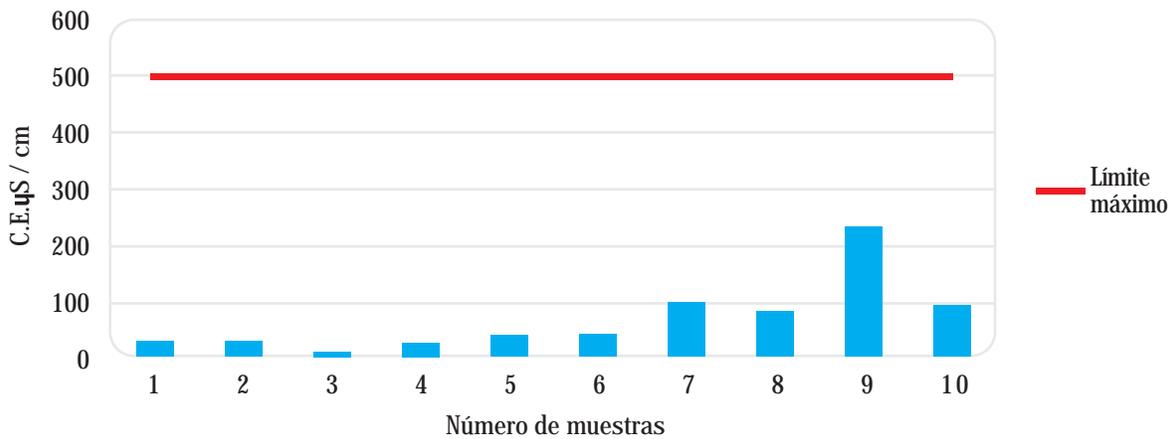
Finalmente, en la figura 14 se visualiza que los puntos 9 (pozo natural, aldea Veguitas) y 13 (Pozo natural, Aldea Chancó) del municipio de San Juan Ermita, Chiquimula; reportan valores que superan el límite máximo en función de la conductividad eléctrica.

**Figura 15.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.

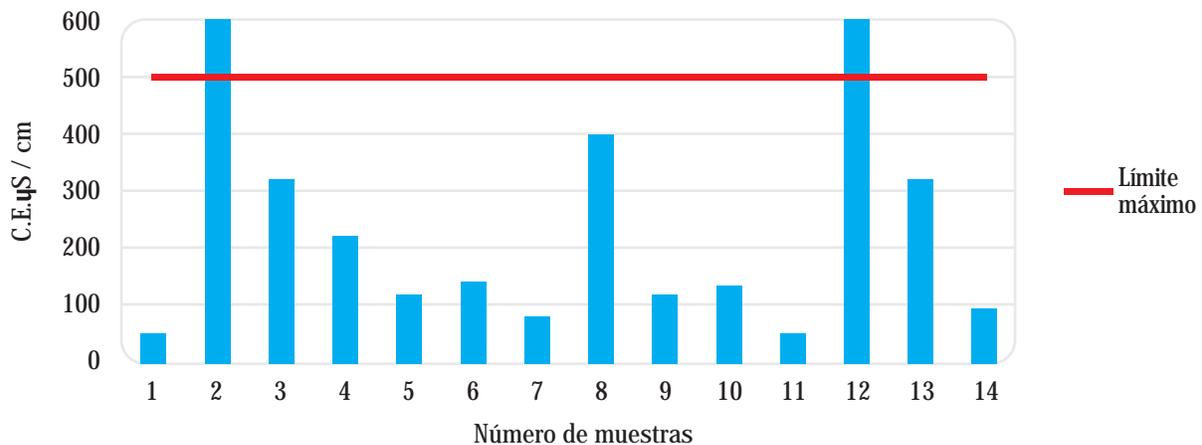


En la figura 15 que corresponde al municipio de Ipala, se reportó que solo el punto de muestreo 24 (Charca, Aldea Los Horcones) superó el límite máximo relacionado con la conductividad eléctrica, mientras que en la figura 16 todos los puntos muestreados en el municipio de Quezaltepeque se encuentra por debajo de los 500 $\mu$ S/cm.

**Figura 16.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



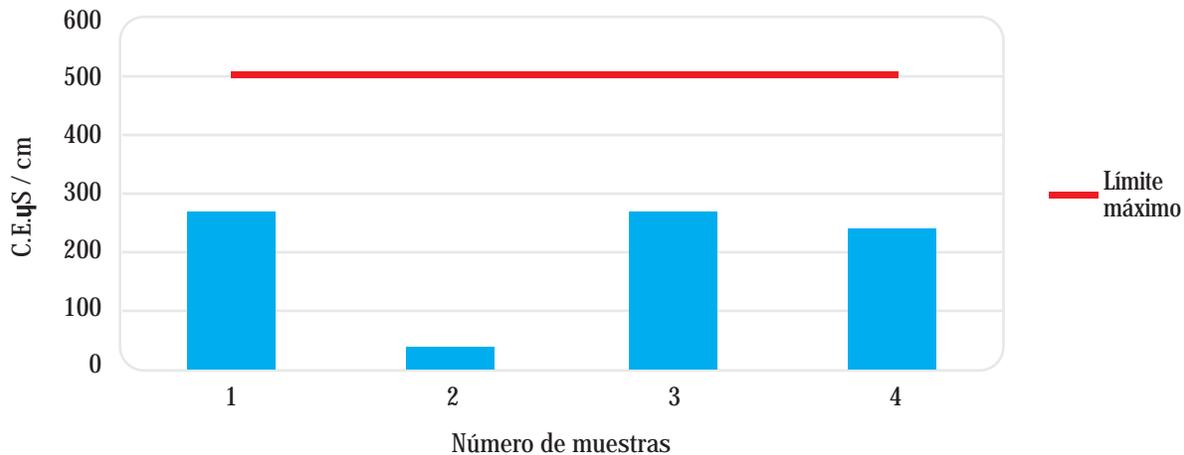
**Figura 17.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Jacinto, Chiquimula 2017.



La figura 17 corresponde al municipio de San Jacinto, Chiquimula; donde se puede observar que los puntos 2 (Pozo, Aldea El Jute) y 12 (Pozo, Aldea El Jute) presentaron valores que superan el límite máximo permitido en términos de la conductividad eléctrica. Por lo anterior, se considera que para el manejo de la salinidad del agua en los puntos de muestreo con una conductividad eléctrica elevada, se puede aplicar neutralizadores de sales o correctores del agua.

**Figura 18.**

Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San José la Arada, Chiquimula 2017.



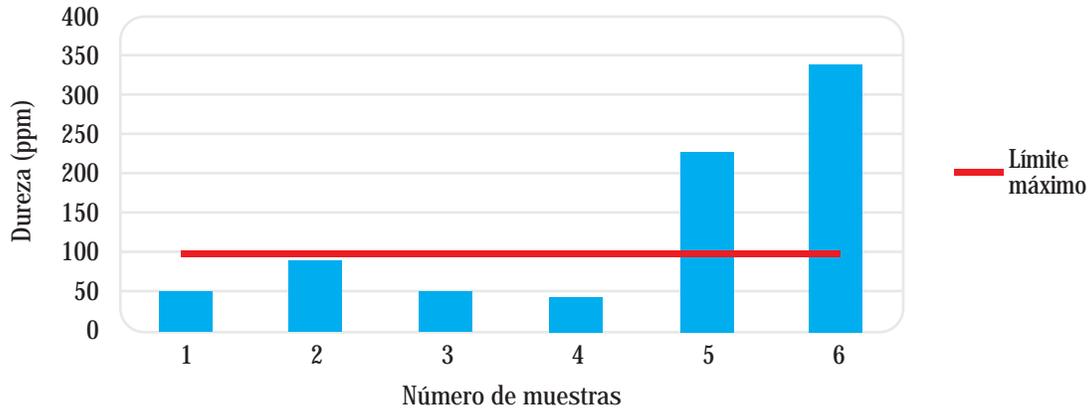
En la figura 18 se reportan los resultados del municipio de San José la Arada, los cuales se encuentran por debajo del límite máximo recomendado. A nivel de suelo, también se recomienda la incorporación de materia orgánica, para mejorar la eficiencia de los productos que son aplicados a través del sistema de riego o de manera directa al suelo. Aunque para superar el problema de la salinidad, por lo general representa el uso de mayor cantidad de agroinsumos.

### 5.3 Análisis de la dureza

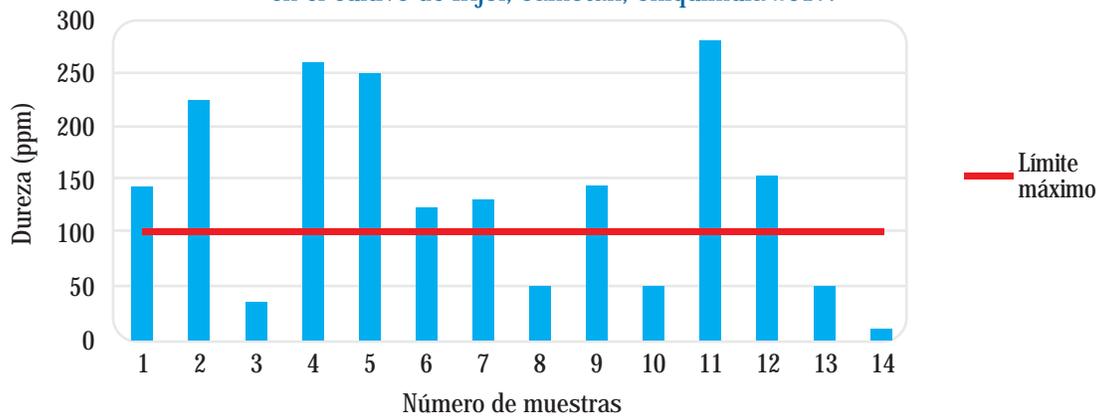
La dureza se refiere a la concentración de carbonatos de calcio y magnesio en una solución expresada en mg/l, la concentración de dichos cationes varía según el tipo de fuente. En la figura 19 se muestra los resultados arriba del límite superior en las muestras 5 y 6 del municipio de San Diego del departamento de Zacapa y en figura 20 se puede observar los valores por abajo del límite máximo en las muestras 3, 8, 10, 13 y 14 en Camotán del departamento de Chiquimula.

Según AGROTICO (2017) el rango máximo recomendado para la aplicación de pesticidas y fertilizantes es de 100 ppm.

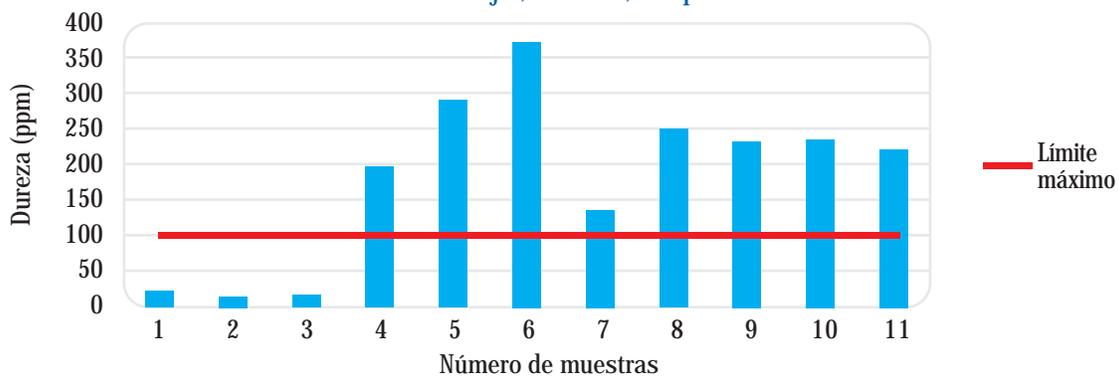
**Figura 19.**  
Conductividad eléctrica de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



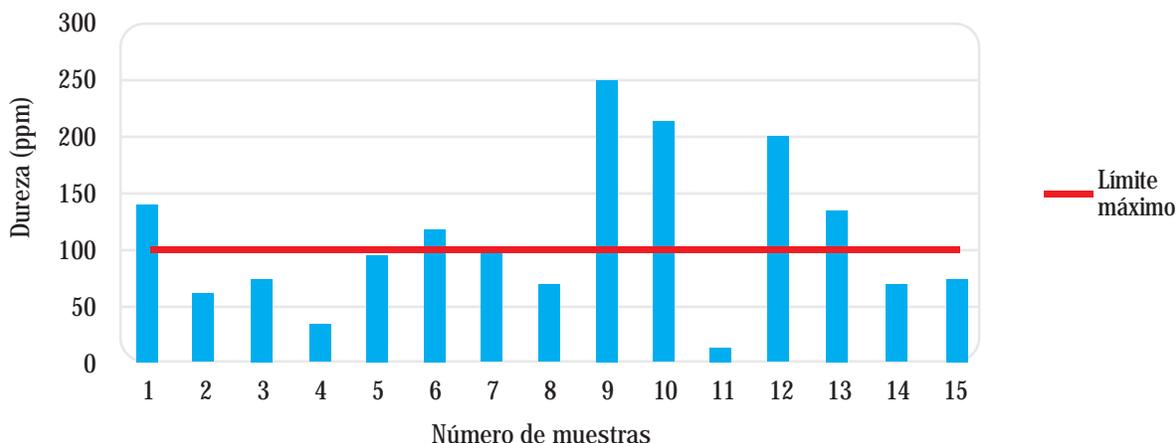
**Figura 20.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.



**Figura 21.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.



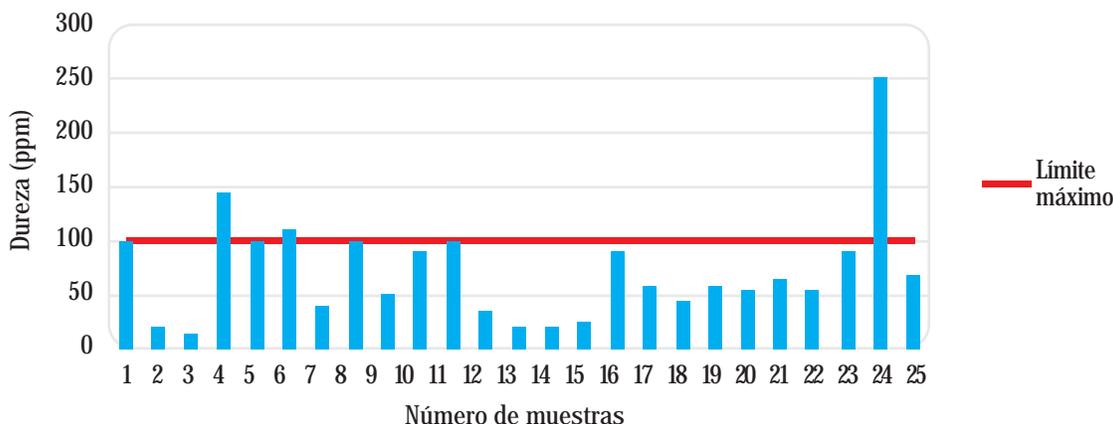
**Figura 22.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.



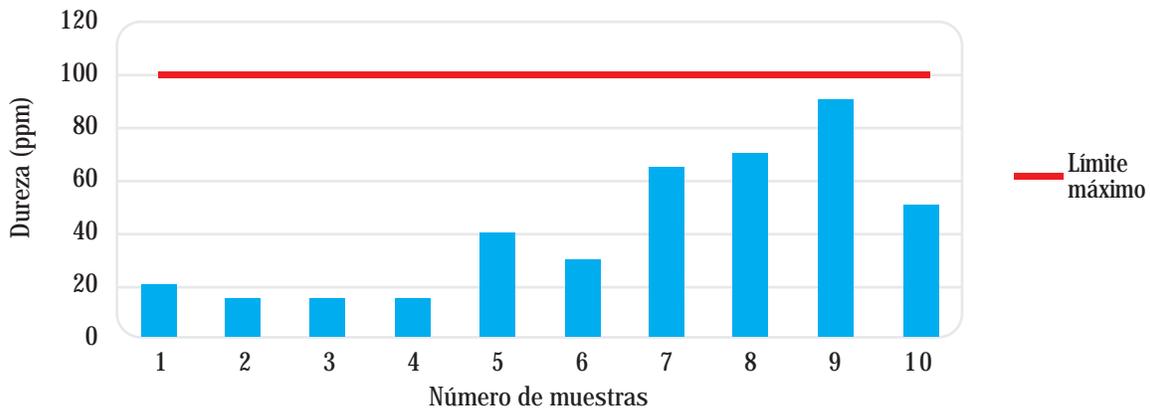
Las figuras 21 y 22 que corresponden a los municipios de Jocotán y San Juan Ermita se muestra que las fuentes del 4 al 11 en el municipio de Jocotán y 1, 6, 9, 10, 12 y 13 del municipio de San Juan Ermita, tienen valores que se encuentran por arriba del límite superior recomendado.

Cuando se tiene alto contenido carbonatos de calcio y magnesio (agua dura) la efectividad de los tratamientos fitosanitarios puede verse disminuida porque su emulsionabilidad y dispersabilidad quedan reducidas. Los iones disueltos (especialmente calcio y magnesio) forman sales insolubles con las formulaciones de los fitosanitarios (o con los surfactantes con los que van estabilizados), reduciendo la concentración de principio activo en la solución de tratamiento.

