

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION – DIGI**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS Y AMBIENTALES - IIA**



**PROYECTO: “DESARROLLO DE CAPTADORES DE AGUA DE LLUVIA PARA LA PRODUCCIÓN FAMILIAR DE HORTALIZAS EN EL CORREDOR SECO”**

**Guatemala, enero de 2014**

## **Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente**

### **Titulo**

“Desarrollo de captadores de agua de lluvia para la producción familiar de hortalizas en el corredor seco”

### **Integrantes del equipo de investigación:**

Ing. Agr. David Mauricio Tavico Leguarca / Coordinador e Investigador Principal

Ing. Agr. María Isabel Zuñiga Soria / Auxiliar de Investigación II

**Fecha:** Guatemala, 09 de enero de 2014

### **Instituciones participantes y Co-financiantes:**

- Dirección General de Investigación - DIGI
- Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales - IIA



## Índice General

|     |                                           |    |
|-----|-------------------------------------------|----|
| 1   | Introducción .....                        | 4  |
| 2   | Antecedentes .....                        | 5  |
| 3   | Justificación .....                       | 7  |
| 4   | Objetivos .....                           | 9  |
| 4.1 | Objetivo general .....                    | 9  |
| 4.2 | Objetivos específicos .....               | 9  |
| 5   | Hipótesis .....                           | 9  |
| 6   | Metodología .....                         | 10 |
| 7   | Variables respuesta que se operaron ..... | 13 |
| 8   | Presentación de resultados .....          | 14 |
| 9   | Discusión de Resultados .....             | 40 |
| 10  | Conclusiones .....                        | 50 |
| 11  | Recomendaciones .....                     | 51 |
| 12  | Bibliografía .....                        | 52 |
| 13  | Anexos .....                              | 54 |

## Índice de figuras

|           |                                                                                                                                                           |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. | Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Chigüelas, El progreso .....                                         | 54 |
| Figura 2. | Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de El Obraje, El Progreso .....                                         | 54 |
| Figura 3. | Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de San Luis Buena Vista, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso ..... | 55 |
| Figura 4. | Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Piedras Blancas, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso .....      | 55 |
| Figura 5. | Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Cruz del Valle, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso .....       | 56 |

|                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 6. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Comunidad El Tunal, Salamá, Baja Verapaz .....                                                              | 56 |
| Figura 7. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Comunidad El Tempisque, Salamá, Baja Verapaz.....                                                           | 57 |
| Figura 8. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento, Estación El Oasis, Estanzuela, Zacapa.....                                                                         | 57 |
| Figura 9. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en el CEDA, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.....                                      | 58 |
| Figura 10. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Palencia, Guatemala .....                                                                                  | 58 |
| Figura 11. Aporreo de frijol negro ICTA Ligero en San Luis Buena Vista.....                                                                                                                     | 59 |
| Figura 12. Producción de rábano en Chigüelas, Guastatoya. ....                                                                                                                                  | 59 |
| Figura 13. Rábanos cosechados en Potrero Grande, Palencia. ....                                                                                                                                 | 60 |
| Figura 14. Planta de cilantro cosechada en el CEDA, ciudad de Guatemala.....                                                                                                                    | 60 |
| Figura 15. Surco de cilantro con riego por goteo en el CEDA, ciudad de Guatemala. ....                                                                                                          | 61 |
| Figura 16. Desarrollo de raíces, tallos y hojas del cilantro cosechado en el CEDA.....                                                                                                          | 62 |
| Figura 17. Plantas de pepino en floración, Centro Experimental de Agronomía – CEDA.....                                                                                                         | 63 |
| Figura 18. Plantas de pepino con ataque de cenicilla en el CEDA. ....                                                                                                                           | 63 |
| Figura 19. Plantas de zanahoria en crecimiento vegetativo en el CEDA. ....                                                                                                                      | 64 |
| Figura 20. Desarrollo de hojas, tallos y raíces de zanahoria en el CEDA. ....                                                                                                                   | 64 |
| Figura 21. Plantas de perejil cosechadas en Potrero Grande, Palencia. ....                                                                                                                      | 65 |
| Figura 22. Mapa de ubicación de las estaciones experimentales del proyecto: “Desarrollo de captadores de agua de lluvia para la producción familiar de hortalizas en el corredor .....          | 1  |
| Figura 23. Mapa de curvas de precipitación (isoyetas) en el área del proyecto: “Desarrollo de Captadores de agua de lluvia para la producción familiar de hortalizas en el corredor seco” ..... | 2  |

## Índice de cuadros

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Encuesta del Grupo de Trabajo de Micro Irrigación del año 1991.....                                                                                                                    | 6  |
| Cuadro 2. Modelo de Turc y de Countage .....                                                                                                                                                     | 15 |
| Cuadro 3. Evapotranspiración potencial real (ETR), según modelos matemáticos de Turc y Coutange, en varias localidades del corredor seco, con datos climatológicos del INSIVUMEH y del MAGA..... | 16 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 4. Cantidades promedio de agua aproximadas, requeridas por diferentes cultivos. ....                                                    | 18 |
| Cuadro 5. Análisis físico de suelos en 8 localidades del corredor seco y 2 en Guatemala. ....                                                  | 20 |
| Cuadro 6. Análisis químico de suelos en 8 localidades del corredor seco y 2 en Guatemala.....                                                  | 22 |
| Cuadro 7. Datos de precipitación registrada en 10 pluviómetros del área de estudio.....                                                        | 24 |
| Cuadro 8. Cubicación en litros del agua colectada en los tanques plásticos. ....                                                               | 25 |
| Cuadro 9. Análisis químico de muestras de agua de lluvia en el corredor seco y Guatemala.....                                                  | 28 |
| Cuadro 10. Fechas de siembra y hortalizas sembradas en el corredor seco y Guatemala.....                                                       | 30 |
| Cuadro 11. Fechas de cosecha y rendimiento en libras* y otras de hortalizas por surco de diez metros, en el corredor seco y en Guatemala. .... | 32 |



