

**Subsecretaría de Educación Superior
Dirección General de Educación Superior Tecnológica
Instituto Tecnológico de la Zona Maya**

**“CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN DE POTASIO
CON EQUIPO ELECTRÓNICO”.**

**Informe Técnico de Residencia Profesional que presenta la C.
Daisy María Pino Can.**

**N° de Control
10870162**

Carrera: Ingeniería en Agronomía

Asesor Interno: M. en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal

Juan Sarabia, Quintana Roo

Diciembre 2014



ITZM

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional de la estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA: **Daisy María Pino Can**, aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por; el asesor interno M. en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal, el asesor externo Ing. Nahúm Santos Chacón, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado "CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN DE POTASIO CON EQUIPO ELECTRÓNICO" que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

ATENTAMENTE

Asesor Interno


M. en C. Víctor Eduardo Casanova Villarreal

Asesor Externo


Ing. Nahúm Santos Chacón.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	4
II. JUSTIFICACIÓN.....	9
III. OBJETIVOS	11
3. 1. OBJETIVO GENERAL	
3.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS	
IV. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DONDE PARTICIPO	12
4.1 MACRO LOCALIZACIÓN.	
4.2 MICRO LOCALIZACIÓN.	
V. PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACIÓN..	15
VI. ALCANCES Y LIMITACIONES.....	16
VII. FUNDAMENTO TEÓRICO.	17
7.1 CALIDAD DEL AGUA.	
7.2 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.	
7.3 IMPORTANCIA DEL POTASIO EN EL AGUA DE RIEGO.	
7.4 METODOS DE DETERMINACION DE POTASIO.	
VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.	24
8.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	
8.2 TOMA DE MUESTRAS.	
8.3 ACTIVIDADES EN LABORATORIO.	
IX. RESULTADOS (PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS)	31
X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
10.1 CONCLUSIONES	
10.2 RECOMENDACIONES	
XI. FUENTES DE INFORMACION	35
XII. ANEXOS	37

CORRELACIÓN Y CALIBRACIÓN DE POTASIO CON EQUIPO ELECTRÓNICO.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es indispensable para la vida, para la calidad de vida y para el desarrollo de las personas y comunidades, lo que la convierte en un recurso que repercute directamente en la vida social.

Las condiciones naturales y socioeconómicas de nuestro país hacen que sea difícil la tarea de compensar el desequilibrio entre la disponibilidad y demanda de agua, que varía ampliamente desde una abundancia en el sureste y con poco desarrollo económico, poblacional e industrial, hasta la gran escasez que existe en el centro y norte del país. (Instituto Nacional de Ecología (INE), 2000).

Así mismo esta situación ha generado problemas tales como la sobreexplotación de mantos acuíferos, la salinidad provocada por el uso irracional del agua de riego de mala calidad, la distribución del agua, la necesidad de cultivar más tierras en la ladera durante el temporal; todo ello ha provocado erosión de suelos así como azolvamiento de cauces y cuerpos de agua (INE, 2000)

La calidad del agua para riego afecta tanto a los rendimientos de los cultivos como a las condiciones físicas del suelo, cada cultivo requiere distinta calidad de agua, por esto es importante realizar un análisis del agua de riego antes de decidir que cultivo se va a producir.

Si consideramos que la calidad del agua para riego incide en la calidad de los cultivos y afecta las condiciones físicas del suelo, es importante estudiar la interrelación que se establece entre el agua de riego y el suelo de los cultivos.

El agua es el componente más abundante de las plantas vivas. Sus funciones más importantes en la planta son: proporcionar el medio de translocación de los elementos nutritivos y dar la necesaria turgencia y rigidez a los tejidos y órganos.(Maroto, 2008)

Todas las sustancias que penetran en las células vegetales deben estar disueltas, ya que en las soluciones se efectúa el intercambio de sustancias nutritivas entre células, órganos y tejidos.(Hernández, 1989).

El agua es un disolvente que mueve minerales del suelo a través de la planta.

Los minerales son importantes para las plantas debido a que permiten que los procesos químicos ocurran dentro de ellas.

La concentración de minerales en una planta saludable es mayor que la del suelo que la rodea. Esto crea presión dentro de las raíces, lo cual mueve el agua hacia arriba desde las raíces hacia el resto de las plantas. Cuando los

niveles de minerales se vuelven deficientes en la planta, esta no puede absorber tanta agua. Por lo tanto, la planta se verá como si estuviera experimentando una sequía.

La restricción del desarrollo radicular, a solo una parte del suelo explorable por las raíces, obliga localizar los nutrientes en ese volumen de suelo ocupado por las raíces para facilitar su absorción. Por tanto, los nutrientes se incorporan, normalmente, disueltos en el agua de riego (fertirriego). (Gliessman, 1998).