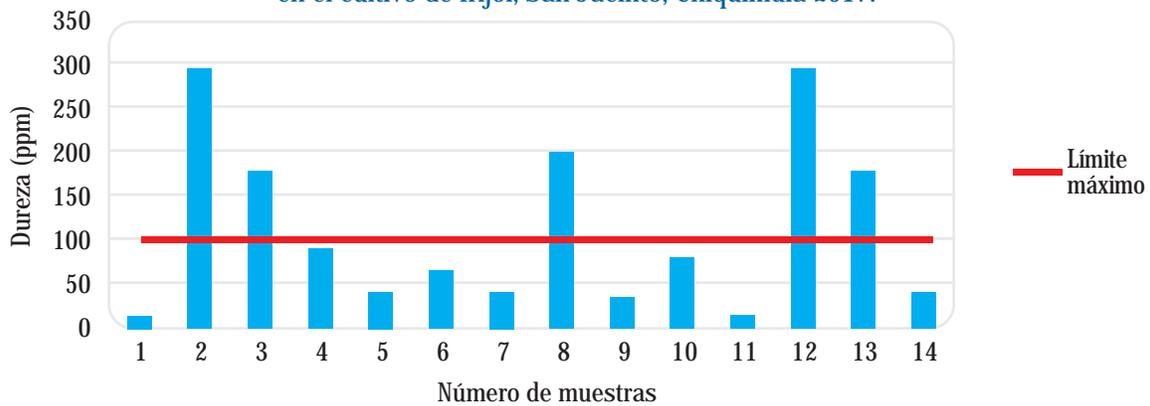
**Figura 23.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.



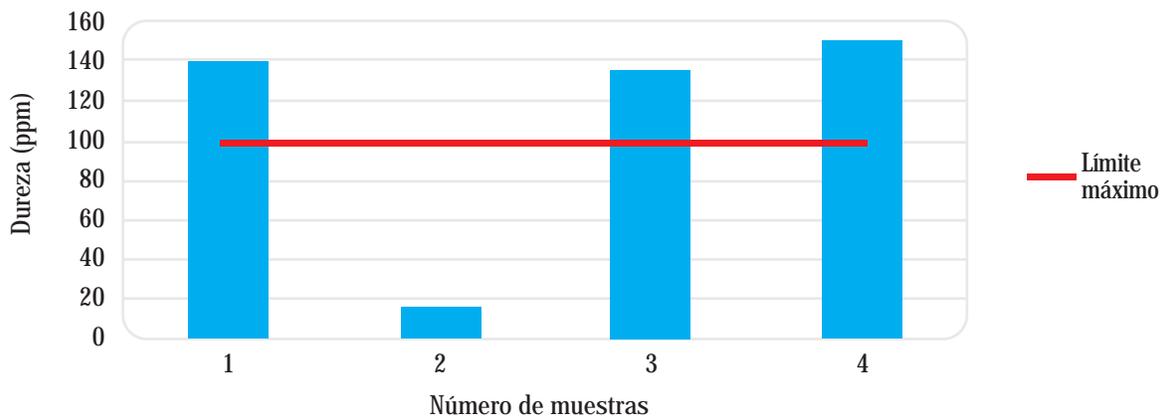
**Figura 24.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



**Figura 25.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Jacinto, Chiquimula 2017.



**Figura 26.**  
Dureza del agua de fuentes utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San José la Arada, Chiquimula 2017.



Las figuras 23, 24, 25 y 26 muestran los resultados de los municipios de Ipala, Quezaltepeque, San Jacinto y San José la Arada, del departamento de Chiquimula; determinando que solo en el municipio de Quezaltepeque en todas las muestras no se presenta valores que superen el límite máximo recomendado, lo cual se puede relacionar con el tipo de suelo y localización geográfica. Mientras que en el municipio de Ipala, las muestras número 4, y 24; para el municipio de San Jacinto la número 2, 3, 8, 12 y 13 y el municipio de San José la Arada las muestras 1, 3 y 4 están por arriba del límite superior.

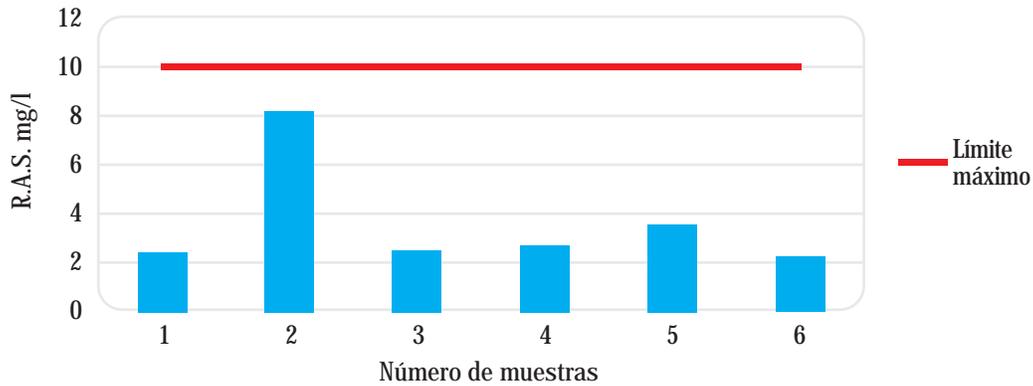
Los resultados observados tienen importancia debido a que las sales derivadas de carbonatos de calcio y magnesio, pueden reducir la velocidad de adsorción del ingrediente activo del agroinsumo a través de la cutícula de la hoja y en los casos de los productos fotosensibles, aumenta el tiempo de exposición a los rayos solares, reduciendo notablemente la efectividad de los controles fitosanitarios.

Por otro lado, concentraciones de bicarbonato próximos a los 100 ppm reducen en ciertos casos, la actividad de diversos herbicidas. El uso de dosis bajas de herbicidas, sumado a las aplicaciones tardías para el control de malezas tolerantes y combinado con altos contenidos de bicarbonatos pueden ocasionar fallas en los resultados esperados. La dureza del agua no necesariamente se relacionan con la conductividad eléctrica, en tal sentido podemos decir que una agua poco conductiva tendrá una dureza muy baja, pero las aguas muy conductivas pueden tener durezas altas o nulas según el tipo de iones que se den esta conductividad al agua, y más tendrá que ver con la estructura geológica del sitio.

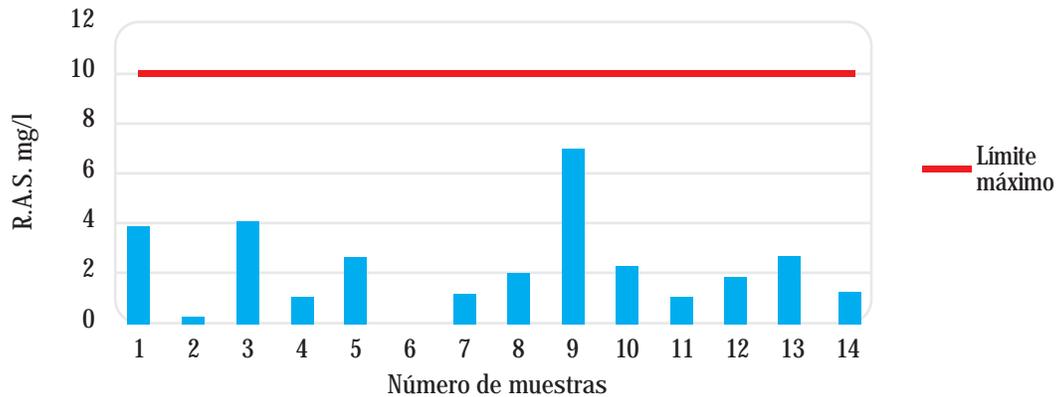
#### 5.4 Análisis de la relación de adsorción de sodio (R.A.S)

Uno de los iones que más afecta en la agricultura es el sodio que limita al calcio en condiciones de alta temperatura y baja humedad. Esta sustitución da lugar a una pérdida de permeabilidad de la soluciones. Para prever la degradación que puede provocar una determinada agua se calcula el índice R.A.S. que es la relación de adsorción de sodio, la cual hace referencia a la proporción relativa en que se encuentran el ion sodio con los iones calcio y magnesio.

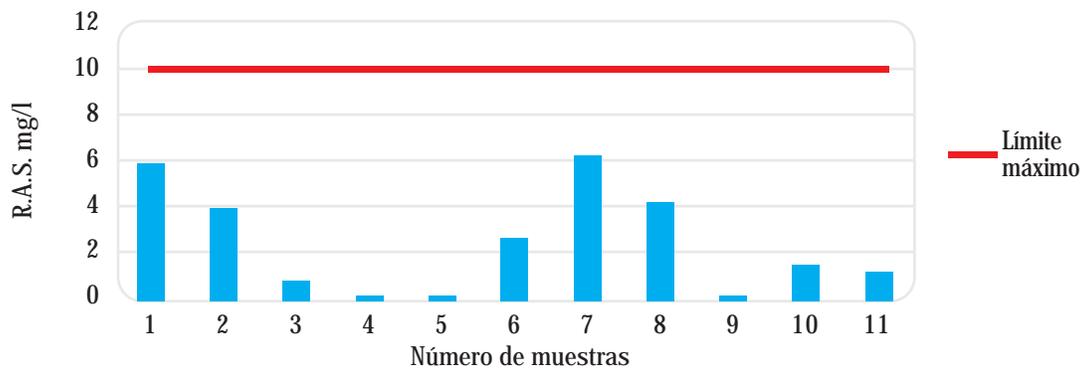
**Figura 27.**  
Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Diego, Zacapa 2017.



**Figura 28.**  
Determinación de la relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.

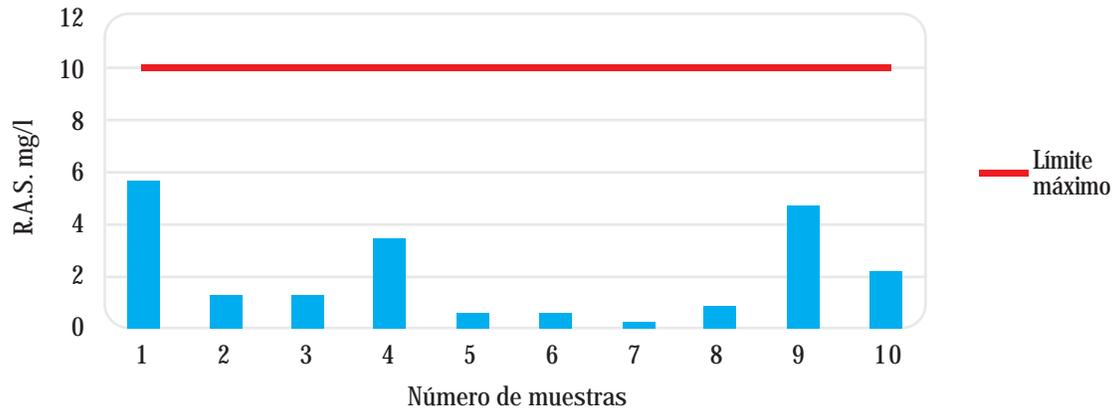


**Figura 29.**  
Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.



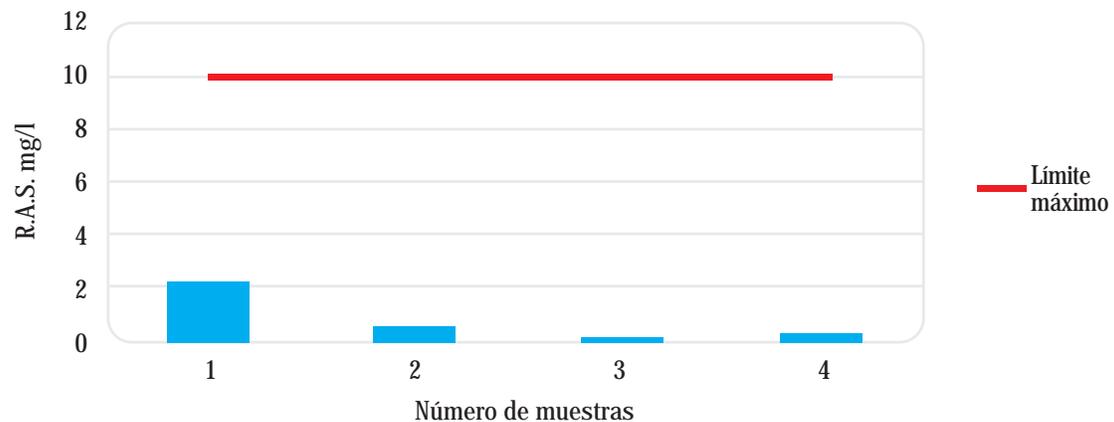
**Figura 30.**

Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



**Figura 30.**

Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San José la Arada, Chiquimula 2017.



Las figuras 27, 28, 29, 30 y 31 muestran los resultados de los municipios de San Diego, del departamento de Zacapa; Camotán, Jocotán, Quezaltepeque y San José la Arada, del departamento de Chiquimula, respectivamente. No reportaron valores de relación de adsorción de sodio que superen el límite máximo recomendado.

Figura 32.

Determinación de la relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.

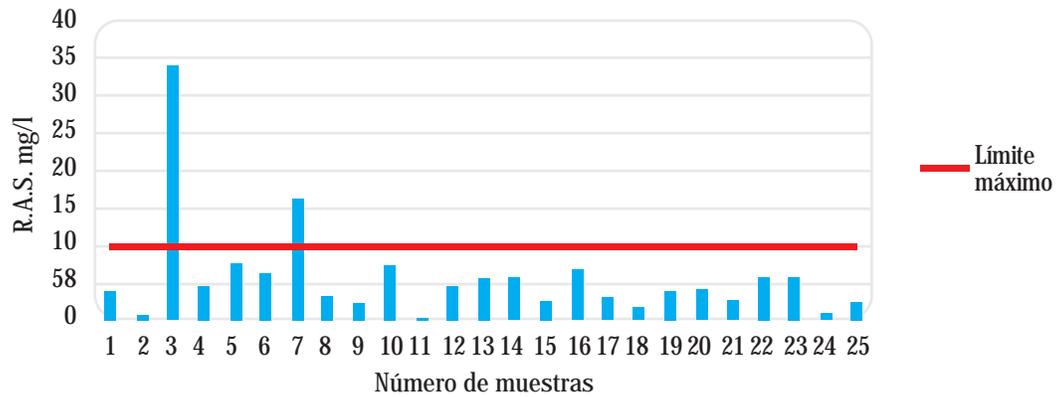


Figura 33.

Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

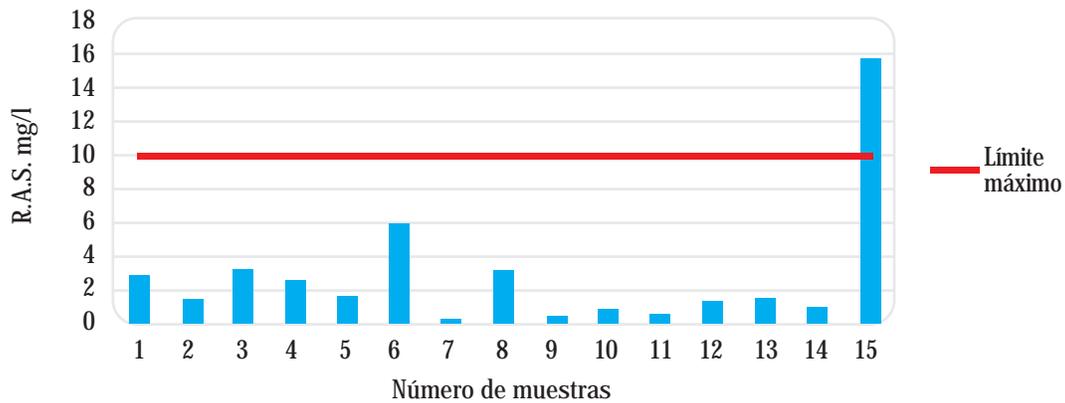
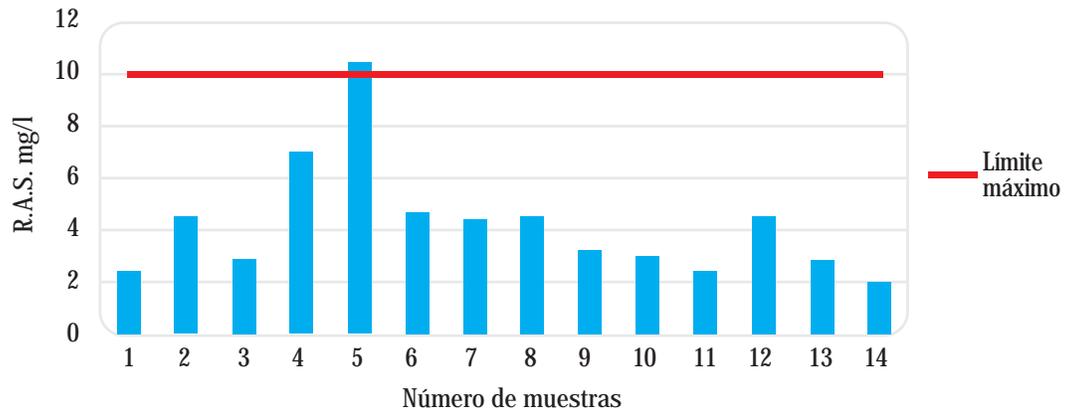


Figura 34.