## Resumen

El presente trabajo de investigación logró desarrollar captadores de agua de lluvia, mediante estructuras de metal con laminas de zinc; de PVC y de madera con laminas plásticas; los cuales permitieron almacenar el agua de lluvia en depósitos plásticos con capacidad para 4,100 litros de agua, tomando en cuenta las precipitaciones que se reportan en parte de la zona del corredor seco y en el departamento de Guatemala. El objeto de hacerlo en estas dos zonas, fue comprobar si con las mismas estructuras para captar el agua de lluvia, se logró captar diferentes cantidades de agua y almacenarla en los depósitos plásticos debido a las precipitaciones locales, lo cual implica el inicio de un proceso de validación de esta tecnología para diferentes localidades del territorio nacional. La capacidad de los tanques de agua fue diseñada desde su inicio para las condiciones de precipitación del corredor seco; en zonas donde la precipitación pluvial anual es mayor, como el caso del departamento de Guatemala, se dio por hecho que habría mayor captación de agua de lluvia y por ende, el tiempo de llenado de los tanques de 4,100 litros se realizó en un tiempo menor.

Por otro lado y lo más importante, fue que con este modelo de producción, se pudo brindar a los pequeños agricultores y al mismo tiempo de más bajos recursos, una opción tecnológica que les permite producir hortalizas en la época seca (cuando ha dejado de llover), que es cuando no es posible obtener agua por ningún medio, por lo que se pudo aprovechar el agua almacenada, a través de un sistema de riego por goteo que, aprovechando la altura de los depósitos de agua y la topografía del terreno (suelos con pendiente), lo que permite generar la presión suficiente para que funcionen los goteros que traen las cintas de riego, lo que implica un ahorro de equipo de bombeo y de energía.

La idea del presente trabajo no fue generar investigación básica en cuanto a riego por goteo, sino aplicar los conocimientos que ya se han generado, e innovar a través de estructuras de metal y otros materiales, para captar el agua de lluvia y almacenarla en recipientes plásticos, para luego hacer un aprovechamiento racional de este recurso



limitado, para producir hortalizas en la zona del corredor seco, cuando ha terminado la época lluviosa.

Los resultados que se obtuvieron al final del proyecto de investigación, indican que los suelos en general de las diez localidades del estudio, son aptas para la producción de hortalizas en cuanto a su fertilidad; sin embargo son limitantes en lo que respecta a su superficie, que en su mayoría tienen pendiente, son poco profundos y tienen muchas piedras, lo que sí afecta el rendimiento de estos cultivos alimenticios ya que no permitieron un buen desarrollo de las raíces, además de que su contenido de materia orgánica es bajo. En cuanto a la pendiente, se determinó que estos suelos favorecen el riego por goteo, ya que si los suelos son muy planos dificultan el paso del agua en las cintas de goteo, ya que las mismas requieren que la gravedad, por diferencias de altura, accione los goteros y por lo mismo permitan el suministro de agua a las plantas.

La textura de los suelos en general, que en su mayoría fue Franco Arenosa, si permite la producción de hortalizas ya que retienen la humedad y la dejan disponible para los cultivos y sus requerimientos de agua de lluvia pueden ser suplidos por los tanques de almacenamiento evaluados, aunque se menciona que faltó un buen acondicionamiento de los mismos, ya que las hortalizas requieren condiciones del suelo, diferentes a las de los suelos donde se cultiva maíz y frijol.

En cuanto al agua de lluvia, los análisis químicos de las muestras determinaron que su nivel de pH es ligeramente ácido, la conductividad eléctrica de todas las muestras fueron bajas lo que indica que tienen poca salinidad y en cuanto a la relación de adsorción de sodio, todas las muestras, a excepción de la localidad Cruz del Valle presentaron una baja sodicidad, lo que se resume como que el agua de lluvia colectada y almacenada, tiene buena calidad para la producción de hortalizas y otros cultivos.

Los registros de precipitación por los pluviómetros no se lograron completar por diversas razones, sin embargo se logró ubicar el agua colectada y almacenada en los

tanques de plástico, logrando determinar que si es posible llenar los mismos con las precipitaciones que se presentaron en el corredor seco durante el periodo del estudio.

La producción de hortalizas, que si bien no fue la deseada, fue posible gracias los componentes del sistema evaluado y a las condiciones ambientales propias de cada localidad, por lo que es de esperar que estos estudios continúen hasta que se logren tener los procesos metodológicos más adecuadas para la producción de hortalizas en forma sostenible y se cambie en alguna medida la manera de pensar y actuar de los beneficiarios, de tal manera que se pueda seguir utilizando y optimizando el uso del agua de lluvia en el llamado corredor seco y otras regiones de Guatemala.

## **1 Introducción**

Con el presente proyecto de investigación se logró desarrollar captadores de agua de lluvia, mediante estructuras hechas de varios materiales, que permitieron almacenar el agua en depósitos plásticos, tomando en cuenta las precipitaciones que se reportan en diferentes zonas del corredor seco. El objeto de hacerlo en estas localidades fue comprobar si con las distintas estructuras, se captan y almacenan cantidades de agua suficientes para atender un huerto familiar, con el objetivo de producir hortalizas mediante un sistema de riego por goteo, de acuerdo con las precipitaciones locales y fundamentalmente, proporcionar una alternativa de producción que ayude a garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de las familias que residen en esta zona.

Se logró desarrollar una alternativa tecnológica consistente en un captador de agua de lluvia, un tanque plástico de almacenamiento de agua y un sistema de riego por goteo, que permiten que productores de escasos recursos del área rural, puedan producir hortalizas en la época seca; ya que si bien cuentan con un pequeño terreno, en la época seca no cuentan con agua y sin la cual no es posible la producción agrícola; los resultados nos indican que si es posible ayudar a muchas familias a mejorar sus condiciones de vida, a través de un sistema integrado por tres componentes, que permiten recolectar y almacenar el agua de lluvia, luego mediante riego por goteo, permiten la elaboración de micro huertos familiares en la época seca.