Uno de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos y que más influye en la eficiencia del uso del agua es el potasio. La predominancia del potasio sobre otros cationes dentro de la planta hace que la función de este elemento en el mantenimiento y regulación de los niveles de agua sea muy importante. Las plantas con deficiencia de potasio son más susceptibles a los daños por sequía, principalmente debido a que no son capaces de utilizar toda el agua disponible en el suelo.

El potasio es el elemento que “regula” la transpiración de las plantas al regular la apertura y cierre de los estomas. El mal funcionamiento de los estomas debido a una deficiencia de potasio se ha relacionado con bajos niveles de fotosíntesis y también baja eficiencia del uso del agua por la planta. Al final, esto se ve reflejado en una disminución en las tasas de crecimiento y rendimiento de la planta.

La adecuada fertilidad del suelo y un buen manejo de los fertilizantes, incluido el potasio, ayuda mucho a los cultivos a mantener un alto nivel de eficiencia en el uso del agua. (Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas, (IPNI) 1986)

En nuestro medio los productores no poseen la cultura de tomar en cuenta la calidad del agua que utilizan para sus cultivos, debido a que no cuentan con la información ni los laboratorios donde puedan acceder a los servicios de análisis de aguas y de suelos o más aun estos son tardados y costosos, sin embargo actualmente existen métodos que aun cuando no son tan precisos como los laboratorios, si son más accesibles y al alcance de los mismos productores.

Entre los métodos de laboratorio para la calibración de potasio podemos mencionar el Método por Fotometría de flama. El fotómetro de llama se usa ampliamente para el análisis cuantitativo del sodio, potasio y litio. Estos elementos son muy difíciles de determinar, especialmente en mezclas, por métodos químicos. En fotometría de llama dan líneas de emisión intensas. Son fácilmente determinables concentraciones más bajas de 1 ppm. (Connors, 1981).

Entre los métodos electrónicos para detección de potasio podemos mencionar el medidor HORIBA LAQUAtwin B-731, el cual cuenta con un amplio rango de medición (de 39 a 3900 ppm) que le permite medir altas concentraciones sin necesidad de una dilución, es decir no requiere de reactivos, con una

pequeñísima muestra de 0.3 ml nos permite realizar el análisis y enseguida obtener los resultados. Consultado en: <http://www.horiba.com/es/application/material-property> Septiembre 2014.

Por ello el objetivo del presente trabajo fue estudiar los niveles de nutrientes, entre ellos el potasio, que contienen las aguas de pozo que utilizan los productores en el riego de sus hortalizas, en los invernaderos de los municipios del estado de Quintana Roo.

II. JUSTIFICACIÓN

El análisis de las plantas es actualmente una herramienta para diagnosticar el estado nutrimental de los cultivos, actualmente los avances tecnológicos en todos los ámbitos, incluyendo la agricultura, ha permitido contar con nuevos métodos para su estudio. Uno de los principales factores para el buen desarrollo de los cultivos es el agua utilizada en el riego, lo que le confiere una vital importancia. Es necesario tomar en cuenta que tan importantes son las características químicas del agua, como las físico-químicas del suelo y el comportamiento de los cultivos, ante esas condiciones. (Valverde, 2007).

En el estado de Quintana Roo contamos con diversos municipios donde la principal actividad es la agricultura, la cual se trabaja a través de invernaderos sociales. Actualmente los productores no cuentan con instituciones que puedan brindarles apoyo técnico necesario como es el caso de análisis de suelos, de aguas, que les permita un manejo adecuado de sus cultivos en busca de mejores producciones.

Decir que el agua de riego debe tener una buena calidad implica que el productor debe identificar las fuentes de agua utilizada en su explotación

agrícola y evaluar su calidad microbiológica y química así como si es idónea para su uso previsto y en caso de ser necesario poder aplicar medidas correctivas para prevenir o reducir al mínimo la contaminación. También deberá analizar el agua que utiliza para detectar contaminantes microbianos y químicos, prestando atención en algunas situaciones como en caso de lluvias intensas o inundaciones, el agua que utiliza para la aplicación de fertilizantes o agroquímicos, que pudiera afectar la inocuidad de los frutos.

Este proyecto pretende brindar a los productores la información necesaria sobre la calidad del agua que utilizan para riego, que les permita conocer la importancia de hacer uso de los análisis de aguas y suelos para que puedan establecer una adecuada programación de los nutrientes que requieren sus cultivos y obtengan buenas producciones.

III. OBJETIVOS

3. 1. OBJETIVO GENERAL

Obtener el modelo de correlación de los contenidos de potasio (K) obtenidos con equipo electrónico en comparación con los contenidos obtenidos en análisis de laboratorio.