Relación de adsorción de sodio del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Jacinto, Chiquimula 2017.



Por otro lado, en las figuras 32, 33 y 34 se presentaron fuentes que sobrepasan el límite máximo. Los cuales se identifican de la manera siguiente: en el municipio de Ipala los puntos de muestreo 3 (Pozo natural, Aldea Ceniceras) y 7 (Agua entubada, Aldea El Rosario), en el municipio de San Juan Ermita el punto 15 (Charca, Aldea Corral de Piedras) y finalmente en el municipio de San Jacinto el punto 5 (Charca, Aldea El Carrizal).

El agua actúa como un vehículo físico para la aplicación de plaguicidas y fertilizantes en forma de sales o quelatos; por lo tanto debe acondicionarse siempre. Los plaguicidas son miscibles con el agua (pueden mezclarse) pero no forman soluciones. Si lo hicieran se disociarían y no tendrían la capacidad de mantener su estructura química original y por lo tanto su eficacia de control.

Por lo anterior, se reconoce que la cantidad de sodio por si sola provee poca información acerca de la calidad del agua y su comportamiento depende más bien de los niveles de calcio y magnesio. Si el magnesio y calcio son altos, estos atenúan el efecto dañino del sodio.

Las sales disueltas en el agua son dejadas en la solución en la mayoría de los casos por el arrastre de partículas de suelo y la concentración de las sales aumenta a medida que el agua se evapora o es absorbida por las plantas. Esto da como resultado mayores valores del R.A.S en el agua utilizada para las actividades agrícolas.

## 5.5 Fuentes con resultados superiores al límite recomendado

### Cuadro 4.

Resumen de fuentes con dureza superior al límite inferior para agua utilizada durante la aplicación de agroinsumos el cultivo de frijol, 2017.

Municipio	Tipo de fuente	Comunidad	Dureza (ppm)
Zacapa	Agua entubada	San Diego	230
	Pozo natural	San Diego	340
Camotán	Quebrada	Aldea Pajcó	145
	Agua entubada	Aldea El Brasilar	225
	Pozo natural	Brasilar	260
	Agua entubada	Aldea Lelá Obraje	250
	Charca	Aldea La Libertad	125
	Río Jupilingo	Caparjá, Camotán	130
	Pozo	Aldea Caparjá	145
	Pozo	Aldea Limar Lelá Chancó	280
	Quebrada	Aldea Plan del Morro	155
	Jocotán	Agua entubada	Aldea Escobillal
Quebrada		Aldea Quebrada Seca	290
Quebrada		Aldea Suchiquer	375
Charca		Aldea Pinalito	140
Quebrada		Aldea Pelillo Negro	250
Agua entubada		Aldea El Tesoro	235
Pozo natural		Aldea El Tesoro Abajo	240
río Torja		Aldea Los Vados	225
San Juan Ermita	Pozo natural	Aldea Salitrón	140
	Pozo natural	Aldea Veguitas	120
	Pozo natural	Aldea Veguitas	250
	Agua entubada	Aldea La Ceiba	215
	Tanque de captación	Aldea San Antonio Las Lajas	200
	Pozo natural	Aldea Chanco	135
	Pozo natural	Aldea Llano Grande	145
	Pozo natural	Aldea El Obraje	100
	Pozo	Aldea El Obraje	110
	Charca	Aldea Horcones	250
San Jacinto	Pozo	Aldea El Jute	295
	Pozo natural	Aldea Pueblo Nuevo	180
	Quebrada Grande	Aldea Pueblo Nuevo	200
	Pozo	Aldea El Jute	295
	Pozo natural	Aldea Pueblo Nuevo	180
San José la Arada	Agua entubada	Aldea Zaspán	140
	Charca	Aldea Tierra Colorada	135
	Charca	Aldea Tierra Colorada	150

### Cuadro 5.

Resumen de fuentes con conductividad eléctrica superior al límite recomendado para agua utilizada durante la aplicación de agroinsumos el cultivo de frijol, 2017.

Municipio	Tipo de fuente	Comunidad	C.E. (250 $\mu$ S/cm)
Zacapa	Pozo natural	San Diego	734
Jocotán	Quebrada	Aldea Quebrada Seca	688
	Quebrada	Aldea Suchiquer	587
	Charca	Aldea Pinalito	324
San Juan Ermita	Pozo natural	Aldea Chanco	511
San Jacinto	Pozo	Aldea El Jute	632

### Cuadro 6.

Resumen de fuentes con una relación de adsorción de sodio superior al límite recomendado para agua utilizada durante la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, 2017.

Municipio	Tipo de fuente	Comunidad	R.A.S (ppm)
San Juan Ermita	Charca	Aldea Corral de Piedras	16,65
Ipala	Pozo natural	Aldea Cenicerias	33,85
	Agua entubada	Aldea El Rosario	16,26
San Jacinto	Charca	Aldea Carrizal	10,36

En los cuadros 4, 5 y 6 se muestran a manera de resumen, los resultados de las fuentes que reportaron valores superiores al límite recomendado para las variables, dureza, conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio, respectivamente.

En función de la dureza del agua, sus resultados están determinados por la concentración de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), por lo general constituye el 90% aproximadamente de los sólidos disueltos en el agua. Por otro lado, en el caso de la conductividad, si ésta aumenta, también aumenta la cantidad de sustancias disueltas en el agua.

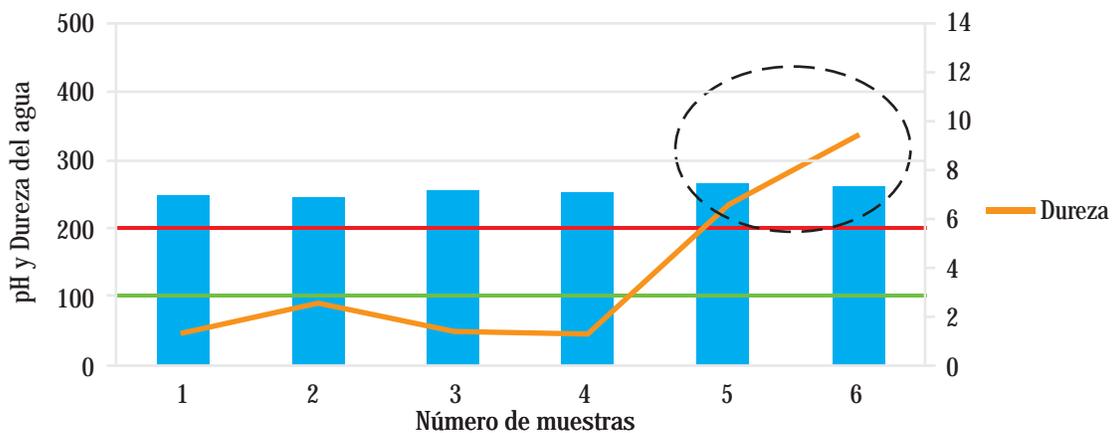
Si la cantidad de sustancias disueltas en el agua aumenta, se afecta en forma directa a las plantas porque deben ajustar continuamente sus procesos fisiológicos para compensar el equilibrio osmótico, entre si misma y el medio que los rodea. La cantidad de calcio y magnesio presentes en el agua, generalmente disocia con los agroinsumos utilizados en la agricultura. Sin embargo, la presencia de iones sulfato en el agua contribuyen a reducir dicho efecto en los agroinsumos.

La concentración de sulfato debe triplicar la concentración del calcio, situación que no ocurre normalmente, porque la cantidad natural de sulfatos en el agua es insuficiente, de allí que una de las formas de evitar dicha interferencia sería mediante el agregado de Sulfato de Amonio en el agua de aspersión.

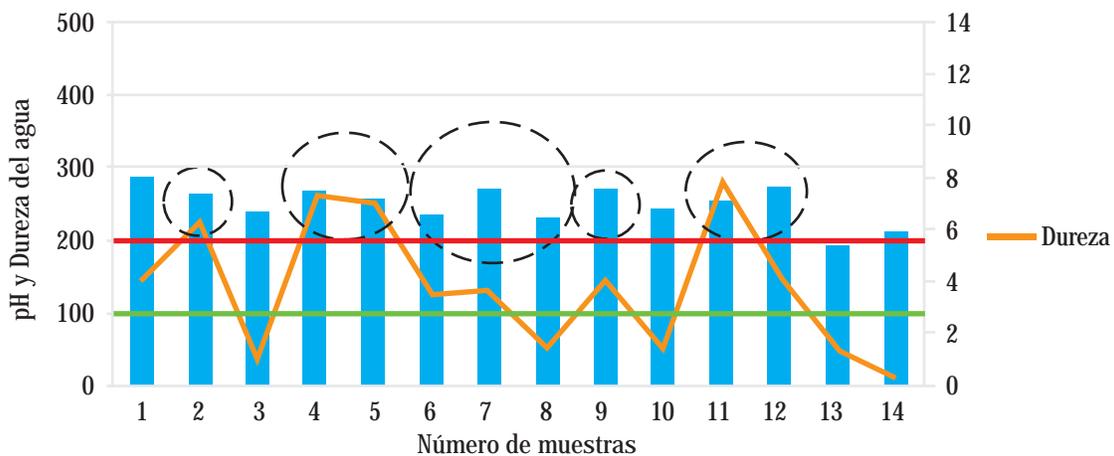
### 5.6 Relación entre el pH y dureza del agua

A continuación se analiza la relación entre el pH y dureza del agua por cada fuente y localidad muestreada, identificando en las figuras con línea verde el límite máximo recomendado para la dureza del agua y con línea roja el límite máximo permitido para el pH.

**Figura 35.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Diego, Zacapa 2017.

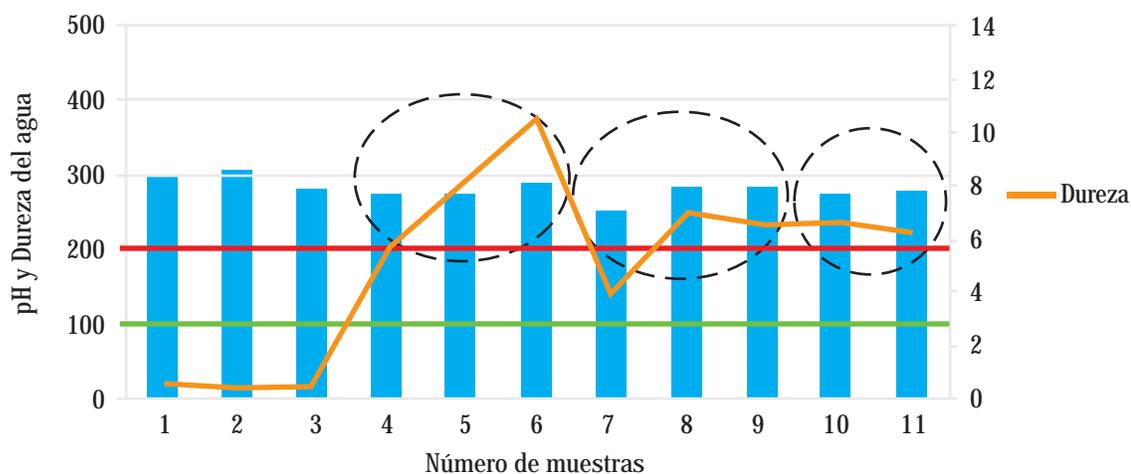


**Figura 36.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.

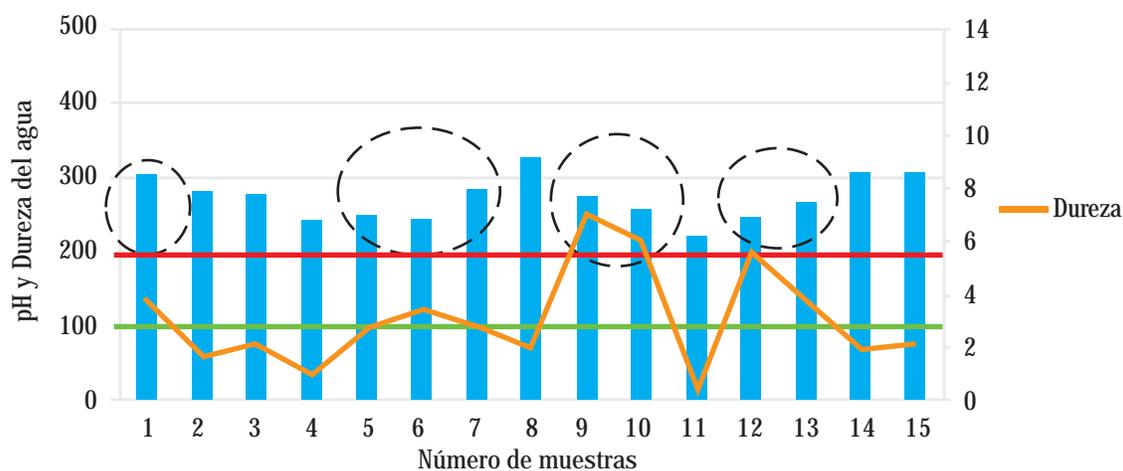


Las figuras 35 y 36 muestran en círculo punteado las fuentes de agua con valores altos de pH y dureza, siendo en estos casos el tipo de fuente agua entubada y agua de pozo, en ambos municipios (San Diego y Camotán, respectivamente).

**Figura 37.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.

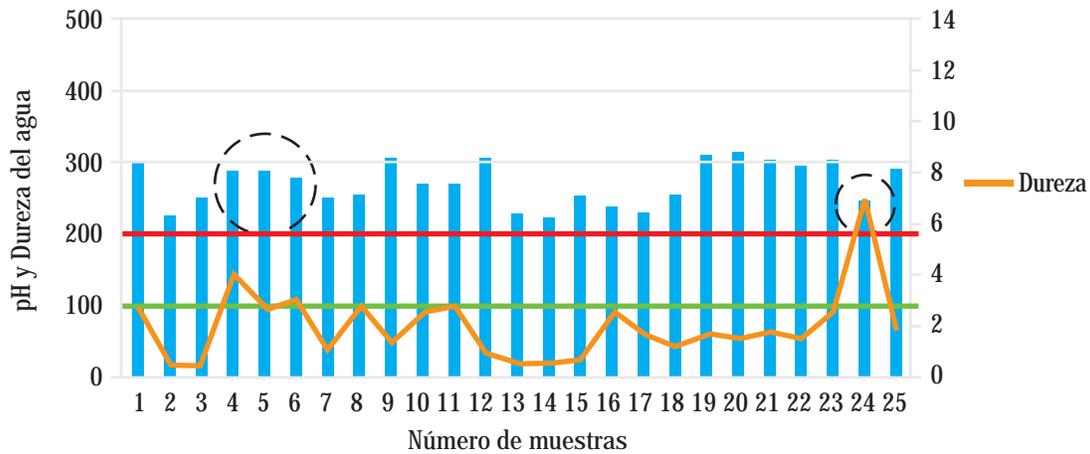


**Figura 38.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

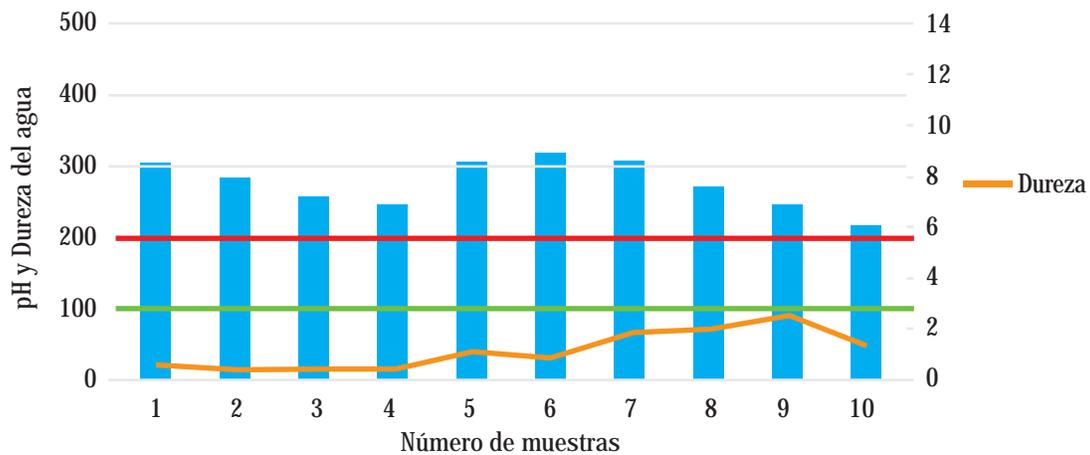


En la figura 37 se muestra que más del 50% de las fuentes muestreadas (agua entubada, pozos, charcas) en el municipio de Jocotán reportaron valores de pH y dureza altos. En el caso del municipio de San Juan Ermita; el agua entubada y los pozos fueron los que presentaron resultados superiores al límite recomendado en ambos parámetros (Figura 38).