El trabajo se realizó en diez localidades, ocho de las cuales están ubicadas en el área del corredor seco, una en una zona intermedia y otra en la ciudad capital, donde las condiciones de precipitación son mejores para la producción agrícola; lo anterior permitió establecer que donde hay más lluvia, se requiere de un tanque de almacenamiento de mayor capacidad. Los resultados obtenidos permitieron determinar que si es posible producir hortalizas con agua de lluvia en la época seca, pero es importante considerar entre otras cosas: la siembra con humedad residual, el tipo de suelos de la localidad, la cantidad y calidad del agua de riego, las condiciones ambientales y el ciclo biológico de las mismas hortalizas.

## 2 Antecedentes

El agua representa un recurso vital para la existencia de la naturaleza y del hombre. A través de la historia el hombre ha transformado su entorno, las adversidades surgidas en el transcurso de su desarrollo fueron relativamente solucionadas, pues no existen problemas sin sus soluciones respectivas.

Según Rodríguez S., F ( h ), entre los dos trópicos se encuentran los mayores desiertos del mundo, cubriendo una superficie del 43 % del planeta, de los cuales un 36 % son naturales y el 7 % restante, unos 9,115,000 km<sup>2</sup>, provienen del mal manejo de los recursos naturales (suelo y agua principalmente), constituyendo el fenómeno de la desertificación. El capital hidrológico de la tierra es de aproximadamente 1,500 millones de kilómetros cuadrados, de los cuales el 7 % corresponde a una disponibilidad de aguas dulces.

Según Pizarro, F. ( g ), los riegos localizados de alta frecuencia (RLAF), en sus variantes, goteo, micro aspersión, exudación, etc., han experimentado un desarrollo impresionante en los últimos años. El grupo de Trabajo de Micro irrigación de la International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), realiza cada cinco años una encuesta a nivel mundial acerca de la utilización del riego localizado. Según la encuesta de 1991, en el Cuadro 1, la superficie mundial de estos riegos era de 1, 768,987 hectáreas, lo que representa un incremento del 63 % en cinco años y del 329% en los últimos diez años. Los primeros diez países del mundo en ese año, se presentan en el referido cuadro.

En las comarcas donde se implantan los RLAF se provoca una verdadera revolución agrícola, pues no se trata solamente de unos nuevos sistemas de riego, con sus ventajas e inconvenientes respecto a los sistemas tradicionales de aspersión o gravedad, sino que llevan consigo una nueva forma de cultivar, y además, han revalorizado grandes extensiones de terrenos marginales (arenosos, gravosos, muy

accidentados, poco profundos, etc.), que en secano eran improductivos y presentaban dificultades en su transformación en riego por los sistemas convencionales.

Cuadro 1. Encuesta del Grupo de Trabajo de Micro Irrigación del año 1991.

| <b>País</b>    | <b>Hectáreas</b> | <b>% de Hectáreas ***</b> |
|----------------|------------------|---------------------------|
| Estados Unidos | 606,000          | 3.0                       |
| España         | 160,000          | 4.8                       |
| Australia      | 147,011          | 7.8                       |
| Sudáfrica      | 144,000          | 12.7                      |
| Israel         | 104,302          | 48.7                      |
| Italia         | 78,600           | 4.7                       |
| Egipto         | 68,450           | 2.6                       |
| México         | 60,600           | 1.2                       |
| Japón          | 57,098           | 1.8                       |
| India          | 55,000           | 0.1                       |

\*\*\*Nota: Hectáreas (en porcentaje) de riego localizado frente al total de riego

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para uso agrícola. El territorio nacional cuenta con alta, media y baja precipitación, donde se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para dicho uso, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento para agricultores de escasos recursos como una alternativa tecnológica.

En la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se han realizado diversos estudios para implementar sistemas de riego por goteo, pero ninguno de ellos ha considerado el uso de agua de lluvia, así mismo las propuestas de diseño no se han orientado a la producción familiar de hortalizas, ni han hecho énfasis en la seguridad alimentaria y nutricional de los agricultores dentro del llamado corredor seco de Guatemala; así mismo, en estas investigaciones se han considerado otras fuentes de agua para operativizar el sistema riego por goteo, entre los que se incluyen el uso de agua entubada, canales abiertos, pozos y otros, lo cual requiere de

determinado equipo de bombeo y algún tipo de energía o combustible, con lo cual se encarecen los costos, aunque dichos modelos de riego estén más orientados al establecimiento de producciones comerciales para diferentes cultivos, propios de cada zona y que puedan generar ingresos económicos a los agricultores.

### **3 Justificación**

Guatemala es uno de los países más pobres de América Latina y como producto de esa condición económica, se tienen los más altos índices de analfabetismo, de desnutrición materno infantil, de desempleo, de criminalidad, de y otros más, que aunados a la discriminación y a la corrupción generalizada en el país; determinan que miles de familias se sumerjan cada vez más en la pobreza y sus opciones para poder sobrevivir sean cada vez más limitadas y no se ve un panorama más alentador en el futuro próximo y menos aun en el área rural, que es la mayor parte del país.

Bajo estas condiciones, según la FAO ( c ) un 11.8 % del territorio nacional (54 municipios) se encuentran ubicados en una zona que se encuentra bajo afectación severa y que se ha denominado el corredor seco, que es una zona que también abarca al territorio Centroamericano. Dentro de esta zona, la precipitación pluvial varía entre los 500 a 1200 milímetros de lluvia al año, la cual se distribuye erráticamente entre los meses de mayo a octubre, lo cual no permite una producción agrícola y pecuaria sostenible y determina que año con año, los agricultores tengan perdidas en sus cosechas que en años severos pueden ser hasta del 85%, por lo que enfrentan dicho riesgo, limitándose a la producción de maíz y frijol, que también es la base de su dieta alimenticia y no les da oportunidad de producir otros cultivos que pueden ser mas nutritivos pero que conllevan altos costos, como es el caso de las hortalizas.