3.1.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Desarrollar el método de análisis de potasio (K^{*}) en agua utilizando el Fotómetro de flama (Flamómetro).

Desarrollar el método electrónico para análisis de potasio (K^{*}) en agua utilizando el medidor de potasio LAQUAtwin.B-731

IV. CARACTERIZACIÓN DEL AREA DONDE PARTICIPO

4.1 MACRO LOCALIZACIÓN.

LUGAR DE MUESTREO

El área donde se realizaron los muestreos para este proyecto se ubicó en comunidades donde los productores utilizan agua de pozo para el riego de sus cultivos. Comunidades que pertenecen a los municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, Felipe Carrillo Puerto, José María Morelos, Tulum y Lázaro Cárdenas, del estado de Quintana Roo.

El clima que prevalece en esta zona es cálido subhúmedo con lluvias en verano en un 98.8% de la superficie estatal y cálido subhúmedo con lluvias abundantes en verano en 1.2% de la superficie estatal. Según la estación meteorológica de Chetumal la temperatura media anual es de 26.6 °C con una precipitación de 1312.4 mm al año (INEGI 2012).



FIG. 1 Municipios del Estado de Quintana Roo donde se realizó el muestreo de aguas.

4.2 MICRO LOCALIZACIÓN.

El proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya que se encuentra ubicado en el ejido Juan Sarabia, en el kilómetro 21.5 de la carretera federal 181 de Chetumal-Escárcega, en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo, en las coordenadas geográficas 18°-30-58.00 latitud norte y 88°-29-19.00 longitud oeste. El clima oscila entre el cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y el cálido subhúmedo con lluvias en verano.

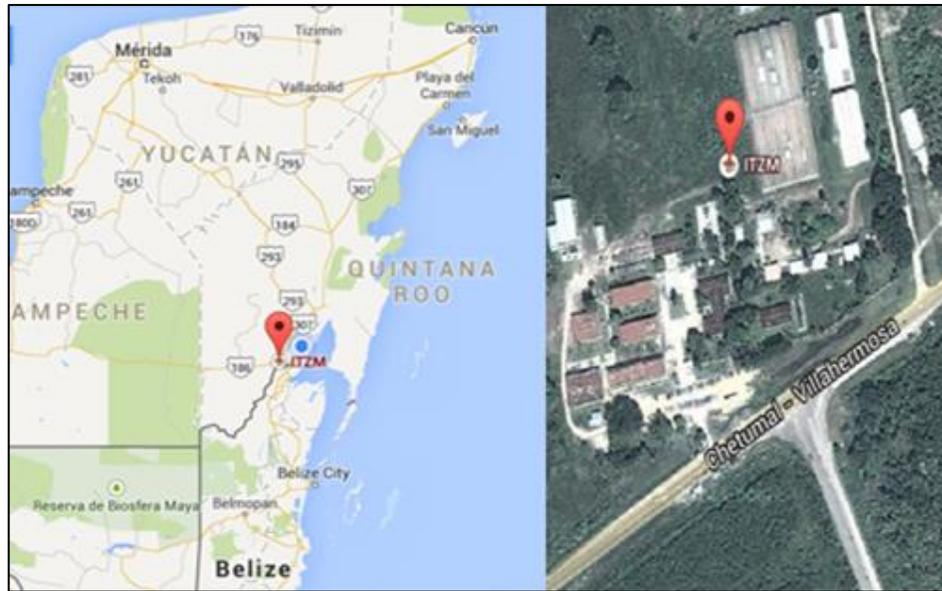


FIG. 2 Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Planta, en el Instituto Tecnológico de la Zona Maya.

V. PROBLEMAS A RESOLVER CON SU RESPECTIVA PRIORIZACIÓN.

El presente proyecto pretende contribuir a evitar el desconocimiento de la calidad del agua de riego que trae como consecuencia el mal uso de fertilizantes, ya sea por exceso o por deficiencia. Lo que impide al productor elaborar una buena programación de fertilización nutricional de sus cultivos, sean estos a cielo abierto o en invernadero.

El conocer la calidad del agua que utiliza en sus riegos permitirá al productor aplicar adecuadamente el fertirriego para uso consuntivo de sus plantas.

A la vez le permitirá hacer un uso eficiente del agua aplicada en sus cultivos, lo que le redituará en menos costos de producción.

VI. ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto se realizó en diversos municipios del estado para brindar los beneficios obtenidos al mayor número de productores.

Sus limitaciones son el desconocimiento por parte de los productores de métodos de análisis para conocer en qué grado son idóneas sus aguas de riego para ser utilizadas en sus cultivos.

La falta de laboratorios apropiados para realizar los análisis así como los altos costos económicos que les representan y que no se encuentran a su alcance, lo que a la vez repercuten en sus costos de producción.