**Figura 39.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.



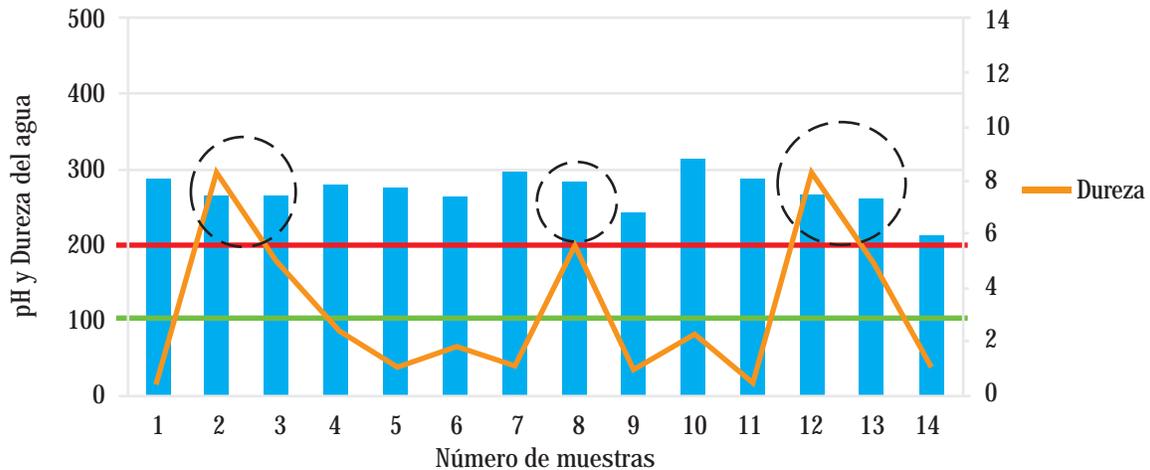
**Figura 40.**  
Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



La figura 39 reporta los resultados de los tipos de fuentes de agua muestreadas en el municipio de Ipala, donde se puede identificar que únicamente en una unidad de producción de frijol se determinó niveles altos de pH y dureza del agua, siendo en este caso una charca el tipo de fuente muestreado. En relación a la figura 40 en ninguno de los puntos analizados se observaron valores por arriba del límite recomendado para ambos parámetros, correspondiendo al municipio de Quezaltepeque.

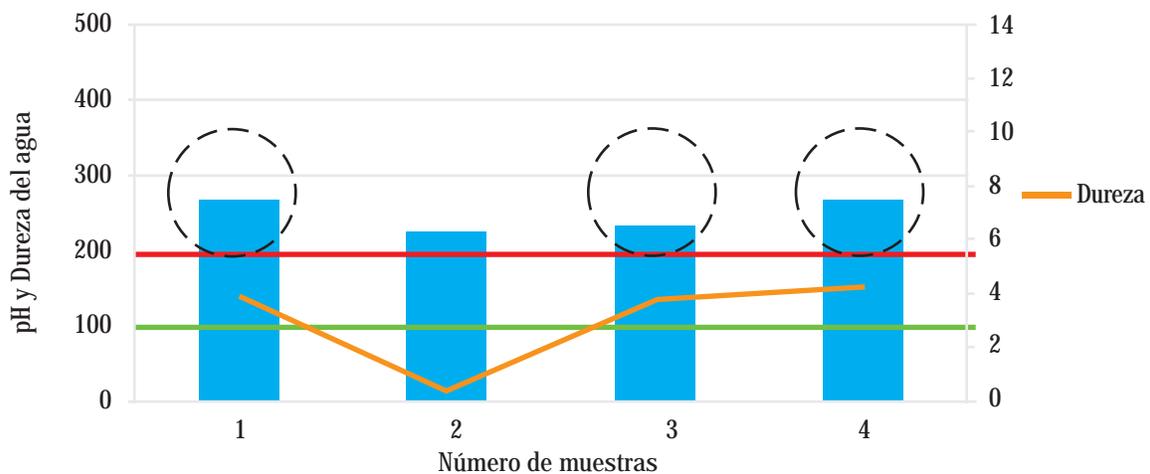
**Figura 41.**

Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Jacinto, Chiquimula 2017.



**Figura 42.**

Relación entre el pH y la dureza del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San José La Arada, Chiquimula 2017.

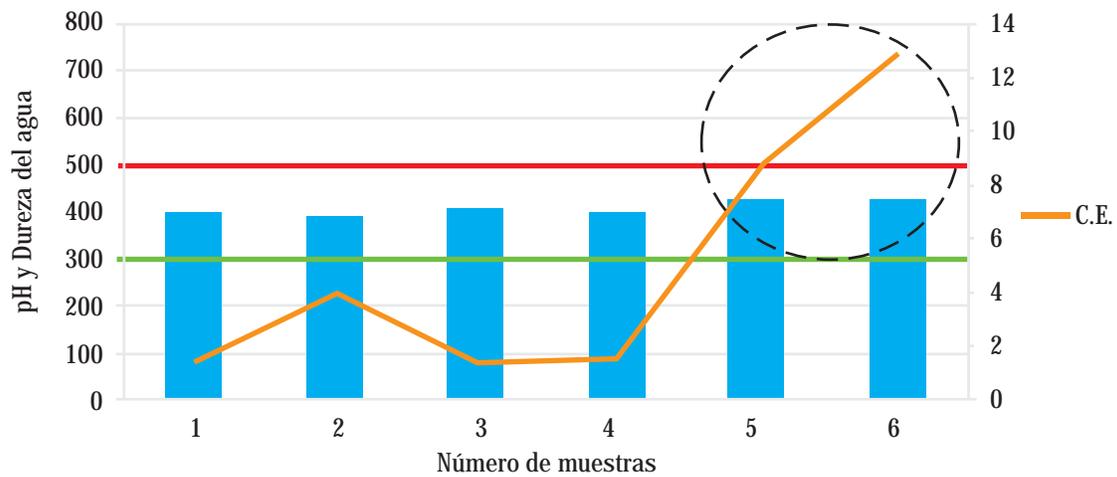


En la figura 41 se observan los puntos muestreados en el municipio de San Jacinto, los cuales reportaron valores altos de pH y dureza, siendo en su mayoría pozos. Con relación a la figura 42 en ninguno de los casos se identificaron resultados por arriba de los límites recomendados en ambos parámetros, correspondiendo al municipio de San José La Arada. Las gráficas anteriores demuestran que no existe una relación directa entre el pH y la dureza del agua, pues esta última dependerá de la formación geológica de los terrenos en donde se encuentre las fuentes de agua, siendo esta más evidente en los pozos artesanales que se abrieron como fuentes de abasto.

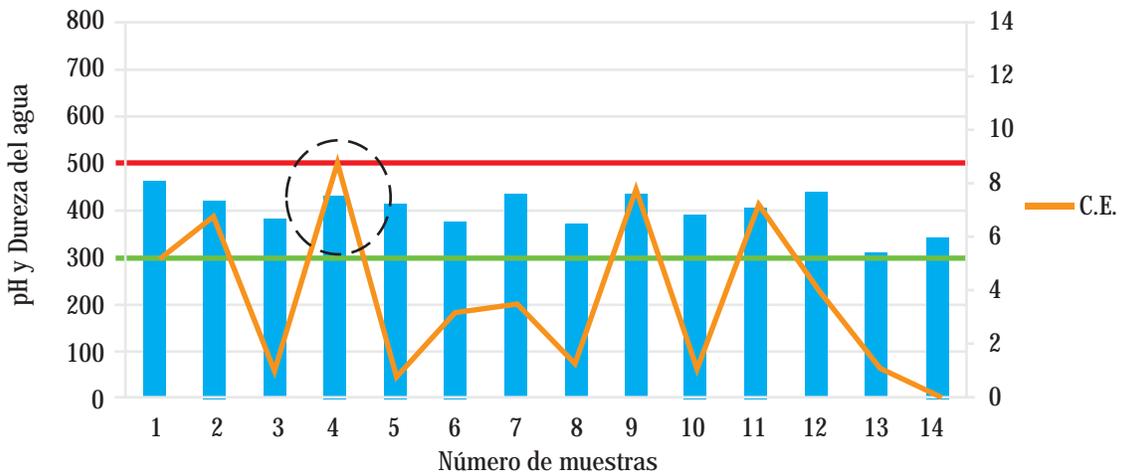
En estas fuentes identificadas cuyos valores exceden los límites máximos no solamente debe de corregirse el potencial de hidrogeno sino también bajar los valores de dureza para que los agroquímicos puedan ser efectivos en su aplicación.

### 5.7 Relación entre el ph y conductividad eléctrica

**Figura 43.**  
Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Diego, Zacapa 2017.

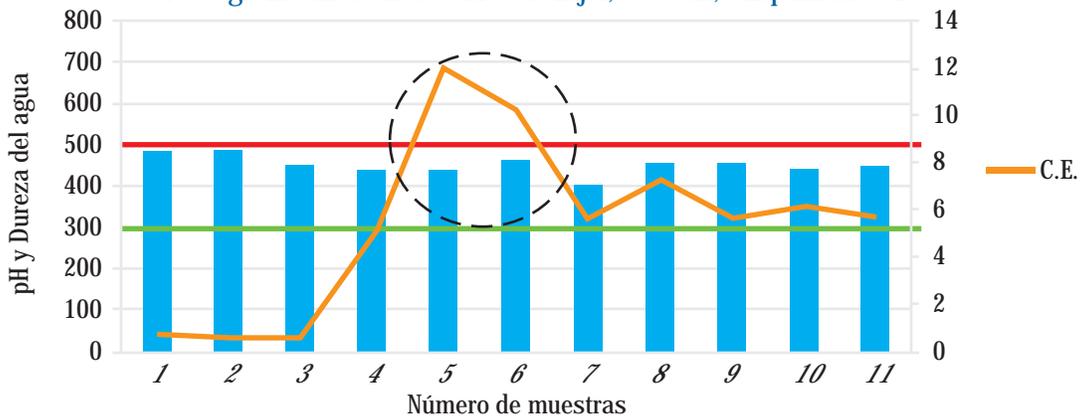


**Figura 44.**  
Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.



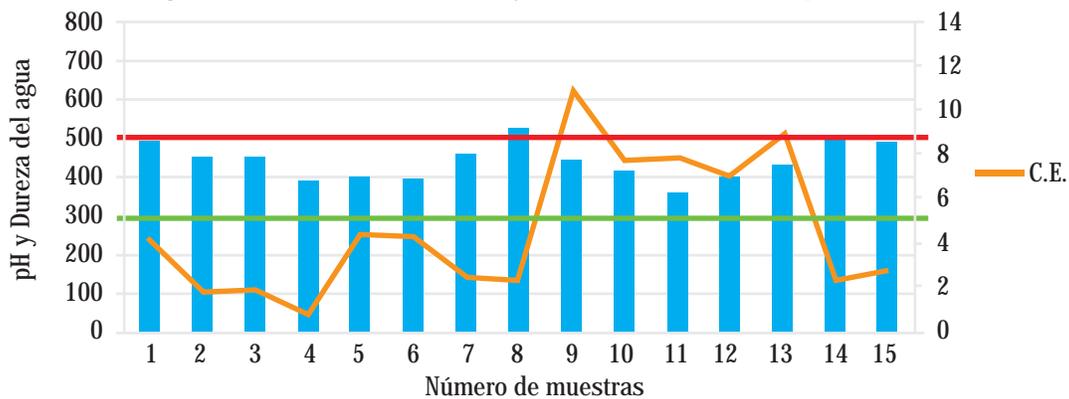
**Figura 45.**

Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de 5 agroinsumos en el cultivo de frijol, Jocotán, Chiquimula 2017.



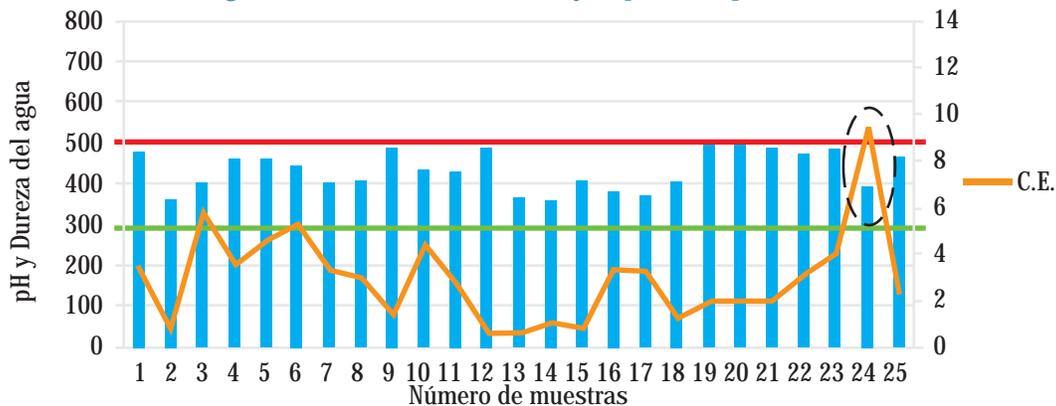
**Figura 46.**

Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

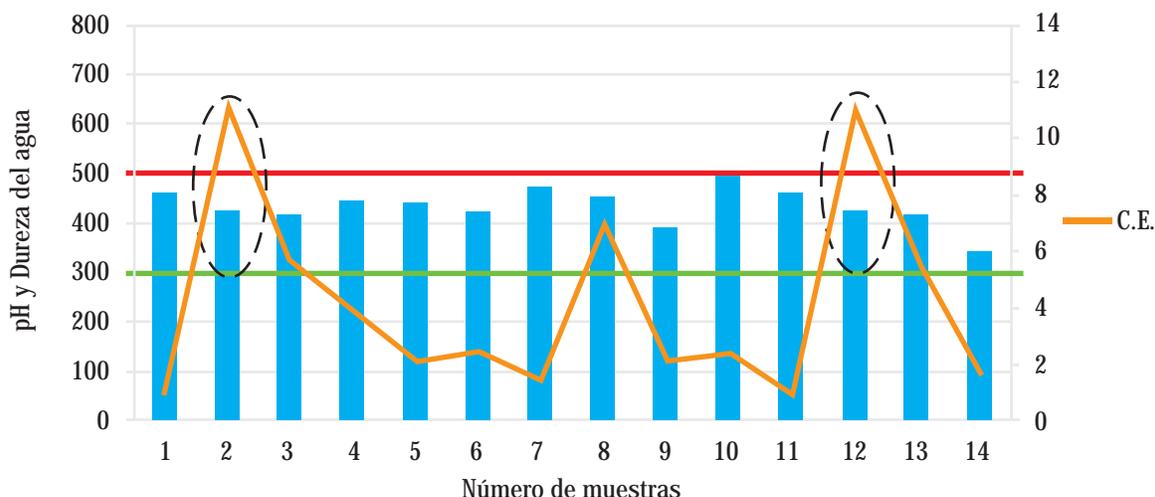


**Figura 47.**

Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Ipala, Chiquimula 2017.



**Figura 44.**  
Relación entre el pH y la C.E. del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, Camotán, Chiquimula 2017.



Sumando al análisis de las variables anteriores, también se recibió por parte del laboratorio de agua, otros parámetros como: turbidez, sólidos totales disueltos, potasio, calcio, magnesio, sodio y coliformes totales (ver anexo 11).

### 5.8 Lineamientos generales para el manejo del agua utilizada para producción de frijol

La calidad del agua influye en el rendimiento de cultivos de granos básicos como frijol, debido a que se pueden presentar modificar la eficiencia de control de los agroinsumos utilizados, incluso cuando se dispongan de condiciones y prácticas de producción favorables.

Para reducir los problemas de los puntos de muestreo que pueden ofrecer los valores superiores a los límites recomendados en cada variable analizada, se requiere considerar los siguientes lineamientos generales con el objetivo de optimizar el uso del agua en las actividades de producción agrícola.

Los lineamientos siguientes surgen de los parámetros analizados y que reportaron valores que superaron los límites máximos permisibles. Las muestras de agua fueron tomadas en cada una de las localidades de producción de frijol, durante la lluviosa en el departamento de Chiquimula y Zacapa.

#### 5.8.1 Problemas relacionados al pH en el agua

Para que las raíces puedan absorber los distintos nutrientes, éstos obviamente deben estar disueltos. Valores extremos de pH provocan la precipitación de ciertos nutrientes, que pueden permanecer en una forma no asimilable para las plantas.

El uso de fertilizantes ácidos, es una manera indirecta de neutralizar la alcalinidad, la inyección de ácido en el agua es una forma directa de neutralizar las bases presentes. El ácido puede ser inyectado como un fertilizante, tomando las precauciones correspondientes. La cantidad de ácido a inyectar dependerá de la cantidad de bases del agua y del tipo de ácido utilizado y su concentración. Un miliequivalente (meq) de ácido neutraliza completamente un (meq) de base. Por ejemplo, un agua que contiene 5,2 meq de bases por litro, necesitaría 5,2 meq de ácido para neutralizar completamente el litro de agua.

Para la mayoría de las fuentes de agua se debe reducir el 80 ó 90% de las bases, debido a que si eliminamos la totalidad de bicarbonatos del agua, se habrá agotado la capacidad tampón de la solución y se estará sobre un pH de 4 o menor y una mínima cantidad más de ácido, aportado hará descender el pH de la solución hasta valores tremendamente peligrosos para el cultivo. Entre los ácidos más recomendados para su uso en la agricultura se encuentran: ácido fosfórico, ácido nítrico y ácido sulfúrico.

Los acidificantes son productos químicos que tienen la capacidad de reducir la alcalinidad y el pH del agua utilizada como medio de solución en las aplicaciones de agroinsumos. Algunos actúan como simples acidificantes y otros, además de provocar cambios en el pH del agua tiene la particularidad de actuar como un coadyuvante; por ejemplo, mejorando la compatibilidad de los concentrados emulsificantes con los polvos mojables (humectante) y mejorando la penetración de los productos a nivel cuticular o rompiendo la tensión superficial de la gota de agua actuando como un dispersante.