Con este proyecto se generaron alternativas de producción agrícola, que permiten que los agricultores de escasos recursos del corredor seco, puedan lograr una producción familiar de hortalizas, aprovechando el agua de lluvia que logren almacenar durante varios meses y optimizando su uso, mediante un sistema de riego por goteo; que si

bien representa un alto costo en su implementación en su inicio, puede permitir la seguridad alimentaria y nutricional de estas familias durante muchos años; ya que año tras año las ayudas del gobierno y otras entidades humanitarias no dejan de llegar de manera asistencialista, por lo que estas entidades también podrían destinar sus recursos a la investigación y a proponer soluciones para miles de familias afectadas por la sequia y por la pobreza, a lo largo y ancho del territorio nacional.

El reto que planteó el presente estudio fue determinar si es posible captar el agua de lluvia en un recipiente plástico de fabricación industrial y posteriormente utilizar el agua almacenada, a través de un sistema de riego por goteo para la producción de hortalizas en la época seca, y se adapte a lugares que presenten las siguientes características:

- a) Áreas donde las lluvias son muy limitadas y no es posible obtener una cosecha en la época lluviosa, si no se utiliza algún sistema de riego adicional para los cultivos (corredor seco).
- b) Áreas donde las lluvias son suficientes para la producción agrícola, pero no se cuenta con agua de reserva de ninguna fuente, para la producción de cultivos alimenticios en la época seca (altiplano central y occidental del país).
- c) Áreas que por su ubicación topográfica o geográfica, se encuentran en lugares muy altos y con mucha pendiente, donde resulta casi imposible retener el agua de lluvia y no se puede obtener agua en la época seca, para la producción de cultivos alimenticios (zonas montañosas).
- d) Áreas que por su ubicación geográfica, se encuentran muy lejos de alguna fuente de agua como ríos o lagunas y las lluvias son escasas para producir cultivos alimenticios en la época seca (oriente y sur oriente del país).

## **4 Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Desarrollar un captador de agua de lluvia, para aprovechar el agua de lluvia en la zona del corredor seco de Guatemala o donde la ubicación del terreno no permite obtenerla, ya que no se cuenta con ningún medio para captarla y almacenarla, lo que se limita la producción de hortalizas y otros cultivos alimenticios, principalmente en la época seca.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un modelo móvil (portátil) para captar el agua de lluvia y aprovecharla para la producción de hortalizas en la época seca, en un sistema finca familiar.
- Determinar si el modelo de captación de agua, de almacenamiento y de riego por goteo se ajusta a las precipitaciones, a la humedad del suelo, al área de siembra y a las condiciones ambientales de la localidad.
- Proporcionar a los agricultores algunas alternativas tecnológicas de producción agrícola en la época seca.

## **5 Hipótesis**

Ha: Captar el agua de lluvia y almacenarla en recipientes plásticos, constituye una alternativa tecnológica que contribuye a la producción de hortalizas en la zona del corredor seco de Guatemala.

Ho: Captar el agua de lluvia y almacenarla en recipientes plásticos, no constituye una alternativa tecnológica que contribuye a la producción de hortalizas en la zona del corredor seco de Guatemala.



## 6 Metodología

- **Fase inicial de gabinete**

La primera fase consistió en hacer el diseño de las estructuras de captación de agua de lluvia, así también el diseño hidráulico del sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia y del modelo o sistema de riego a implementar en campo, previo a su instalación definitiva. Para lograr la captación de agua de lluvia se utilizaron las siguientes formulas:

$$Ct = Ac \times Ppt \qquad Ac = Ct / Ppt \qquad \& \qquad Ppt = Ct / Ac$$

Donde:

Ct = Capacidad del tanque (expresada en litros)

Ac = Área de captación (expresada en metros cuadrados)

Ppt = Precipitación (expresada en litros / metro cuadrado)

Con estas formulas se determinó que el área de captación para almacenar 4,100 litros de agua, con una precipitación de 700 milímetros al año y para regar un huerto de 60 metros cuadrados durante al menos un mes, fue de 6 metros cuadrados.

- **Fase de campo**

Desde un inicio se procedió a contactar a instituciones del gobierno, municipalidades y otras instancias para poder identificar los lugares y grupos de personas que podrían participar en el proyecto y posteriormente se hizo un recorrido en la zona para definir el establecimiento de las estaciones experimentales.

Luego se procedió a habilitar el terreno para poder instalar el modelo de captación y recolección del agua de lluvia. Es importante indicar que el depósito de agua y el

captador de agua de lluvia se instalaron en la parte más alta del terreno, para poder tener la suficiente carga hidráulica que accionó el sistema de riego por goteo.

Posteriormente se instaló el sistema de riego por goteo, de acuerdo con la capacidad del modelo de captación y el depósito de almacenamiento; también se considero la pendiente del terreno, área de terreno disponible y la clase de hortalizas a sembrar.

Para calcular el área a regar por cada uno de los tanques, se tomaran en cuenta los siguientes factores y considerando otros trabajos realizados.

- Distanciamiento de siembra; 1.0 m entre surcos y 0.4 m entre plantas
- Longitud de los surcos que fue de diez metros cada uno
- Pendiente del terreno y altura de los tanques
- Cantidad potencial de agua de lluvia recolectada
- Calidad del agua recolectada
- Distanciamiento entre goteros que fue de 0.2 metros entre si
- Caudal de los goteros (se consideraron 0.65 litros / hora)
- Textura del suelo (arenosa, franco, limo, arcilla)
- Hortalizas a sembrar, con la modalidad de que se sembró una hortaliza por surco de 10 metros, razón por la cual se compró semillas de ocho hortalizas, las cuales fueron: rábano, zanahoria, remolacha, cilantro, perejil, tomate, pepino y güicoy; aunque no se sembraron todas en cada estación experimental, ya que se tomó en cuenta el numero de surcos que contaban con cinta de riego por goteo, lo que dependió del área disponible de los agricultores, también se tomo en cuenta la preferencia de los mismos productores.

#### **Detalle de las actividades realizadas para la implementación del proyecto:**

- a) Contacto con autoridades locales y selección de grupos de agricultores.
- b) Visita a los agricultores y reconocimiento de los terrenos
- c) Instalación de captadores, tanques y sistema de riego por goteo.