VII. FUNDAMENTO TEÓRICO.

7.1 CALIDAD DEL AGUA.

Palacios y Aceves en 1970 señalan que 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 riego por goteo/micro aspersión o aspersión es relevante considerar las características físicas y biológicas; así como la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades del suelo, las condiciones de manejo de suelo y agua y las condiciones climatológicas. (Rodriguez *et.,al* 2009).

La calidad del agua se define de acuerdo a tres principios: salinidad, sodicidad y toxicidad. (Motato, et al., 2009). El de salinidad evalúa el riesgo de que tenga altas concentraciones de sales como carbonatos y de bicarbonatos; el de sodicidad se refiere a contenidos elevados de sodio que puedan producir un alto porcentaje de sodio intercambiable en el suelo, y el de toxicidad por problemas que cause valores altos de iones como cloruros, sulfatos, hierro o boro. (Motato, et al., 2009). (Pincay 2013)

7.2 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

Son muchas las regiones del mundo en donde solo se dispone de agua salobre, por lo que es conveniente utilizarla en forma racional y técnica, a fin de obtener el máximo provecho de la misma. La cantidad de sales presentes en el agua, es proporcional a la cantidad de agua empleada para lavar el suelo y balancear su concentración. Al utilizar para riego aguas salobres se afecta tanto al cultivo como al suelo mismo, en su condición física. Los motivos por los que el agua puede salinizarse, se pueden enmarcar en dos causas fundamentales relacionadas con su procedencia:

- cuando los drenajes naturales recogen aguas cargadas de sales alcalinas procedentes de suelos o rocas con tales condiciones, y
- cuando canales derivados en partes bajas, se alimentan de aguas procedentes de infiltración y desagüe de tierras altas regadas, constituyendo esta la mayor fuente de peligrosidad para la salinización del agua de riego. (Leiton, 1985)

El contenido de sales se puede evaluar midiendo la conductividad eléctrica, ya que se ha demostrado que la cantidad de sales disueltas e ionizadas en el agua es proporcional a la cantidad de corriente que pasa a través de ella, y por tanto, a la conductividad. Un valor de 1500- 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ indica ya riesgo de salinización del suelo.

Al aumentar la concentración de sales que tiene el agua se produce un aumento de su presión osmótica, con lo que el agua de riego será menos efectiva en su misión fundamental de cubrir las necesidades hídricas de las plantas, disminuyendo el rendimiento del cultivo. (Rodríguez, 2000)Riesgo de sodicidad.- EL riesgo de producir sodicidad en el suelo está relacionado con la acumulación de sodio intercambiable en el mismo, lo cual produce un deterioro en la estructura y la permeabilidad. El riesgo de un agua de producir sodicidad en el suelo ha sido expresado a través de diferentes índices. Kovda (1973) resumió las alternativas propuestas por diferentes especialistas. El índice más usado es la relación de sodio intercambiable (SAR), propuesto por Richards (1954) que a pesar de ser empírico es ampliamente utilizado por su relación con el porcentaje de sodio intercambiable (Báez, 2000). Ayers y Westcot (1985) proponen una forma de determinar la calidad de las aguas de riego respecto a los problemas de infiltración que puedan causar, para ello se valen de dos parámetros, el SAR y la conductividad eléctrica y en función de los valores de ambos determina el grado de restricción del agua de riego. Estos valores fueron adaptados por Rhoades (1977) y Oster y Schroer (1979).(López-Geta, 2005)Toxicidad a determinados iones.

Los problemas de toxicidad se diferencian de los de salinidad en que los tóxicos deben acceder al sistema metabólico de la planta e interferir con su funcionamiento, mientras que la salinidad elevada afecta al transporte de agua desde su exterior. Se producen cuando un ion absorbido se acumula en las

hojas u otros órganos hasta un nivel que daña la planta. El grado de afección depende del tiempo, la concentración, la sensibilidad del cultivo y el consumo de agua. Los iones de las aguas de riego que pueden causar daño en forma individual o combinada son el cloro, el sodio y el boro (Mass, 1984). La toxicidad por cloruro es la más común en las aguas de riego, al ser un ion conservativo llega con gran facilidad a las hojas. (López-Geta, 2005)

7.3 IMPORTANCIA DEL POTASIO EN EL AGUA DE RIEGO.

Dentro de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, el elemento que más influye en la eficiencia del uso del agua es el potasio.

También juega un papel muy importante en la eficiencia del uso del agua dentro de la planta. La predominancia del potasio sobre otros cationes dentro de la planta hace que la función de este elemento en el mantenimiento y regulación de los niveles de agua sea muy importante. El potasio provee mucha de la “fuerza” necesaria para que el agua entre a la raíz desde el suelo.