Existen en el mercado muchos productos destinados a modificar el pH del agua; sin embargo, no se dispone de mucha información sobre los beneficios técnicos y económicos sobre su efecto en la eficiencia de los agroinsumos, encontrando pocas investigaciones sobre la evaluación de dichas prácticas.

### 5.8.2 Problemas relacionados a la Dureza total (CaCO<sub>3</sub>) en el agua

Tanto las fuentes de aguas superficiales como las subterráneas se toman como abastecimiento de agua para la agricultura. Cuando la dureza total aumenta, existe un aumento en la relación calcio y magnesio, lo que provoca cambios en la solubilidad, dando como resultado la precipitación o disolución de dichos elementos en la solución. Esta precipitación puede causar problemas como mayor grado de dureza en el agua, limitando la efectividad de los agroinsumos, por la reacción entre los iones de calcio y magnesio y los ingredientes activos de los productos.

### 5.8.3 Manejo de la alcalinidad y la dureza en el agua

Para las localidades que reportaron valores altos de pH y dureza, deben tomar en cuenta que el uso de esta agua sin ningún tipo de control puede reducir la eficiencia de los insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes al

momento de que éstos sean aplicados. Por lo que se ha recomendado el uso de ácidos nítricos y fosfóricos, los cuales logran precipitar el contenido de calcio y magnesio en el agua para ablandarla la solución.

Para el manejo de la alcalinidad y dureza del agua se menciona que se pueden presentar los problemas siguientes: 1) desbalance entre Ca y Mg (el exceso de uno puede genera la deficiencia del otro en la planta), 2) presencia de residuos de sales en el follaje, 3) formación de sarro en equipos de fumigación y mangueras del sistema de riego, 4) reduce la efectividad de agentes dispersantes.

Por lo anterior, es necesario tomar en cuenta la duración del ciclo del cultivo, la relación planta-suelo-agua y la tolerancia del cultivo.

La calidad del agua para para uso agrícola depende del tipo de cultivo y la fuente utilizada. Por lo que el adecuado manejo del agua, optimiza su disponibilidad y mejora la asimilabilidad de los elementos nutritivos en las plantas, además de prevenir la formación de obstrucciones en diferentes componentes de aspersión de agroquímicos.

Para el control de la alcalinidad y dureza del agua se propone el uso de productos acidificantes como ácido fosfórico, ácido nítrico, nitrato de magnesio, nitrato de potasio, sulfato de calcio, sulfato de magnesio para neutralizar la concentración de iones hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos en la solución. Se mencionan algunas alternativas naturales para la corrección de dureza tal es el caso del limón y del vinagre; sin embargo, deberá de investigarse sobre el tema para uso agrícola.

#### 5.8.4 Manejo de la salinidad del agua

Las formaciones geológicas es la primera causa de la salinidad del agua. La concentración de minerales depende también del clima, pendiente, tipo de suelo y tecnología de manejo en las actividades productivas.

Las sales minerales pueden permanecer en los medios de distribución hasta que la acumulación sea excedida, limitando la velocidad y caudal de descarga. Las actividades como la construcción pueden causar cambios marcados en las características físico-químicas del agua localizadas en las cercanías de estas actividades. Otras actividades como la agricultura, descarga de aguas residuales y actividades domésticas, también modifican las propiedades del agua.

Los principales efectos de las concentraciones de sales en las aguas pueden ser los siguientes: bajo porcentaje de germinación de semillas, alteraciones en la actividad fotosintética, limitaciones en el crecimiento y desarrollo de las plantas, poca eficiencia en las actividades de manejo en los cultivos.

Por lo que para las localidades donde se reportaron valores altos de conductividad eléctrica, se deben considerar que sobrepasar el límite máximo pueden afectar la eficiencia de los agroinsumos, al momento de ser diluidos previo a su aplicación, especialmente la efectividad de los herbicidas, insecticidas, fungicidas, bactericidas y fertilizantes minerales, debido a la concentración de sales derivados del arrastre de las partículas del suelo, materiales orgánicos y mal manejo de los productos utilizados.

### 5.8.5 Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

En las áreas de producción normalmente el agua tiene usos como: riego, aplicación de agroquímicos y fertilizantes, dicha fuentes de agua por ser provenientes de pozos o nacimientos también son utilizadas para consumo humano. Por lo que se propone realizar acciones de acuerdo a los criterios de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), como las siguientes:

- a) No usar aguas residuales.
  - Adoptar técnicas para supervisar el estado de los cultivos y el agua, programando con la aplicación de agroinsumos, para economizar agua y reciclarla siempre que sea posible.
  
- b) Manejo racional de los agroquímicos.
  - Cualquier insumo de producción sean estos: productos reciclados orgánicos, inorgánicos o sintéticos, realizar prácticas que eviten la contaminación de los recursos hídricos.
  - Identificar las fuentes de agua que se utilizan en la finca.
  - Mantener limpios los canales por donde circula el agua.
  - No contaminar la fuente al preparar el equipo de fumigación y su posterior lavado.
  - Conservación charcas, nacimientos, quebradas y ríos estableciendo una cubierta forestal permanente o manteniéndola conforme sea necesario;
  
- c) Monitorear la calidad del agua en las áreas de producción de frijol
  - Desarrollar un sistema de información sobre el monitoreo de la calidad de agua y su disponibilidad en las unidad de producción, permitiendo a los productores tomar decisiones que incremente la eficiencia de la producción.

Para tratar los problemas de pH y dureza del agua se listan los siguientes productos, los cuales pueden ayudar a reducir los niveles altos de dichos parámetros en las fuentes de agua monitoreadas para la producción de frijol.

**Cuadro 7.**  
**Recomendaciones para el tratamiento del agua (con valores altos de pH y dureza) utilizada durante la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, 2017.**

Producto	Dosis / cc	Volumen/agua	pH/rango	Dureza/rango
Ácido fosfórico®	20	16 litros	Límite	Límite
pH balance®	50	16 litros	máximo	máximo
pH plus®	50	16 litros	recomendado	recomendado
Sulfacid®	16	16 litros	es de 6	es de 100ppm
Buffex®	20	16 litros	(ligeramente ácido)	de CaCO <sub>3</sub>

## 6. CONCLUSIONES

El análisis físico-químico de cada fuente de agua utilizadas para la aplicación de agroinsumos en los valles productores de frijol de los departamentos de Chiquimula y Zacapa, indicaron que el 99% de las muestras superan el límite máximo de pH (potencial de Hidrogeno), el 36% de las fuentes superan el límite máximo de dureza, el 8% presenta límites arriba de lo permisible en conductividad eléctrica y el 4% en la relación de adsorción de sodio.

Considerando que el 99% de las muestras de la presente investigación superan el límite máximo permisible de potencial de Hidrógeno, se puede concluir que todos los agricultores deben utilizar correctores de pH en la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, para obtener mayor eficiencia en el uso y optimizar el recurso económico invertido.

La relación entre los parámetros pH y dureza del agua indican que el 22% de las muestras presentan una alta probabilidad de que su potencial de Hidrógeno está relacionada por una mayor concentración de sales minerales aportados por el suelo a nivel subterráneo, y debe de ser un factor a corregir en los tratamientos del agua para la aplicación de agroinsumos en las localidades donde fueron detectadas.

Los lineamientos generales para el manejo de las fuentes de agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en las áreas productoras de frijol del departamento de Chiquimula y Zacapa, fueron elaborados a través de los criterios propuestos por las Buenas Prácticas Agrícolas.

## 7. RECOMENDACIONES

Monitorear y analizar al inicio de cada época lluviosa las fuentes de abastecimiento de agua utilizada en las principales áreas productoras de frijol del departamento de Chiquimula y Zacapa, para generar información continua sobre sus características físico-químicas, y observar de esta manera los posibles problemas relacionados con otras fuentes de contaminación.

Aplicar los lineamientos generales establecidos en el presente estudio, para el tratamiento del agua que utilizan los agricultores en las parcelas de producción de frijol de los departamentos de Zacapa y Chiquimula, con el fin de mejorar la eficiencia de los agroinsumos en el cultivo.

Elaborar un manual técnico que permita al agricultor tratar el agua utilizada para la aplicación de los agroinsumos en el cultivo de frijol, de una manera práctica en donde se recomienden productos y dosis que se puedan utilizar para cada uno de los parámetros analizados en la presente investigación.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGO (Asociación de Desarrollo Comunitario de Oriente); CHORTIJOL (Cooperativa Integral Agrícola Chortijol R.L.); MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2016. Listados de productores de frijol del departamento de Chiquimula. San Juan Ermita, Chiquimula, Guatemala, CHORTIJOL. 20 p.
- AGRONORT (Agrónomos del Norte, Insumos agropecuarios, Argentina). 2000. Calidad de agua y agroquímicos (en línea). Colombia. p. 1-24. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: [http://agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Calidad%20de%20Agua%20y%20Agroquimicos%20Nicasio%20Rodriguez.pdf?op=d&ticket\\_id=1713&evento\\_id=3568](http://agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Calidad%20de%20Agua%20y%20Agroquimicos%20Nicasio%20Rodriguez.pdf?op=d&ticket_id=1713&evento_id=3568)
- AGROTICO (Agroinsumos y Tecnología Agrícola de Costa Rica). 2017. pH en agua y fertilizantes (en línea). Costa Rica. p. 54. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en: <http://agrotico.net/web/index.php>
- APHA (American Public Health Association, Estados Unidos de América). 1985. Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho (en línea). Caballero, PJ (trad.). 15 ed. México, McGraw-Hill. p. 265-328. Consultado 22 ago. 2017. Disponible en: <https://www.translatorscafe.com/cafe/file/?id=73622>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia). 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), legado de variedades de América Latina 1930-1999 (en línea). Cali, Colombia. 210 p. (Publicación CIAT no.321.). Consultado 20 ago. 2017. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/1036/1/Mejoramiento\\_genetico\\_del\\_frijol.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org:8080/jspui/bitstream/123456789/1036/1/Mejoramiento_genetico_del_frijol.pdf)
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia). 1997. Modernization of irrigation schemes: past experiences and future options (en línea, sitio web). Bangkok, Tailandia, FAO/RAP. 22 p. Consultado 25 may. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/portal>
- Guerra Vásquez, H. 2002. Respuesta genético ambiental de 13 líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), con tolerancia a estrés por altas temperaturas en siembras bajo riego en el valle del río San José, Chiquimula (en línea). Tesis Lic. Chiquimula, Guatemala, USAC-CUNORI 53 p. Disponible en [http://cunori.edu.gt/descargas/RESPUESTA\\_GENTICO\\_AMBIENTAL\\_DE\\_13\\_LNEAS\\_DE\\_FRIJOL\\_Phaseolus\\_vulgaris\\_L\\_CON\\_TOLERANCIA\\_A ESTRS\\_POR\\_ALTAS\\_TE.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/RESPUESTA_GENTICO_AMBIENTAL_DE_13_LNEAS_DE_FRIJOL_Phaseolus_vulgaris_L_CON_TOLERANCIA_A ESTRS_POR_ALTAS_TE.pdf)

- IGM (Instituto Geográfico Militar, Guatemala). 1987. Mapa topográfico de la república de Guatemala; hoja Chiquimula, no. 2250-I Guatemala. Esc. 1:50000. Color.
- INFOAGRO (Información Técnica Agrícola, España). 2016. El cultivo del frijol (en línea, sitio web). España. Consultado 5 feb. 2016. Disponible en: [http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_judia\\_\\_habichuela\\_\\_o\\_frijol\\_\\_parte\\_i\\_.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_judia__habichuela__o_frijol__parte_i_.asp)
- Madrigales Barrios, NR. 1999. Evaluación de tres métodos de riego por superficie durante la etapa de elongación de la caña de azúcar (*Saccharum sp.*) bajo condiciones de Tiquizate, Escuintla (en línea). Tesis Lic. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 110 p. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1826.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1826.pdf)
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2010. Diagnóstico a nivel de macro y micro del corredor seco y definición de las líneas estratégicas de acción del MAGA (en línea). Guatemala. Consultado 15 may. 2016. Disponible en [http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/macro\\_micro\\_corredor\\_seco.pdf](http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/macro_micro_corredor_seco.pdf).
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2006. Manual para boleta de inventario de fuentes de agua. Guatemala. 13 p.
- MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). 2010. Política de promoción del riego 2013-2023 (en línea). Guatemala. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en [http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/pdf/home/politica\\_riego.pdf](http://web.maga.gob.gt/wp-content/uploads/pdf/home/politica_riego.pdf).
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México). 2009. Informe ambiental del estado de Guatemala GEO (en línea). Guatemala. 286 p. Consultado 8 jun. 2016. Disponible en <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO%20Guatemala%202009.pdf>.
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 1995. Guías para la calidad del agua (en línea). Ginebra, Suiza. 195 p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en [http://apps.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowsres.pdf?ua=1](http://apps.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowsres.pdf?ua=1)

- Palacios, V; Aceves, N. 1970. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola (en línea). Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 55 p. Consultado 10 may. 2016. Disponible en <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000003999>
- Rodríguez, MN; Covas, G. 2000. Calidad de agua y agroquímicos (en línea). Argentina, AGRONORT. p. 1-24. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en [http://agroconsultasonline.com.ar/ticket.htm/Calidad%20de%20Agua%20y%20Agroquimicos%20Nicasio%20Rodríguez.pdf?op=d&ticket\\_id=1713&evento\\_id=3568](http://agroconsultasonline.com.ar/ticket.htm/Calidad%20de%20Agua%20y%20Agroquimicos%20Nicasio%20Rodríguez.pdf?op=d&ticket_id=1713&evento_id=3568)
- Sandoval Illescas, JE. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Camotán, Chiquimula (en línea). Guatemala. 138 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-c>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Ipala, Chiquimula (en línea). Guatemala. 118 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-c>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Jocotán, Chiquimula (en línea). Guatemala. 103 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/49-pl>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Diego, Zacapa (en línea). Guatemala. 98 p. Consultado 20 jul. 2016. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/67-z>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Jacinto, Chiquimula (en línea). Guatemala. 102 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-ch>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de

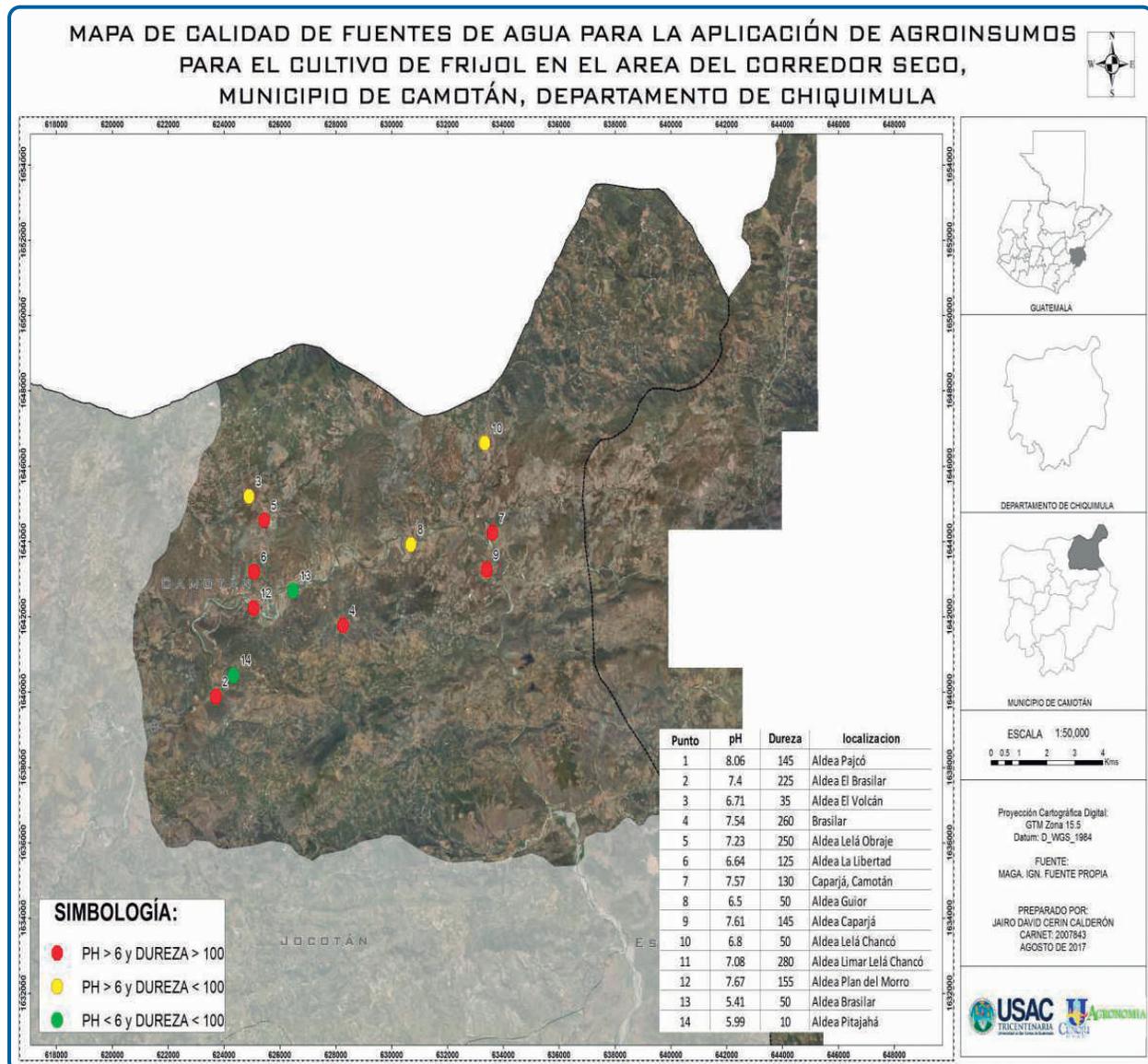
desarrollo San José La Arada, Chiquimula (en línea). Guatemala. 90 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-ch>

- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Juan Ermita, Chiquimula (en línea). Guatemala. 134 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-ch>
- SEGEPLAN (Secretaría de la Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Quezaltepeque, Chiquimula (en línea). Guatemala. 80 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/biblioteca-documental/category/68-ch>
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia). 2011. Recolectar muestras de agua de acuerdo con procedimientos y normas técnicas (en línea). Colombia. 4 p. Consultado 20 ago. 2017. Disponible en <http://certificados.sena.edu.co/claborales/saveas.asp?var1=280201214>
- Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. p. 379-390.
- Vidal, J. 2012. Evaluación del potencial de rendimiento de seis genotipos de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos épocas de siembra, en el valle del Río San José Chiquimula, Guatemala 2012 (en línea). Tesis Lic. Zacapa, Guatemala, URL. 90 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2012/06/04/Vidal-Jorge.pdf>
- Villatoro, M. 2011. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (en línea). Guatemala, Comité Editorial ICTA. 32 p. Consultado 20 jul. 2016. Disponible en <http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%202011.pdf>

## 9. ANEXOS

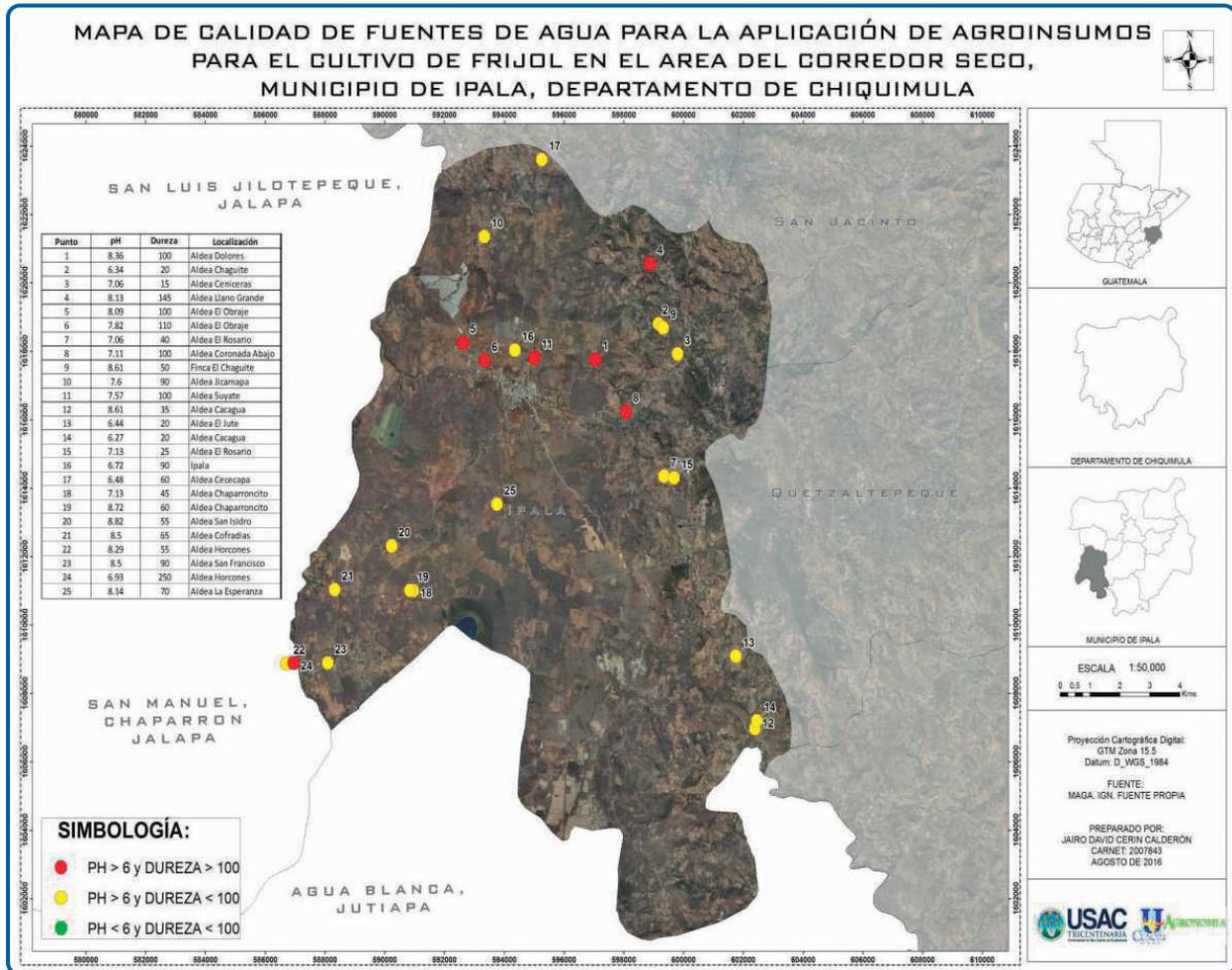
### Anexo 1.

Mapa de relación pH-dureza en de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de Camotán, Chiquimula 2017.



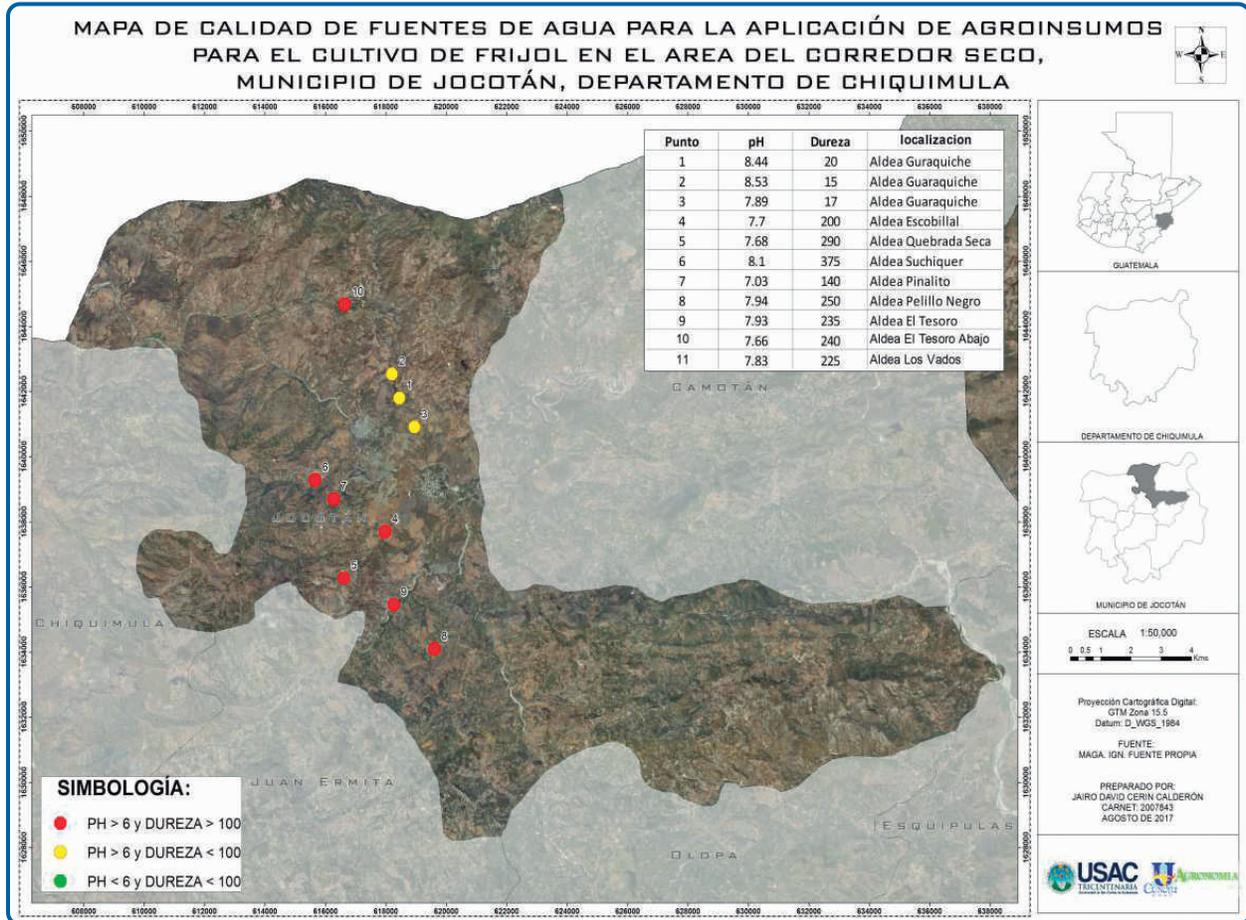
## Anexo 2.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de Ipala, Chiquimula 2017.



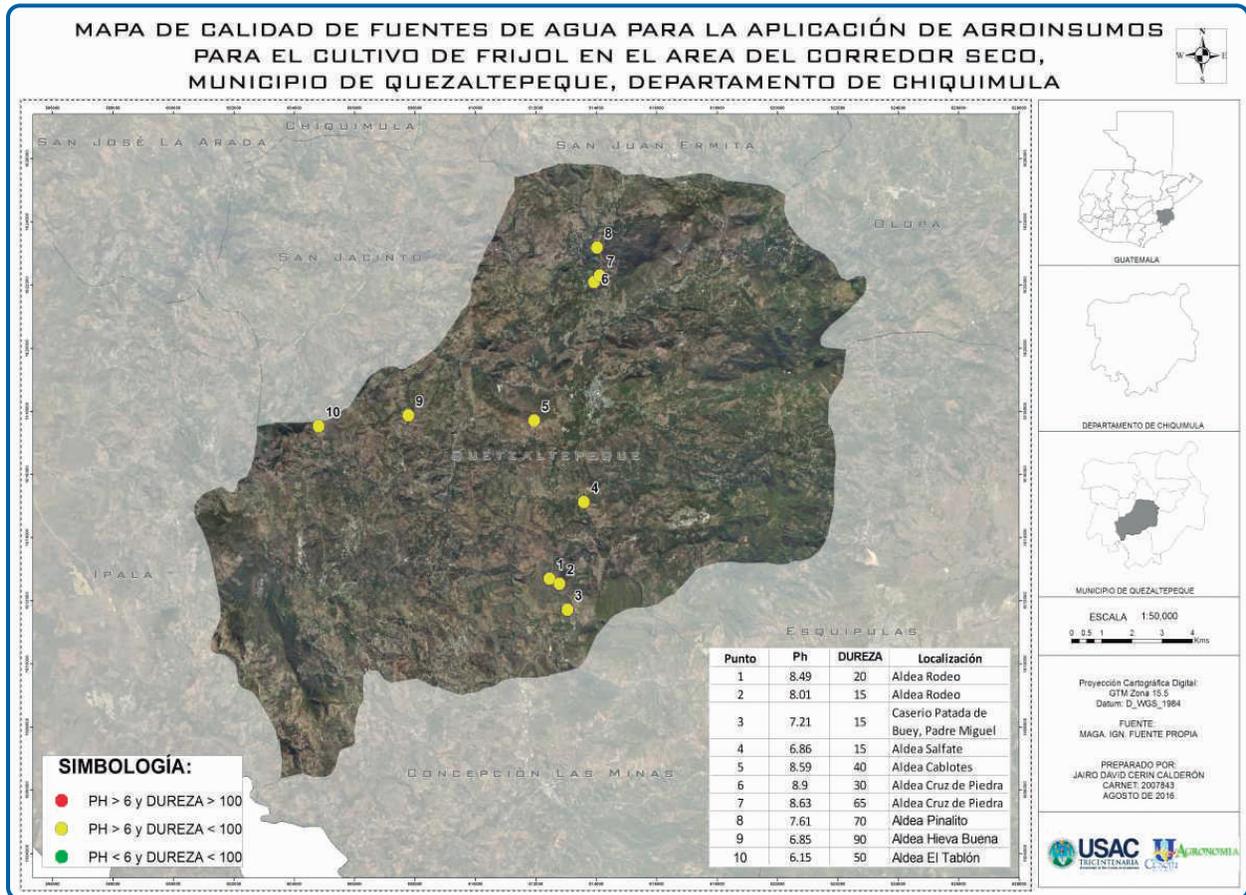
### Anexo 3.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de Jocotán, Chiquimula 2017.



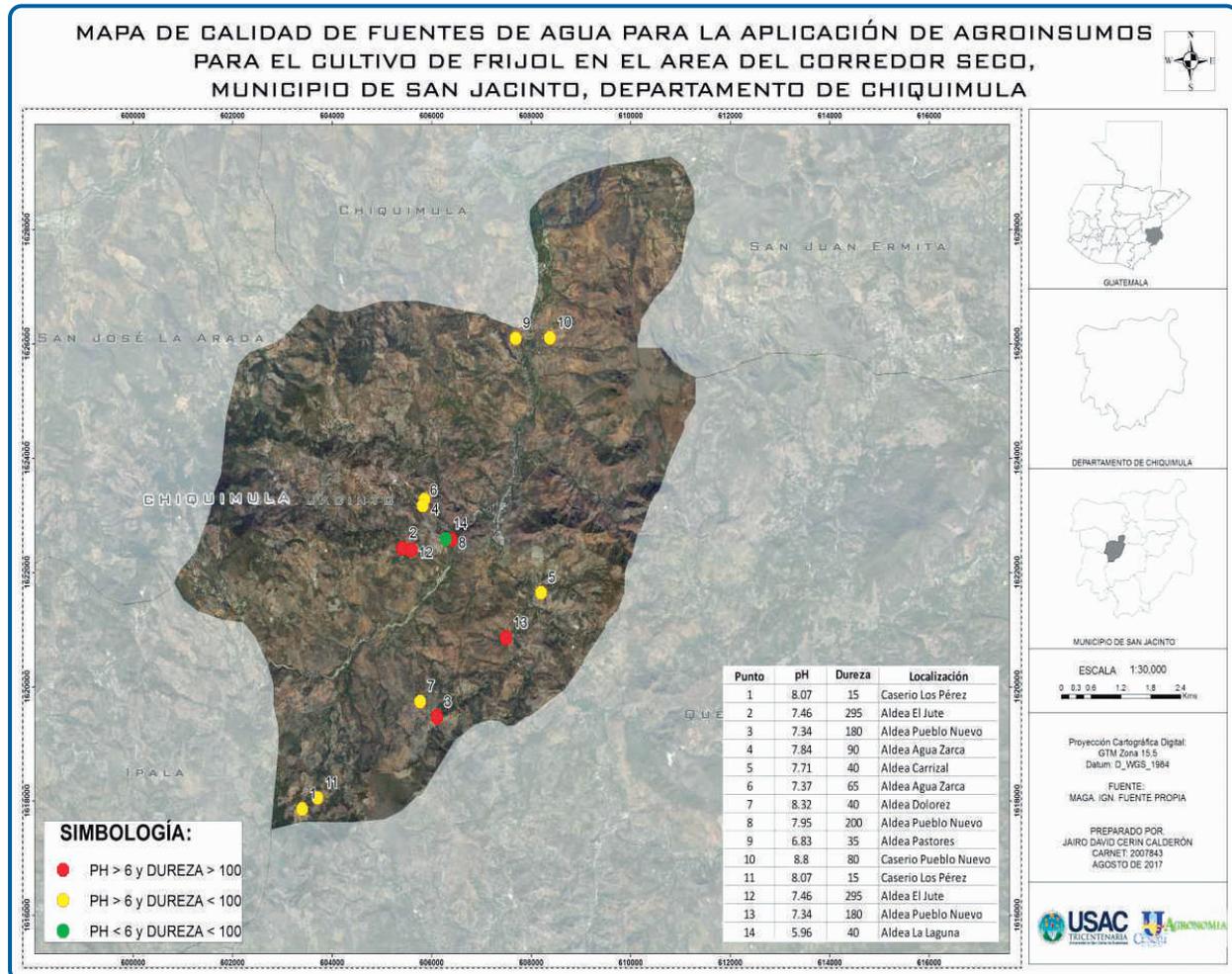
Anexo 4.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de Quezaltepeque, Chiquimula 2017.