- d) Muestreo de suelos y análisis físico – químico en el laboratorio.
- e) Instalación y registro de datos de los pluviómetros.
- f) Monitoreo del funcionamiento de las estaciones experimentales.
- g) Toma de muestras de agua y análisis de laboratorio físico – químico.
- h) Cubicación del agua colectada y almacenada en los tanques
- i) Siembra y fertilización de hortalizas.
- j) Monitoreo y evaluación de la producción de hortalizas.

**Para determinar el calendario y horario de riego se consideraron los siguientes factores:**

- Precipitación local
- Área de captación de agua de lluvia
- Capacidad de almacenamiento de agua del tanque o cisterna
- Características de la cinta de riego por goteo; las cuales son:
  - distancia entre goteros de 0.2 m. entre si
  - caudal de salida de cada gotero (0.65 a 0.71 litros/hora)
  - altura del tanque de agua o pendiente del terreno
  - presión de salida del agua (no mayor a 21 libras por  $\text{cm}^2$ )
  - área del mini huerto de hortalizas (60 a 70  $\text{m}^2$ )

**Ejemplo de riego por goteo para un mini huerto de 60 metros cuadrados:**

- Se requieren seis cintas de riego por goteo de 10 metros de largo, distanciadas a un metro entre sí; es decir un área de: 6 m. x 10 m. = 60 metros cuadrados.
- Una cinta de 10 metros tiene 50 goteros; es decir  $10 \text{ m.} / 0.2 \text{ m} = 50$  goteros.
- 50 goteros por 6 cintas de goteo =  $50 \times 6 = 300$  goteros, en un área de 60  $\text{m}^2$
- El caudal de cada gotero a una diferencia de altura de 1.5 metros es de 0.65 litros/hora.
- El volumen de agua de riego es de  $300 \text{ goteros} \times 0.65 \text{ litros/hora} = 195 \text{ litros} / \text{hora}$ .

- Si el tanque lleno tiene 4,100 litros de agua, entonces  $4,100 \text{ l} / 195 \text{ l/hora} = 21.03$  riegos de una hora; es decir que se puede regar durante 21 días durante una hora.
- Si el riego fuera durante hora y media, entonces el caudal es de 0.975 litros de agua.
- Entonces  $0.975 \text{ litros} \times 300 \text{ goteros} = 292.5 \text{ litros}$  en 60 metros cuadrados.
- Tanque lleno  $4,100 \text{ litros} / 292 \text{ litros} = 14.01$  riegos de hora y media cada uno. La opción en este segundo caso es de regar hora y media a cada dos días, entonces se tiene agua disponible para 28 días, con riegos de hora y media cada uno.
- Con el cálculo anterior y dependiendo del agua colectada en cada tanque, se determinó el número de riegos para poder producir hortalizas.

## **7 Variables respuesta que se operaron**

- Muestreos de suelos y agua de lluvia colectada en cada localidad
- Monitoreo de precipitación y cálculo de evapotranspiración
- Registros de precipitación de los pluviómetros
- Cubicación del agua recolectada y almacenada en los tanques
- Evaluación de las estructuras de captación y almacenamiento del agua
- Cálculo hidráulico para la instalación del sistema de riego por goteo
- Evaluación del funcionamiento del sistema: captador-tanque-riego
- Análisis físico químico del suelo muestreado
- Análisis químico del agua colectada
- Recolección de datos de estaciones meteorológicas del INSIVUMEH próximas a la ubicación de los captadores de agua de lluvia, correspondientes a los años 1980 a 2010, para el caso de La Fragua en Zacapa y de 1990 a 2010 para las demás estaciones en el corredor seco.
- Medición de la producción de hortalizas (número, tamaño y peso)
- Cualificación de las hortalizas e identificación de plagas y enfermedades

## **8 Presentación de resultados**

### **9.1 Calculo de la evapotranspiración y balance hídrico**

Para determinar la evapotranspiración se utilizaron datos de las estaciones del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH, ubicadas en San Gerónimo, Baja Verapaz; Morazán, El Progreso; Estandzuela, Zacapa; Camotán, Chiquimula; así como también se utilizaron datos del Laboratorio del Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA, para el departamento de Guatemala (Palencia y ciudad capital).

Los datos del INSIVUMEH tienen registros de precipitación 20, 21 y 31 años consecutivos, lo que permite caracterizar el comportamiento de la lluvia en cuatro localidades ubicadas dentro del corredor seco, ya que los registros del mayor número de años que se tengan, permiten de alguna manera predecir el comportamiento de las lluvias en el área de estudio y dan cierto margen de seguridad, cuando se diseñan obras que dependen de las cantidades máximas o mínimas de lluvia, según el caso, en los denominados periodos de retorno para caudales punta o caudales mínimos, en el caso de estudio de cuencas hidrográficas y de otros fines.

Con estos datos se procedió a calcular la evapotranspiración anual dentro del corredor seco, para lo cual se utilizaron dos modelos matemáticos que son el modelo de Turc y el de Coutange; la razón de utilizar estos dos modelos se debió a que no se tienen aparatos para medir la velocidad del viento, la radiación solar y la humedad relativa, sino que únicamente se dispone de datos de precipitación y temperatura en esta zona, por lo que los resultados obtenidos se presentan a continuación; las formulas que se utilizaron para realizar estos cálculos fueron las siguientes:

**Cuadro 2. Modelo de Turc y de Countage**

| <u>Modelo de Turc:</u>                         | <u>Modelo de Coutange:</u>              |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| $ETP = P / [ 0.9 + ( P / IT ) ^ 2 ] ^ { 1/2 }$ | $ETR = P - ( X P ) ^ 2$                 |
| Donde:                                         | Donde:                                  |
| P = Precipitación media anual en mm            | P = Precipitación media anual en metros |
| $IT = 300 + 25 ( t ) + 0.05 ( t ) ^ 3$         | $X = 1 / ( 0.8 + 0.14 t )$              |
| t = temperatura media anual en °C              | t = temperatura media anual en °C       |

Con relación al Cuadro 2, se hizo el cálculo de Evapotranspiración Real (ETR), tomando en consideración los registros que el INSIVUMEH ha generado en las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona, a excepción del caso de Palencia y la ciudad de Guatemala, donde se tomaron datos generales del Sistema de Información Geográfica del MAGA.