El potasio es el elemento que “regula” la transpiración de las plantas al regular la apertura y cierre de los estomas. El mal funcionamiento de los estomas debido a una deficiencia de potasio se ha relacionado con bajos niveles de fotosíntesis y también baja eficiencia del uso del agua por la planta. (Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas (IPNI) 1996) Mengel y Kirkby (1987) mencionan que una principal característica del potasio, es la alta velocidad con que es absorbido por los tejidos de las plantas. Esta rápida absorción es

dependiente de la alta permeabilidad relativa de las membranas al potasio la que probablemente resulta de los ionóforos localizados en la membrana, lo que facilita la difusión. La alta permeabilidad de la membrana a potasio es una característica única que es probablemente importante por varios procesos influenciados por el potasio, crecimiento meristemático, estado del agua, fotosíntesis y el transporte a grandes distancias.

Ray (1983) reporta que en las células de las plantas superiores existen dos mecanismos de transporte para la absorción de ciertos iones como K^+ ; un mecanismo de alta afinidad que absorbe los iones en forma rigurosa aun a concentraciones externas bajas y que es muy específico para potasio y el otro relativamente no específico de “baja afinidad”, que opera en grado significativo solo a concentraciones mucho más altas de iones y que transporta ya sea Na^+ o K^+ La concentración de potasio en los tejidos de las plantas está en intervalos de 1% a 5 %, pero este puede llegar a ser un poco más alto (Tisdale *et al.*, 1985, citado por Valverde, 1991).

Como activador enzimático actúa en más de sesenta sistemas que participan en los procesos fisiológicos de las plantas.

Como regulador osmótico, promueve la turgencia celular porque su forma iónica tiende a hidratarse fuertemente. Este mecanismo es su principal función y ayuda a mantener la turgencia celular, a mantener el equilibrio hídrico de las plantas y reducir la tendencia a marchitarse. Regula la respiración, la

transpiración y el anabolismo. Por su función osmorreguladora controla la apertura de los estomas y la absorción de dióxido de carbono en las plantas.

Al participar en la translocación de azúcares facilita el transporte de productos fotosintéticos, principalmente azúcares, hacia sitios de almacenamiento o de crecimiento.

Al participar en la síntesis de proteínas y en la absorción de nitrógeno, promueve la síntesis de proteínas, aunque no forma parte de ellas. Además una adecuada concentración de potasio dentro de las plantas, estimula la absorción de nitrógeno.

Al participar en la síntesis de almidón, forma parte de una enzima que regula la transformación de glucosa en almidón. También tiene efecto contrario: para que ocurra la apertura de estomas, regula la transformación de almidón en azúcares reductores, como la glucosa fosfatada, compuesto osmóticamente activo, que ejerce un fuerte potencial osmótico para atraer las moléculas de agua desde células protoplasmáticas vecinas, hacia las células guarda de los estomas. La síntesis de almidón o su transformación en glucosa depende del pH dentro de las células guarda u oclusivas, de las estructuras estomáticas, y de su respuesta a la intensidad lumínica. (Kass, 1998).

La adecuada fertilidad del suelo y un buen manejo de los fertilizantes, incluido el potasio, ayuda mucho a los cultivos a mantener un alto nivel de eficiencia en el uso del agua. (IPNI, 1996)

7.4 METODOS DE DETERMINACION DE POTASIO.

Entre los métodos de laboratorio para la calibración de potasio podemos mencionar el Método por Fotometría de flama. Principios.- En el análisis de potasio por fotometría de flama, la muestra es atomizada. Los átomos de potasio son excitados en la flama a un nivel de energía mayor, al regresar a su estado fundamental emiten energía en forma de luz de una longitud de onda de 768 nm que es específica para el análisis de este elemento. (Damian, 2000)

VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

8.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Para llevar a cabo el presente proyecto se realizó la identificación de los puntos de muestreo para lo cual se utilizó un mapa donde se ubicaron las principales zonas de producción que cuentan con invernaderos sociales en los municipios del estado de Quintana Roo, utilizando información de Google y otros datos estadísticos. Para la toma de muestras se seleccionaron los municipios de Othón P. Blanco, Bacalar, Felipe Carrillo Puerto y José María M

8.2 TOMA DE MUESTRAS.

Para la toma de muestras se hizo revisión de literatura de la norma oficial de análisis de aguas y norma oficial para muestreo que nos indica: El recipiente debe ser de plástico de 1L de capacidad. Enjuagar varias veces el recipiente con el agua a muestrear. Si el agua es de pozo, la muestra debe tomarse después de algunas horas de su puesta en marcha. Si el agua procede de ríos o arroyos la muestra debe tomarse en zonas donde el agua esté en movimiento evitando zonas estancadas. Tomar la muestra entre 5-15 cm por debajo de la superficie. Conservar la muestra en nevera a 4°C y protegida de

la luz solar. Etiquetado del recipiente: Indicar nombre y sitio de muestreo. Fecha de la toma de muestra.