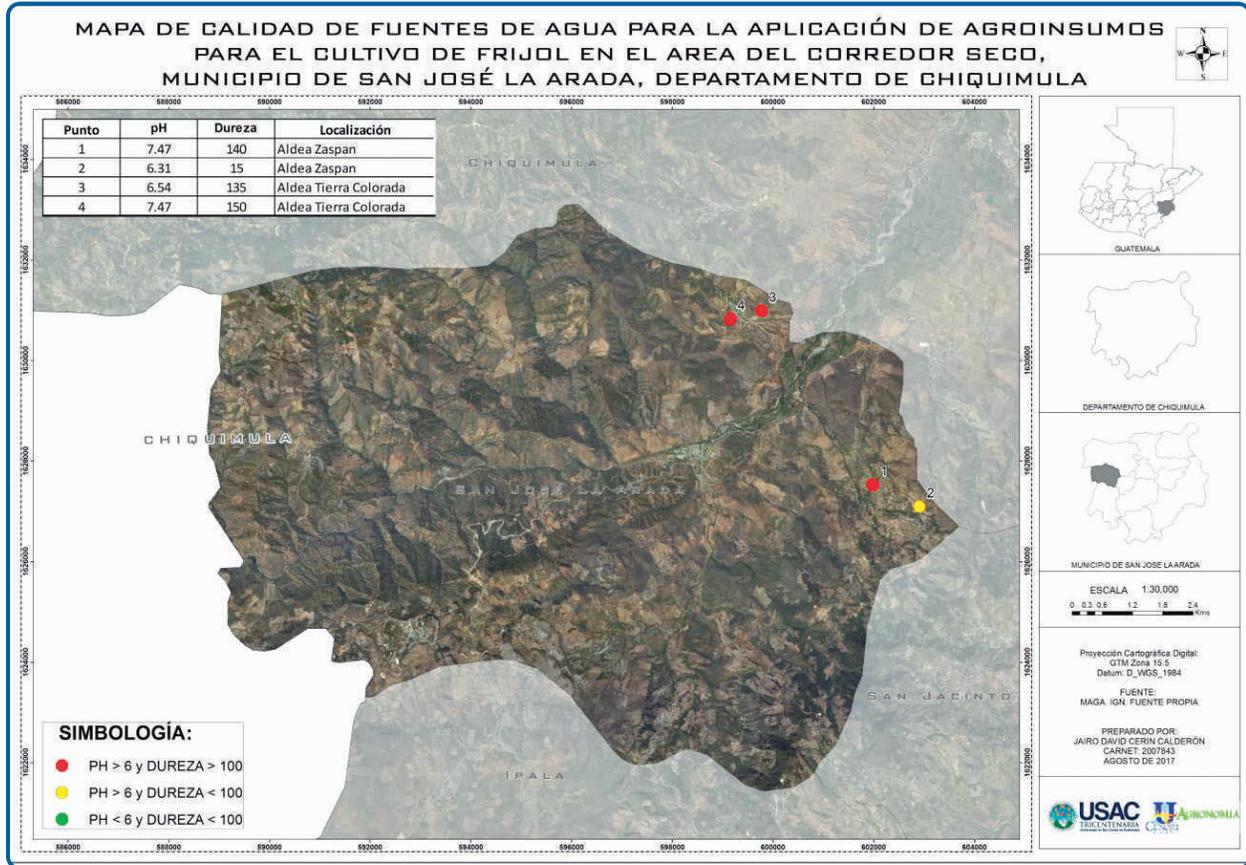
### Anexo 5.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de San Jacinto, Chiquimula 2017.



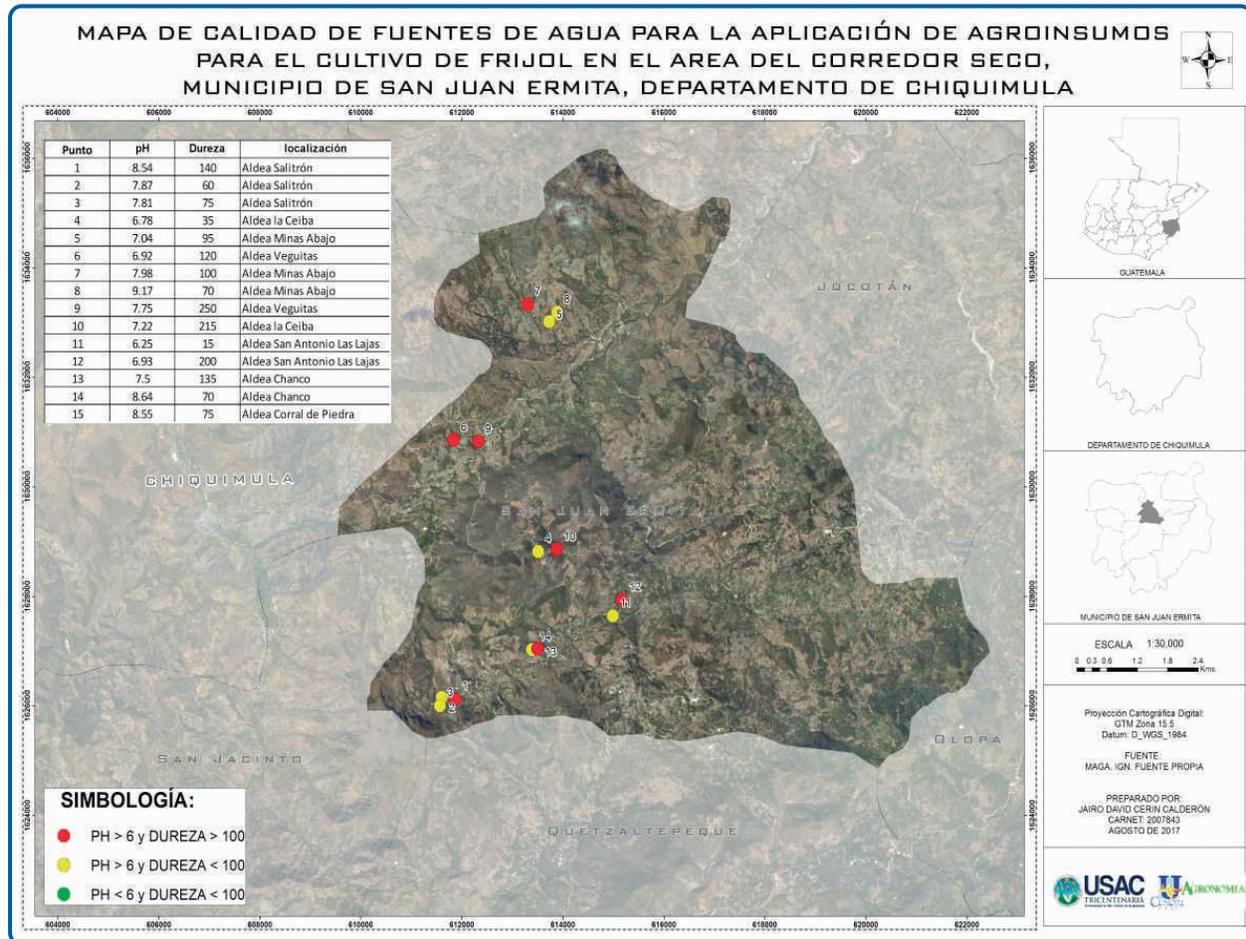
Anexo 6.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de San José La Arada, Chiquimula 2017.



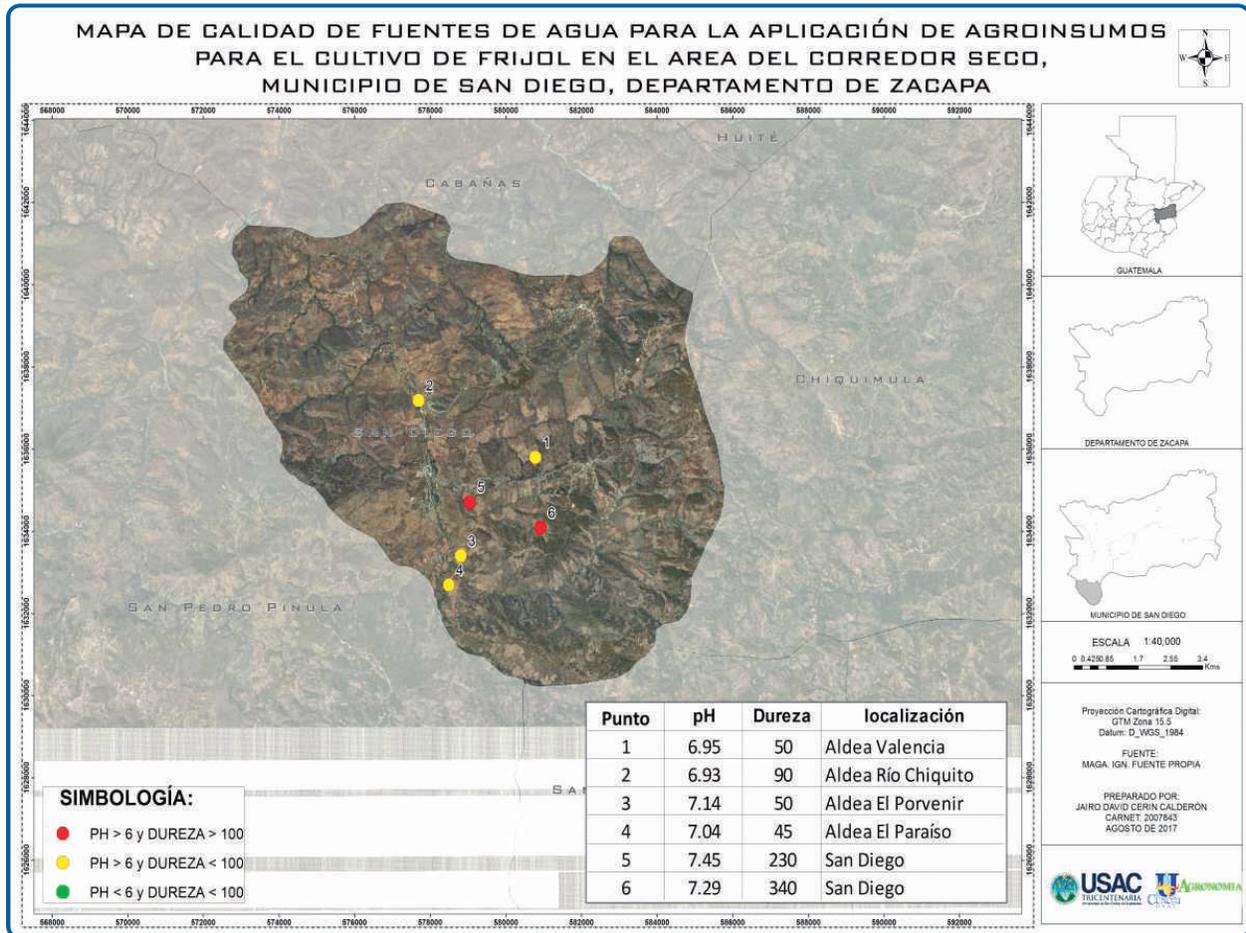
### Anexo 7.

Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de San Juan Ermita, Chiquimula 2017.

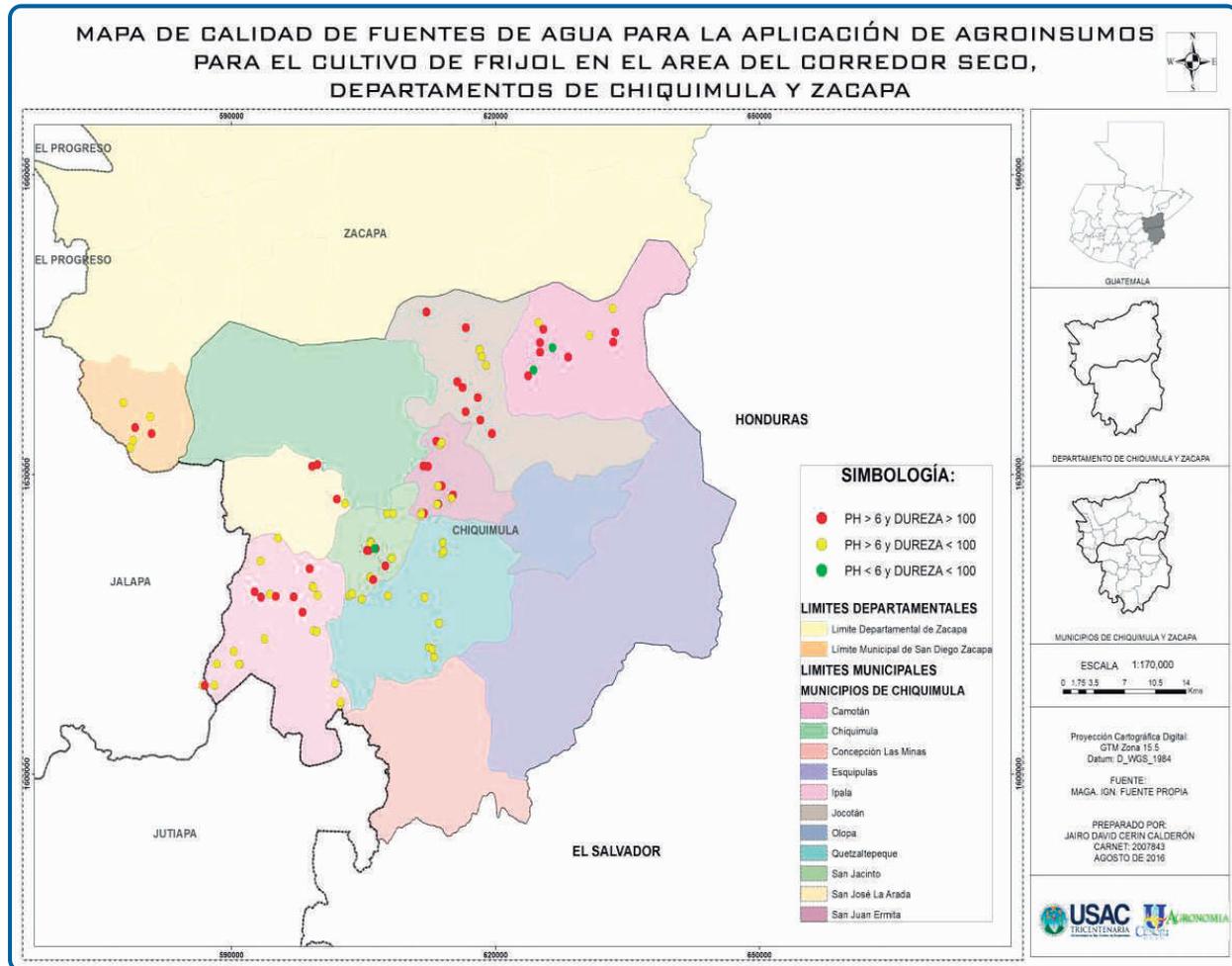


### Anexo 8.

## Mapa de relación pH-dureza en la determinación de la calidad del agua utilizada para la aplicación de agroinsumos en el cultivo de frijol, en el municipio de San Diego, Zacapa 2017.



## Anexo 9. Mapa de geoposicionamiento de las fuentes muestreadas en los municipios de Chiquimula y Zacapa 2017.





**Anexo 11.**  
**Cotización del laboratorio para el análisis de las muestras.**



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE

**LABORATORIO AMBIENTAL**

**COTIZACION**

Chiquimula 05 de junio de 2016.