Los resultados finales que se obtuvieron de ETR, nos indican los probables valores de evapotranspiración que se pueden dar en cada una de las zonas en particular del corredor seco y que se pueden generalizar para cualquier año, ya que los cálculos provienen de al menos veinte años de registro.

Como ejemplo teórico para el año 2013, se tiene que tener al final del año el valor de precipitación acumulada que se presentó en la época lluviosa (mayo a noviembre) y a este valor se le resta el valor calculado ya sea por el método de Turc o el de Coutange, calculado para cada localidad. El valor que se obtiene es una diferencia que puede ser negativa o positiva, si es negativa implica que se debe de regar determinado cultivo y la cantidad a suplir mediante riego va a depender del uso consuntivo o de consumo de agua que requiere este cultivo, para lo cual se tiene como referencia el Cuadro 3.

Cuadro 3. Evapotranspiración potencial real (ETR), según modelos matemáticos de Turc y Coutange, en varias localidades del corredor seco, con datos climatológicos del INSIVUMEH y del MAGA.

| Localidad                  | Años de registro | Precipitación media anual | Temperatura media anual | ETR mm Turc | ETR mm Coutange* |
|----------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|------------------|
| San Jerónimo, Baja Verapaz | 21               | 989.65 mm                 | 22 °C                   | 832.70      | 737.23           |
| Morazán, El Progreso       | 20               | 820.46 mm                 | 26 °C                   | 781.83      | 668.85           |
| Estanzuela, Zacapa         | 31               | 730.19 mm                 | 28 °C                   | 722.39      | 617.25           |
| Camotán, Chiquimula        | 21               | 1,188.08 mm               | 26 °C                   | 1,033.10    | 870.17           |
| Palencia, Guatemala        | ND               | 1,100 mm                  | 21 °C                   | 861.77      | 788.15           |
| Ciudad de Guatemala        | 21               | 1,274.70 mm               | 21 °C                   | 929.83      | 840.24           |

\*NOTA: Los datos de Precipitación y Evapotranspiración según el modelo de Coutange, se ingresan y se obtienen en metros; pero en este caso se expresan en milímetros para poder compararlos con los resultados del modelo de Turc.

Con relación a los registros de precipitación y el agua almacenada en los tanques en el año 2013, es de hacer notar dos cosas importantes las cuales son:

- Que los tanques de captación se compraron hasta finales del mes de mayo y se instalaron a partir de la segunda quincena del mes de junio, por lo que se dejó de recibir la lluvia que cayó desde los meses de mayo y junio
- Los pluviómetros se compraron hasta finales del mes de julio, por lo que no se tienen registros de precipitación de los meses de mayo, junio y julio

Por otro lado, el INSIVUMEH no tiene disponibles los registros de precipitación de los meses antes mencionados y para el año 2013, ya que algunas de estas estaciones ya se encuentran cerradas y no operan por falta de personal; de las estaciones que aún funcionan (Estanzuela, Zacapa), los datos no se encuentran disponibles sino hasta después de al menos tres meses, ya que se tienen que verificar los datos y después se tienen que validar, por lo que se tiene que tomar los datos que se tienen manualmente y posteriormente digitalizarlos de manera personal, o de lo contrario habría que esperar por más tiempo para poder contar con información actualizada de precipitación y otros.

Para corregir este inconveniente, se calculó de manera más precisa el agua que llovió desde el mes de julio, a través de la cubicación del agua colectada y almacenada en las cisternas de cada estación experimental, con el objeto de tener una estimación más objetiva de la lluvia que se presentó en cada localidad. Estos resultados se presentan más adelante en el Cuadro 8.

En cuanto a precipitación el promedio anual por localidad, según datos de años anteriores del Insivumeh; se encuentra entre los 700 a los 1000 milímetros, que son cantidades similares o inferiores en su mayoría, a los requerimientos hídricos de los cultivos, como se puede ver en el Cuadro 4.

Es de hacer notar que aunque la mayoría de cultivos requieren menos de 1000 milímetros de agua, según el Cuadro 4; sin embargo, el asunto no está en la cantidad de agua requerida por los cultivos o por el agua que llueve anualmente en cada localidad, sino que el problema está en su distribución durante el ciclo del cultivo, lo que no ocurre de manera uniforme en condiciones naturales y en cualquier lugar. Aquí es importante mencionar que año con año se presenta el fenómeno de la canícula, que es un periodo donde las lluvias se interrumpen de un día para otro, fecha que coincide con un aumento de la temperatura, lo que hace que los cultivos se resientan de tal forma que cuando la canícula es severa, la sequía se prolongue hasta por siete semanas, llegando los agricultores a tener pérdidas superiores al 80 %, ya que la



canícula se presenta a mediados del mes de julio, que es una época en que los cultivos están en plena fase de crecimiento y por ende se afecta seriamente su producción.

Cuadro 4. Cantidades promedio de agua aproximadas, requeridas por diferentes cultivos.

| <b>Cultivo</b>     | <b>Requerimiento en milímetros</b> | <b>Requerimiento en m<sup>3</sup> / Ha.</b> |
|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|
| Tabaco             | 450                                | 4500                                        |
| Sorgo              | 500                                | 5000                                        |
| Cereales de verano | 500                                | 5000                                        |
| Papas              | 550                                | 5500                                        |
| Maíz               | 750                                | 7500                                        |
| Alfalfa            | 770                                | 7700                                        |
| Frijol             | 800                                | 8000                                        |
| Cereales           | 800                                | 8000                                        |
| Cítricos           | 880                                | 8800                                        |
| Algodón            | 1250                               | 12500                                       |
| Caña de azúcar     | 1500                               | 15000                                       |
| Arroz              | 1600                               | 16000                                       |

Fuente: Riego y Drenaje. Johan D. Berlijn. 2ª Edición, Editorial Trillas. 1990. Serie: Manuales para la Educación Agropecuaria.