Algunas de las muestras fueron tomadas en las localidades de Dziuché, La Presumida, Dos Aguadas y Adolfo López Mateos, todas pertenecientes al Municipio de José Ma. Morelos, Quintana Roo. En los invernaderos ubicados en cada una de estas comunidades se recolectaron muestras de agua para riego de los cultivos, muestras de suelos (sustratos), así como muestras foliares, para sus respectivos análisis. Esto se hizo utilizando recipientes de plástico, de 1 litro, debidamente tapados, a los cuales se rotularon los datos de fecha y hora de la toma, lugar, nombre del invernadero y nombre del productor responsable. Las muestras se colocaron en neveras con hielo para su traslado para conservación de sus propiedades, al llegar al laboratorio se conservaron igual en refrigeración hasta el momento de su análisis.



FIG. 3. Toma y etiquetado de muestras.

8.3 ACTIVIDADES EN LABORATORIO.

Para realizar los análisis se utilizó el método de laboratorio Fotometría de llama para determinación de potasio en aguas. El fundamento de esta técnica se basa en las interacciones de las radiaciones electromagnéticas sobre la materia.

El Principio de la fotometría de llama es la transformación reversible entre un estado electrónico de base y un estado electrónico excitado, originando una señal óptica que es la que se mide.

La Fotometría de llama se divide en dos amplias categorías: Fotometría de llama de emisión y Fotometría de llama de absorción atómica. En ambos casos la llama sirve para convertir el elemento que se quiere medir en un vapor a través de un sistema de quemadores. La energía se disipa en diferentes

longitudes de onda del espectro característica para cada elemento. Un sistema óptico colecta la parte más estable de la llama y la enfoca en un detector fotosensible, el cual transforma la energía luminosa que recibe en forma de fotones en energía eléctrica. La señal electrónica resultante es mostrada directamente en la aguja de un galvanómetro sensible o un dispositivo digital.

Simultáneamente se trabajó con el medidor electrónico de potasio: HORIBA LAQUAtwin B – 731. Este equipo incorpora un electrodo de ión plano, diseñado para la medición de microvolúmenes. El electrodo reemplazable hace uso del mismo principio de medición que el electrodo selectivo de iones de potasio tradicional (ISE); sin embargo, el B-731 no usa reactivos y tan solo requiere unas gotas (0,3 ml) para ofrecer un análisis rápido y preciso. El amplio rango de medición, de 39 a 3900 ppm, le permite medir concentraciones altas sin necesidad de llevar a cabo una dilución y tarda sólo unos segundos para dar un resultado.

CONSTRUCCIÓN DE UNA CURVA DE CALIBRACIÓN.

Preparar estándares que cubran el intervalo adecuado de concentración y medir la respuesta del procedimiento analítico. Se preparó la solución estándar de potasio (K) a 1000 ppm: En un matraz volumétrico se agregan con pipeta graduada cinco ml de cloruro de potasio (KCl) el cual se afora con 500 ml de agua destilada.



FIG. 4 Preparación de solución estándar.

Se utilizaron seis matraces aforados con tapones esmerilados para construir la curva de calibración agregando a cada uno 0, 5, 10, 15, 20 y 25 ml de solución estándar de cloruro de potasio (KCl), con concentraciones de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 ppm de potasio y se aforaron con 25, 20, 15, 10, 5 y 0 ml de agua destilada, agitando las disoluciones.



FIG. 5 y 6: Construcción de la curva de calibración

Para la lectura de las muestras de agua se prepararon tres repeticiones por cada muestra, en matraces volumétricos de 50 ml, con 2 ml extracto de cada muestra y se aforaron con 48 ml de agua destilada.

Se realizó la curva de calibración del Flamómetro (Fotómetro de llama), con la lectura de las seis soluciones patrón de potasio.

Ya calibrado el flamómetro se continúa con la lectura de las tres repeticiones de cada muestra, después se obtiene el promedio de la lectura de las tres repeticiones lo que nos arroja el contenido de potasio de cada muestra de agua.



FIG. 7: Lectura de muestras

Para la lectura de contenido de potasio con equipo electrónico se realizó la calibración añadiendo unas gotas de solución estándar de potasio de 2000 ppm

en el sensor, se cierra la tapa, esperando unos segundos en que nos indica que la calibración se ha completado cuando marca 2000 ppm.

Se procede a la lectura de las tres repeticiones de cada muestra, agregando solo unas gotas de la muestra en el sensor, con los tres resultados obtenidos se obtuvo el promedio del contenido de potasio de cada muestra de agua.

Lo que nos permite tener una comparación de los resultados obtenidos con ambos métodos de calibración.