**NOMBRE:** INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
**DIRECCION:** Guatemala

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO Q.	MONTO Q.
100	Análisis de calidad del agua determinando los siguiente parámetros: pH, conductividad eléctrica, dureza, turbidez, temperatura, sólidos disueltos, nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, coliformes totales, coliformes fecales, E. Coli.	350.00	35,000.00
	<b>TOTAL</b>		<b>35,000.00</b>

## Anexo 12. Cotización de los reactivos para el análisis de la dureza del agua



**www.hannainst.com.gt**  
HANNA INSTRUMENTS GUATEMALA S.A.  
0 Calle 15-08  
Zona 15,  
Colonia El Maestro.  
Guatemala, Guatemala.  
TEL. (502) 23697165  
TEL. (502) 23695588  
FAX (502) 23695499

**Cliente:**3054  
INSTITUTO INTERAMERICANO DE  
COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
7AV 14-44 ZONA 9  
GUATEMALA  
GUATEMALA GUATEMALA  
Tels : 2386-5902

**Atención:** Sr. Hugo Villafuerte

**Cotización: 16333**

JUNIO 29, 2016.  
Página : 1

**Para Depósitos utilice Banco Industrial: Cta. 000-029657-4**

**Hanna Instruments Guatemala, le ofrece capacitación al personal que utilice el equipo sin ningún costo: Funcionamiento, Calibración y mantenimiento. Además de servicio técnico especializado en la reparación y mantenimiento de sus equipos.**

**Forma de pago: CONTADO**

**OBSERVACIONES: TODO PEDIDO REQUIERE EL 50% DE ANTICIPO**  
Descuento general al cliente:  
15.00 %

Cantidad	Código	Descripción	Precio		Desc.ad
			Precio	Precio Desc. incluido I.V.A. incluido	
1.00	HI96735	COLORIMETRO DUREZA TOTAL - 0 A 250 MG/L; <i>Existencia Entrega inmediata</i>	4,531.00	3,851.35	4,313.51
1.00	HI93735-00	REACTIVOS PARA 100 TESTS DE DUREZA TOTAL	702.83	597.40	669.09
1.00	HI93735-01	REACTIVOS PARA 100 TESTS DE DUREZA TOTAL	702.83	597.40	669.09

**OBSERVACIONES: TODO PEDIDO REQUIERE EL 50% DE ANTICIPO**

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO  
COTIZACION VALIDA POR 15 DIAS

16 H. TEC.JORGE XITUMUL  
Agente responsable

Elaborado por Téc. Jorge Xitumul

**Subtotal** 5,651.69

**TOTAL** 5,651.69

Sr. Hugo Villafuerte

**Anexo 13.**  
**Calidad del agua para uso de Agroquímicos**

ID	Tipo de fuente	Localización	Turbidez NTU	Temperatura °C	Sólidos Disueltos Totales mg/l	Fosfatos mg/l	Potasio mg/l	Calcio mg/l	Magnesio mg/l	Sodio mg/l	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	Escherichia Coli
											NMP/100 ml	NMP/100 ml	NMP/100 ml
P1	Agua Enubada	Aldea Valencia, San Diego, Zacapa	0.73	25	42.60	0.750	2.3242	3.4419	5.13	5.03	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P2	Charca	Aldea Río Chiquito, San Diego, Zacapa	14.3	25	116.50	0.430	1.331	12.0704	10.81	27.87	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P3	Agua Enubada	Aldea El Poremit, San Diego, Zacapa	1.3	25	41.4	0.590	1.6434	3.1436	4.88	5.05	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P4	Tanque de Captación	Aldea El Paraíso, San Diego, Zacapa	5.8	25	45.5	0.740	1.88	4.8857	3.29	5.57	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P5	Quebrada	Aldea Pajucó, Camotán, Chiquimula	6.1	25	157.30	0.670	4.4953	43.3743	11.660	20	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P6	Agua Enubada	Aldea El Brasilar, Camotán, Chiquimula	0.5	25	208.40	0.6345	0.6345	85.3145	3.49	1.67	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P7	Agua Enubada	Aldea El Volcán, Camotán, Chiquimula	2.2	25	28.50	0.640	3.0639	2.0280	0.82	4.75	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P8	Prozo Natural	Brasilar	10.9	25	257.00	0.310	1.4217	65.9824	26.21	7	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P9	Agua Enubada	Aldea Lela Obraje, Camotán, Chiquimula	4.9	25	24.90	0.990	1.6299	2.5425	1.87	3.82	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P10	Charca	Aldea La Libertad, Camotán, Chiquimula	66.7	25	96.40	1.700	6.6384	36.7357	4.22	0.35	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P11	Río Jupilingo	Caparáj, Camotán, Chiquimula	1.100	25	104.90	1.030	3.4121	36.8514	6.33	5.10	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P12	Vertiente	Aldea Gütor, Camotán, Chiquimula	2.11	25	39.40	0.960	7.6273	3.3894	1.62	3.13	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P13	Prozo	Aldea Caparáj, Camotán, Chiquimula	1.33	25	240.00	0.800	2.4793	44.3973	8.43	35.79	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P14	Prozo Natural	Aldea Lela Charco, Camotán, Chiquimula	2.19	25	34.10	4.860	1.052	2.5018	3.84	4.07	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P15	Prozo	Aldea Umar Lela Charco, Camotán, Chiq.	4.18	25	227.00	1.320	3.7818	85.3163	8.040	6.94	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P16	Quebrada	Aldea Plan del Morro, Camotán, Chiq.	10.9	25	126.00	0.550	1.0808	28.3564	2.73	7.15	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P17	Agua Enubada	Aldea Brasilar, Camotán, Chiquimula	5.22	25	37.2	0.790	1.4576	2.8570	0.10	3.18	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P18	Tanque de Captación	Aldea Prághá, Camotán, Chiquimula	0.8	25	3.82	0.720	0.5849	0.1867	1.06	-----	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P19	Quebrada	Aldea Curaquiche, Jocoán, Chiquimula	7.4	25	20.94	1.240	1.2604	1.5482	0.15	5.44	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P20	Quebrada	Aldea Curaquiche, Jocoán, Chiquimula	5.5	25	15.86	0.590	1.1434	1.6421	0.39	3.99	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P21	Quebrada	Aldea Curaquiche, Jocoán, Chiquimula	5.6	25	16.92	0.590	1.0029	0.8559	2.41	1.12	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P22	Agua Enubada	Aldea Escobilla, Jocoán, Chiquimula	0.4	25	148.20	0.860	1.5629	57.5442	1.58	1.13	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P23	Quebrada	Aldea Quebrada Seca, Jocoán, Chiq.	21.4	25	374.00	1.300	5.8281	82.9246	8.93	1.12	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P24	Quebrada	Aldea Sutchiquet, Jocoán, Chiquimula	2.86	25	313.00	0.260	3.5598	79.7874	37.99	21.01	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P25	Charca	Aldea Pinalito, Jocoán, Chiquimula	56.2	25	174.40	5.880	11.2806	40.2685	5.25	29.96	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P26	Quebrada	Aldea Peñón Negro, Jocoán, Chiquimula	128	25	230.00	0.890	2.3901	54.9344	19.81	25.72	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P27	Agua Enubada	Aldea El Tesoro, Jocoán, Chiquimula	1	25	181.90	1.740	0.4938	60.4987	5.98	0.92	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P28	Prozo Natural	Aldea El Tesoro Abajo, Jocoán, Chiq.	12	25	194.30	3.080	1.7315	56.1025	15.21	9.60	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P29	Río Tojía	Aldea Los Vados, Jocoán, Chiquimula	5	25	179.60	0.580	2.6113	54.4127	12.92	7.23	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P30	Prozo Natural	Aldea Solitrón, San Juan Ermita, Chiq.	6	25	131.10	1.510	2.0884	35.9733	8.97	13.78	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P31	Quebrada	Aldea Solitrón, San Juan Ermita, Chiq.	2	25	55.90	1.910	2.6231	35.5033	6.05	6.54	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P32	Quebrada	Aldea Solitrón, San Juan Ermita, Chiquimula	21	25	57.30	1.270	3.0107	41.190	7.47	7.81	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml

ID	Tipo de fuente	Localización	Turbidez NTU	Temperatura °C	Sólidos Disueltos Totales mg/l	Fosfatos mg/l	Potasio mg/l	Calcio mg/l	Magnesio mg/l	Sodio mg/l	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Escherichia Coli NMP/100 ml
P33	Enubada	Aldea La Ceiba, San Juan Ermita, Chiquimula	71	25	23.50	0.770	1.825	3.2240	0.81	3.67	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P34	Quebrada	Aldea Minas Abojo, San Juan Ermita, Chiq.	66	25	140.30	6.060	6.3462	32.3674	5.84	7.24	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P35	Pozo Natural	Aldea Vegetitas, San Juan Ermita, Chiq.	1	25	142.60	1.060	10.5202	36.5031	5.93	27.62	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P36	Pozo Natural	Aldea El Rincón, San Jose, Chiquimula	10	25	69.40	1.290	1.0732	10.7993	3.25	11.80	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P37	Charca	Aldea La Florencia, San Jose, Chiquimula	15	25	6.37	0.900	1.4997	0.3551	0.44	-----	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P38	Quebrada	Aldea Tres Ceibas, San Jose A, Chiq.	5	25	259.00	0.860	6.1054	79.8716	19.17	30.68	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P39	Pozo Natural	Aldea Santa Rosa, San Jose A, Chiq.	1	25	163.50	0.830	10.8637	36.0633	4.01	28.65	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P40	Agua Enubada	Aldea Agua Zarca, San Jacinto, Chiq.	1	25	128.30	2.590	10.7377	28.2239	5.150	28.41	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P41	Charca	Aldea Carrizal, San Jacinto, Chiquimula	4	25	66.3	1.320	3.0541	8.0967	0.890	21.96	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P42	Agua Enubada	Aldea Agua Zarca, San Jacinto, Chiquimula	2	25	79.10	0.050	5.4183	22.6209	2.79	16.42	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P43	Quebrado Los Pérez	Aldea Dolores, San Jacinto, Chiquimula	25	25	46.10	0.800	4.6811	4.5678	1.91	7.90	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P44	Quebrada Grande	Aldea Pueblo Nuevo, San Jacinto, Chiquimula	22	25	235.00	0.610	6.815	54.6542	19.49	26.92	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P45	Charca	Aldea Pastores, San Jacinto, Chiquimula	1	25	69.70	4.960	29.3319	5.8545	1.61	6.26	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P46	Quebrada	Casero Pueblo Nuevo, San Jacinto, Chiquimula	24	25	80.20	0.840	4.8174	8.1828	7.61	8.31	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P47	Agua Enubada	Aldea Dolores, Ipala, Chiquimula	13	25	114.30	0.830	9.5132	26.7516	8.10	17.14	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P48	Charca	Aldea Chaguite, Ipala, Chiquimula	3	25	25.10	2.860	5.4849	2.4917	1.29	-----	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P49	Pozo Natural	Aldea Centeneras, Ipala, Chiquimula	33	25	182.20	2.990	3.1344	2.0455	0.17	35.63	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P50	Pozo Natural	Aldea Llano Grande, Ipala, Chiquimula	10	25	111.00	3.520	11.2623	22.1968	10.59	18.89	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P51	Pozo Natural	Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula	3	25	145.30	0.670	11.6945	14.2498	9.48	26.00	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P52	Pozo	Aldea El Obraje, Ipala, Chiquimula	0.3	25	172.00	0.540	5.1328	30.9682	11.31	28.74	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P53	Quebrada	Aldea Rodeo, Quezaltepeque, Chiquimula	44.2	25	17.70	0.270	3.6641	0.5658	0.27	3.70	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P54	Pozo Natural	Aldea Solfate, Quezaltepeque, Chiquimula	8.8	25	17.48	0.380	1.4003	1.7778	0.81	1.55	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P55	Rio	Casero Patada de Buroy, Palo Alto, Quezaltepeque	16	25	4.72	0.370	3.6094	0.2615	0.09	0.55	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P56	Rio Solfate	Aldea Solfate, Quezaltepeque, Chiquimula	96.8	25	14.67	0.370	1.2881	1.0389	0.32	2.86	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P57	Agua Enubada	Aldea Cablores, Quezaltepeque, Chiq.	14.2	25	24.30	0.210	1.0963	4.4949	1.03	1.12	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P58	Pozo Natural	Aldea Cruz de Piedra, Quezaltepeque, Chiq.	5	25	27.10	0.220	1.2712	4.9893	1.010	0.90	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P59	Pozo Natural	Aldea Cruz de Piedra, Quezaltepeque, Chiq.	1.2	25	59.20	0.240	2.9388	21.5963	2.07	0.71	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P60	Pozo Natural	Aldea Pinalito, Quezaltepeque, Chiquimula	3.2	25	49.70	0.270	7.3227	7.3990	3.85	2.23	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P61	Agua Enubada	Aldea El Rosario, Ipala, Chiquimula	2.1	25	111.60	0.340	2.8545	5.4605	0.99	29.20	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P62	Pozo	Aldea Comandada Abojo, Ipala, Chiquimula	0.5	25	98.90	0.290	2.2238	23.9710	5.34	13.25	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P63	Quebrada	Fincas El Chaguite, Ipala, Chiquimula	17.7	25	48.10	0.660	10.1388	5.4358	3.69	4.76	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P64	Agua Enubada	Aldea Jiramapa, Ipala, Chiquimula	0.7	25	144.60	0.720	11.6572	22.1354	7.10	27.96	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P65	Charca	Aldea Soyate, Ipala, Chiquimula	7.06	25	90.50	7.060	1.7294	32.3745	4.11	1.22	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P66	Charca	Aldea Cacagua, Ipala, Chiquimula	57.7	25	20.26	0.330	5.9257	2.6511	1.34	6.67	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P67	Pozo Natural	Aldea El Jute, Ipala, Chiquimula	35.3	25	15.90	0.320	6.0581	2.0823	0.73	6.82	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml

ID	Tipo de fuente	Localización	Turbidez NTU	Temperatura °C	Sólidos Disueltos Totales mg/l	Fosfatos mg/l	Potasio mg/l	Calcio mg/l	Magnesio mg/l	Sodio mg/l	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Escherichia Coli NMP/100 ml
P68	Pozo Natural	Aldea Cacagua, Ipala, Chiquimula	32.9	25	35.70	0.270	5.0851	2.0101	0.91	6.95	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P69	Agua Enubada	Aldea El Rosario, Ipala, Chiquimula	3.4	25	25.40	0.210	2.8485	1.7267	0.91	3.05	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P70	Pozo	Ipala, Chiquimula	12.5	25	106.30	1.960	17.5584	11.5807	5.61	19.84	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P71	Charca	Aldea Cerecapa, Ipala, Chiquimula	3.3	25	90.40	3.040	3.2948	8.7716	5.63	8.48	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P72	Charca	Aldea Chaparramico, Ipala, Chiquimula	35.6	25	38.20	1.740	3.3993	3.6184	4.30	3.37	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P73	Agua Enubada	Aldea Chaparramico, Ipala, Chiquimula	1.8	25	54.60	0.920	3.694	3.8510	4.31	8.14	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P74	Agua Enubada	Aldea San Isidro, Ipala, Chiquimula	6.3	25	55.50	0.650	5.433	3.9483	3.95	8.46	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P75	Quebrada	Aldea Coiraditas, Ipala, Chiquimula	9.1	25	57.00	10.300	6.4878	7.0247	3.94	6.47	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P76	Charca	Aldea Hormones, Ipala, Chiquimula	1.7	25	85.80	3.100	10.754	20.4994	7.60	21.85	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P77	Río San Francisco	Aldea San Francisco, Ipala, Chiquimula	16.6	25	114.70	0.420	9.4076	20.0591	7.65	21.75	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P78	Charca	Aldea Hormones, Ipala, Chiquimula	25.3	25	274.00	0.590	31.0604	81.5173	15.01	5.57	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P79	Quebrada	Aldea La Esperanza, Ipala, Chiquimula	10	25	66.30	0.340	3.3457	8.1395	5.22	6.77	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P80	Agua Enubada	Aldea Zaspán, San Jose A. Chiquimula	1	24.1	134.00	0.330	6.7154	32.1740	12.06	10.55	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P81	Charca	Aldea Zaspán, San Jose A. Chiquimula	3	24.1	18.88	0.300	4.2443	3.6706	1.22	-----	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P82	Charca	Aldea Tierra Colorada, San Jose A. Chiq.	20	24.3	131.30	2.820	12.6506	43.0183	8.27	0.80	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P84	Pozo Natural	Aldea Mmas Abajo, San Juan Ermita, Chiq.	6	24.7	65.10	0.220	0.7257	35.9149	4.55	1.28	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P85	Quebrada	Aldea Mmas Abajo, San Juan Ermita, Chiq.	69	24.3	34.80	0.530	2.9834	8.0610	4.41	7.85	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P86	Pozo Natural	Aldea Vegetitas, San Juan Ermita, Chiq.	0.3	24	310.00	0.220	0.7412	77.9630	41.29	3.98	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P87	Agua Enubada	Aldea La Ceiba, San Juan Ermita, Chiq.	0.4	24.4	24.00	0.220	2.1272	59.4736	15.35	5.26	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P88	Charca	Aldea San Antonio Las Lajas, San Juan Ermita, Chiq.	2	24.3	221.00	0.210	0.8678	5.9754	0.36	-----	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P89	Tanque de Captación	Aldea San Antonio Las Lajas, San Juan Ermita, Chiq.	0.6	24	355.00	1.1279	95.2557	95.2557	10.46	9.48	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P90	Pozo Natural	Aldea Charco, San Juan Ermita, Chiq.	1	24.2	259.00	0.370	2.0894	90.1485	15.68	11.44	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P91	Pozo Natural	Aldea Charco, San Juan Ermita, Chiq.	3	24.2	65.30	0.129	1.5463	10.0689	4.23	2.50	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P92	Charca	Aldea Corral de Piedra, San Juan Ermita, Chiq.	83	24.3	76.70	1.640	3.7286	34.2944	5.82	70.08	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P93	Pozo	Ceserío Los Pérez, Tzabán, San Jacinto, Chiq.	24	24.3	26.50	0.270	5.1709	11.9246	1.16	6.19	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P94	Pozo	Aldea El Jute, San Jacinto, Chiquimula	6	24.4	319.00	0.270	6.3025	42.4740	52.83	30.64	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P95	Pozo Natural	Aldea Pueblo Nuevo, San Jacinto, Chiq.	1	24.3	161.20	0.460	6.2418	39.9126	15.89	15.05	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P96	Pozo Natural	Aldea Hivera Buena, Quezaltepeque, Chiq.	42	24.4	116.20	2.280	2.038	33.2189	6.25	21.13	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P97	Pozo Natural	Aldea El Tablon, Quezaltepeque, Chiq.	67	24.5	45.40	1.110	5.0121	31.4223	2.12	9.40	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P98	Pozo Natural	Aldea La Laguna, San Jacinto, Chiquimula	39	24.3	46.40	0.300	4.0114	35.8320	1.21	8.55	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P99	Agua Enubada	San Diego, Zacapa	2.9	24.1	242.00	0.260	3.7612	21.0314	25.46	17.13	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
P100	Pozo Natural	San Diego, Zacapa	1	23.9	367.00	0.100	11.2345	57.9314	32.24	15.23	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml	Mayor o igual a 2400.0 NMP/100 ml
		Límite Máximo Aceptable	5	15 a 25	-----	0.5	-----	75	50	-----			
		Límite Máximo Permisible	15	34	500	1	-----	150	100	200			