Para el caso del corredor seco los cultivos que predominan son el maíz y el frijol, cuyos requerimientos son de 750 y 800 milímetros de lluvia, en ese orden; otro cultivo en la zona es el sorgo cuyos requerimientos son de al menos 500 milímetros.

## **9.2 Análisis físico - químico de los suelos:**

Para el análisis de suelos se hicieron muestreos en las diez estaciones experimentales, las cuales se ingresaron al Laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía,

en donde se obtuvieron los resultados que se presentan en los cuadros a continuación. Los muestreos se hicieron previos a la siembra de las hortalizas, en el mes de Julio.

### **9.2.1 Análisis físico de suelos:**

Con relación a los resultados del análisis físico de suelos, el objetivo fue determinar la clase textural en cada una de las muestras de las localidades, lo cual se define por el porcentaje de arena, limo y arcilla que cada muestra contiene y que se resume en el Cuadro que se presenta a continuación.

Con relación a la textura del suelo, se aprecia en el Cuadro 4, que la mayoría de los suelos corresponden a la textura Franco Arenoso, entre los que se encuentran Piedras Blancas, San Luis Buena Vista, El Oasis, Potrero Grande, Chigüelas, El Obraje, el CEDA y El Tunal. El suelo de Cruz del Valle fue el único en presentar una textura Arcillosa y El Tempisque con textura Franco Arcillo Arenosa.

Estudios anteriores Pizarro ( g ) y Rodríguez ( h ); concluyen que la textura del suelo, juega un papel muy importante en cuanto a la cantidad de agua que se va a utilizar para la producción agrícola, ya que otros estudios realizados han determinado que un suelo arenoso puede retener un 7% del agua, un suelo franco un 14% y un suelo arcilloso el 28%; lo que implica que en un suelo arenoso se requerirá del 100% del agua recolectada para regar determinada área; un suelo franco requerirá el 50% y un suelo arcilloso requerirá tan solo el 25%.

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que en la localidad de Cruz del Valle se podría regar 60 metros cuadrados de hortaliza con menos de 4100 litros de agua, en comparación con las demás localidades o bien, se podría decir que el agua alcanzaría para hacer mas días de riego ya que en teoría se requiere menos agua, sin embargo esto no se está analizando en el presente estudio y solo es una suposición que se podría evaluar más adelante en otros estudios, similares al presente.

Cuadro 5. Análisis físico de suelos en 8 localidades del corredor seco y 2 en Guatemala.

| Identificación                         | Porcentaje ( % ) |       |       | Clase Textural         |
|----------------------------------------|------------------|-------|-------|------------------------|
|                                        | Arcilla          | Limo  | Arena |                        |
| Piedras Blancas, San Cristóbal A.      | 11.80            | 24.44 | 63.76 | FRANCO ARENOSO         |
| Cruz del Valle, San Cristóbal A.       | 43.30            | 30.74 | 25.96 | ARCILLOSO              |
| San Luis Buena Vista, San Cristóbal A. | 9.70             | 30.74 | 59.56 | FRANCO ARENOSO         |
| El Oasis, Zacapa                       | 11.80            | 13.94 | 74.26 | FRANCO ARENOSO         |
| Potrero Grande, Palencia               | 18.10            | 28.64 | 53.26 | FRANCO ARENOSO         |
| Chigüelas, Guastatoya                  | 13.52            | 30.74 | 55.73 | FRANCO ARENOSO         |
| El Obraje, Guastatoya                  | 13.52            | 18.14 | 68.33 | FRANCO ARENOSO         |
| CEDA – USAC                            | 13.52            | 16.04 | 70.43 | FRANCO ARENOSO         |
| El Tempisque, Salamá                   | 26.12            | 26.54 | 47.34 | FRANCO ARCILLO ARENOSO |
| El Tunal, Salamá                       | 7.22             | 30.74 | 62.04 | FRANCO ARENOSO         |

### 9.2.2 Análisis químico de suelos:

Del Cuadro 6, se pudo determinar las características químicas de los suelos, encontrando que respecto al pH la mayoría de los suelos son ligeramente alcalinos, siendo los suelos de Chigüelas, El Oasis Zacapa y El Obraje, las localidades que presentaron los valores de pH más altos, de 8.1, 7.8 y 7.7, respectivamente. Los suelos más ácidos fueron los de El Tunal, Potrero Grande y El Tempisque, los que presentaron valores más bajos de pH, con 6.1, 6.5 y 6.7, en ese orden.

En lo que respecta a los contenidos de fósforo (P) y potasio (K), los valores más altos se presentaron en: Chigüelas, San Luis Buena vista y El Obraje, con valores de fósforo

de 111, 94 y 83 partes por millón, en ese orden; los más pobres en fósforo fueron El Tempisque, Piedras Blancas, Potrero Grande y el CEDA, con valores de 7.77, 11.83, 13.88 y 15.49, respectivamente.

Del Cuadro 6, en potasio (K) los mayores valores en partes por millón, se obtuvieron en Chigüelas, Cruz del Valle y el CEDA, con valores de 585, 485 y 340, respectivamente. Los demás terrenos presentaron valores aceptables de potasio, que en el rango medio normal se encuentran entre 120 y 150 partes por millón.

Con relación al calcio (Ca) y al magnesio (Mg), los valores en Mili equivalentes por 100 gramos de suelo; Chigüelas, el CEDA, San Luis Buena Vista, en ese orden; presentaron los valores más altos de calcio, con valores de 33.70, 22.46 y 19.66. En cuando al magnesio, solamente los suelos de Cruz del Valle y El Obraje, presentaron valores más altos del rango medio normal, con 14.47 y 6.89 partes por millón, respectivamente.