FIG. 8: Lectura de muestras con equipo electrónico.

IX. RESULTADOS (PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS)

CUADRO 1: CONTENIDOS DE POTASIO: FLAMÓMETRO Y TWIN

N. CONTROL	PROCEDENCIA	K Flamómetro		K Twin	
		ppm	meq/l	ppm	meq/l
1	Laguna de Bacalar	3	1.91815857	4	2.55754476
2	Hidroponia ITZM	1.66	1.06138107	2.33	1.48976982
3	Riego plántulas	1.87	1.19565217	2	1.27877238
4	Pedro A. Santos	5.29	3.38235294	9.66	6.17647059
5	Laguna Milagros	4.15	2.65345269	8	5.11508951
6	Laguna Miguel Hidalgo.	2.18	1.39386189	4	2.55754476
7	Invernadero Dziuche	4.73	3.02429668	4	2.55754476
8	Invernadero La Presumida	4.7	3.00511509	4	2.55754476
9	Caan-lumil	13.13	8.39514066	11	7.03324808
10	Chetumal (Col. Nueva Creación)	7.46	4.76982097	6	3.83631714
11	Rio Juan Sarabia	1.93	1.23401535	2	1.27877238
12	Km. 10 Carret. Chet.-Esc.	13.6	8.69565217	12	7.67263427
13	Sr. Ricardo Arana (Chetumal)	10.33	6.60485934	10.6	6.77749361
14	Chetumal (Panteón C. del R.)	10.7	6.84143223	13.33	8.5230179
15	El Chorro (Juan Sarabia) Pedro Joaquín (Ingenio A.	2.7	1.72634271	3	1.91815857
16	Obregón)	1.36	0.86956522	1	0.63938619
17	José N. Rovirosa	1.3	0.83120205	1	0.63938619
18	Santa Cruz (Botes)	3.9	2.49360614	4	2.55754476
19	Botes (Río Hondo)	1.36	0.86956522	1	0.63938619
20	Cocoyol	2.13	1.36189258	2	1.27877238
21	Km.39 (Cacao)	1.23	0.78644501	1	0.63938619
22	Tixcocal Guardia	4.13	2.64066496	4.66	2.97953964
23	Hodzotnot (Tulum)	3.9	2.49360614	5	3.19693095
24	X-Hazil Sur	6.33	4.04731458	7	4.47570332
25	Chunhuas (F. C. P.)	3.66	2.34015345	3.33	2.12915601
26	Cristóbal Colon.(L. C.)	1	0.63938619	1	0.63938619

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se obtuvo una correlación de los métodos Twin y Flamómetro a través del método estadístico SIGMA Plot:

El cual arroja una r^2 de 0.844813 de confiabilidad.

Interpretación del análisis estadístico: esta r^2 nos indica que el equipo electrónico Twin tiene un 84% de confianza comparado con el método de laboratorio con Flamómetro, aun cuando este nos arroja resultados mucho más precisos.

Se realizaron tres análisis sin embargo se tomó solo uno ya que es el que presenta más alta probabilidad: $r^2 = 0.844813$

Resultados obtenidos con la correlación a través del Método estadístico SIGMA Plot:

X= twin y= flamómetro

$$y = y_0 + ax$$

$$r^2 = .844813$$

$$y_0 = 1.19 \times 10^{-1}$$

$$a = 9.032 \times 10^{-1}$$

$$y = 1.19 \times 10^{-1} + 9.032 \times 10^{-1} (4.00)$$

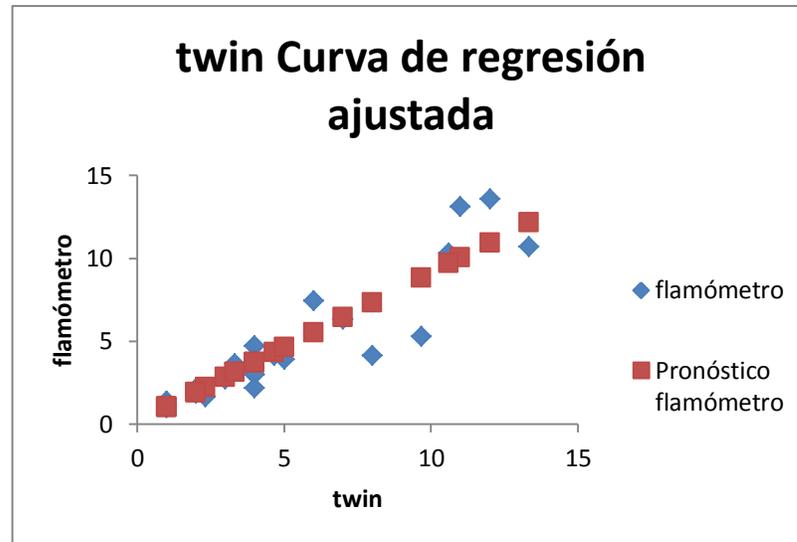


FIG. 9: Curva de calibración ajustada.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 CONCLUSIONES.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que el uso del equipo electrónico para análisis de agua, nos va a reducir en gran medida el tiempo de elaboración de los análisis en comparación con los obtenidos en laboratorio y nos permitirá obtener los resultados al momento y en el mismo lugar de aplicación como puede ser en el campo mismo.

10.2 RECOMENDACIONES

- Es importante informar a los productores los resultados obtenidos en este estudio y recomendarles utilizar el recurso de los análisis químicos del agua, lo que les permitirá obtener un diagnóstico potencial de fertilidad de sus parcelas y así planificar de forma adecuada la nutrición de sus cultivos.
- De igual manera difundir los resultados obtenidos en esta investigación a los demás integrantes de la cadena productiva.
- Difundir entre los productores los daños que pueden ocasionar el uso de aguas en sus cultivos con niveles inadecuados de nutrientes.

XI. FUENTES DE INFORMACION

Connors K. A. (1981) Curso de análisis farmacéutico. Editorial Reverté, S. A. Impreso en España.

Damian V. A. FIGUEROA T, C., Painemal R.R. (2000) Fotometría de llama. Consultado en; http://www.med.ufro.cl/Recursos/Bioquimica-offline/Apuntes/Fotometria_Llama.pdf. Noviembre 2014.

Gliessman S. R. (1998). Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Costa Rica 2002 Impresión: LITOCAT, Turrialba, Costa Rica.

Hernández G. R. (1989). Nutrición mineral de las plantas. Facultad de Ciencias Forestales de la Univ. De Los Andes, Mérida, Venezuela, consultado en <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/micronutrientes>. Diciembre 2014.

Instituto Internacional de Nutrición de las Plantas.(1996) Informaciones Agronómicas: Las aplicaciones de potasio pueden ahorrar mucha agua. Vol. 1 No. 5. México. Consultado en: [http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/C4873584502908EB06256B800067B723/\\$file/LAS+APLICACIONES+DE+POTASIO+PUEDEN+AHORRAR+MUCHA+AGUA.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/C4873584502908EB06256B800067B723/$file/LAS+APLICACIONES+DE+POTASIO+PUEDEN+AHORRAR+MUCHA+AGUA.pdf) Septiembre 2014.

Instituto Nacional de Ecología (INE), 2000. Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental. Reporte 2000. SEMARNAT, INE.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2012 Perspectiva estadística. Quintana Roo. Diciembre 2012. Consultado: 10/11/14 en http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/qroo/Pers-qr.pdf

Kass D. C. L. (1998). Fertilidad de suelos. 1ª. Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica.

Leiton S. J. S. (1985) Riego y drenaje.. 1ª. Edición, Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica,

López-Geta, J. A.. Rubio Campos, J:C., y Martin-Machuca, M. (2005). VI SIMPOSIUM DEL AGUA EN ANDALUCIA.Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, España.

- Manual de instrucciones. Medidor de potasio B-731 consultado en <http://www.horiba.com/es/application/material-property>
- Maroto B. J. C. (2008). Elementos de horticultura general. 3ª. Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Impreso en España.
- Pincay M. J. D. (2013) Tesis de grado. Ingeniería Agropecuaria: Determinación de la calidad de aguas utilizadas en el riego del cacao y su relación con la fertilidad del suelo. Univ. Estatal del Sur de Manabí, Ecuador.
- Rodríguez M. R. (2000) Aportaciones al conocimiento del estado medioambiental de hidrosistemas de interés internacional. Ediciones de la Universidad de Castilla- La Mancha. Impreso en España.
- Rodríguez-Ortiz, J. C, García-Hernández, J.L, Valdez-Cepeda, R. D, Lara-Mireles, J.L, Rodríguez-Fuentes, H, Loredo-Osti C. Calidad agronómica de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tropical and Subtropical Agroecosystems, Universidad Autónoma de Yucatán, México. Consultado en: Online 2009. Vol. 10, num, 3, septiembre – diciembre, <http://www.redalyc.org/pdf/939/93912996004.pdf>
- Valverde F. M.. (1991). Tesis: Efecto del nitrógeno y potasio en el desarrollo del amaranto. Colegio de Postgraduados. Centro de Edafología. Montecillo, México.
- Valverde J. C. (2007) Riego y drenaje. 1ª. Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

XII. ANEXOS

FOTOGRAFÍAS.



Recolección de muestras de agua de los pozos con que cuentan los invernaderos.



Obteniendo agua de pozo.



Invernaderos sociales que utilizan agua de pozo para sus riegos agrícolas.