Con respecto a cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn), expresados en partes por millón; los suelos se encuentran en el rango medio normal, habiendo algunos valores más altos de lo normal en manganeso, siendo los suelos del CEDA, El Obraje, El Tempisque y El Oasis, los que presentaron valores de 57, 37.5, 35.5 y 34 partes por millón, respectivamente.

Cuadro 6. Análisis químico de suelos en 8 localidades del corredor seco y 2 en Guatemala

| Identificación     | pH  | ppm          |                | Meq/100gr  |                | ppm        |            |              |              | %    |
|--------------------|-----|--------------|----------------|------------|----------------|------------|------------|--------------|--------------|------|
|                    |     | P            | K              | Ca         | Mg             | Cu         | Zn         | Fe           | Mn           | M.O. |
| <b>RANGO MEDIO</b> |     | <b>12-16</b> | <b>120-150</b> | <b>6-8</b> | <b>1.5-2.5</b> | <b>2-4</b> | <b>4-6</b> | <b>10-15</b> | <b>10-15</b> |      |
| Piedras Blancas    | 7.1 | 11.83        | 145            | 11.86      | 3.75           | 0.5        | 1.00       | 3.50         | 21.50        | 3.25 |
| Cruz del Valle     | 7.3 | 33.47        | 485            | 13.10      | 14.47          | 0.5        | 0.5        | 1.00         | 13.00        | 5.82 |
| San Luis B.V.      | 7.3 | 94           | 225            | 19.66      | 2.36           | 0.5        | 6.00       | 3.00         | 23.00        | 4.36 |
| El Oasis, Zacapa   | 7.8 | 76           | 243            | 13.73      | 2.16           | 2.00       | 16.50      | 14.00        | 34.00        | 1.17 |
| Potrero Grande     | 6.5 | 13.88        | 283            | 5.62       | 1.34           | 1.00       | 4.00       | 21.50        | 25.00        | 2.47 |
| Chigüelas          | 8.1 | 111          | 585            | 33.70      | 2.62           | 0.10       | 0.10       | 0.10         | 5.00         | 2.66 |
| El Obraje          | 7.7 | 83           | 335            | 11.54      | 6.89           | 1.00       | 2.50       | 7.50         | 37.50        | 1.79 |
| CEDA-USAC          | 7.6 | 15.49        | 340            | 22.46      | 3.24           | 0.50       | 10.00      | 11.50        | 57.00        | 6.49 |
| El Tempisque       | 6.7 | 7.77         | 250            | 7.80       | 4.01           | 0.50       | 1.50       | 6.00         | 35.50        | 3.64 |
| El Tunal           | 6.1 | 72           | 200            | 6.86       | 1.18           | 1.00       | 9.50       | 12.50        | 20.00        | 1.26 |
|                    |     |              |                |            |                |            |            |              |              |      |

En cuanto al contenido de materia orgánica (MO), expresado en porcentaje; los suelos del CEDA, Cruz del Valle y San Luis Buena Vista, presentaron los mayores porcentajes, con valores de 6.49, 5.82 y 4.36, en ese orden. Los suelos más pobres en materia orgánica fueron los de El Oasis, El Tunal y El Obraje, con valores de 1.17, 1.26 y 1.79 por ciento, respectivamente.

### **9.3 Datos de precipitación registrada en los pluviómetros y cubicación del agua colectada en los tanques de agua**

En el Cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes muestreos realizados para determinar la cantidad de agua registrada en los pluviómetros, así como también el total de días de registro de lluvia, los días efectivos de lluvia, la lluvia acumulada por localidad, el promedio de días de lluvia, así como la varianza de estos datos y su respectiva desviación estándar.

En resumen se obtuvo que el promedio de días de registro de los pluviómetros fue de 80.11 días, los días efectivos de lluvia fue de 37.88 días, la precipitación acumulada en promedio fue de 451.89 milímetros y el promedio de lluvia por día fue de 5.6 milímetros.

Las estaciones registraron valores de varianza de entre 185.29 hasta 44.088, siendo la varianza de lluvia en milímetros más alta la de la localidad de Potrero Grande mientras que la localidad de San Luis Buena Vista, fue la que registro el menor valor de variabilidad en sus datos.

Las desviaciones estándar para cada localidad reflejan que en las localidades de El Obraje, El Tunal, San Luis Buena Vista, Cruz del Valle y el CEDA, se presentaron los menores valores de desviación estándar. La poca variabilidad respecto a la media en precipitación que se dio en El Tunal, se pudo haber debido a que en esta localidad se tomaron únicamente 50 días de registro y eso pudo haber disminuido la oscilación de las precipitaciones registradas con respecto de la media geométrica en la localidad.

Cuadro 7. Datos de precipitación registrada en 10 pluviómetros del área de estudio.

| Comunidad            | Total días registro                                          | Días de lluvia | Ppt. acumulada en mm | Promedio Ppt/día* mm | Varianza | S.D.  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------|-------|
| Piedras Blancas      | 72                                                           | 42             | 526                  | 7.31                 | 91.370   | 9.56  |
| Cruz del Valle       | 80                                                           | 50             | 548                  | 6.85                 | 74.281   | 8.62  |
| San Luis Buena Vista | 85                                                           | 53             | 496                  | 5.83                 | 56.401   | 7.51  |
| El Oasis, Zacapa     | 85                                                           | 39             | 465                  | 5.47                 | 113.13   | 10.63 |
| Potrero Grande       | 84                                                           | 35             | 535                  | 6.36                 | 185.29   | 13.61 |
| Chigüelas            | No Disponible; La responsable perdió las hojas de registros. |                |                      |                      |          |       |
| El Obraje            | 97                                                           | 44             | 402                  | 4.15                 | 46.35    | 6.81  |
| CEDA - USAC          | 99                                                           | 31             | 654                  | 6.60                 | 95.79    | 9.79  |
| El Tempisque         | 71                                                           | 31             | 458                  | 6.45                 | 149.22   | 12.22 |
| El Tunal             | 50                                                           | 18             | 192                  | 3.84                 | 51.85    | 7.20  |
| <b>Promedios:</b>    | <b>80.11</b>                                                 | <b>37.88</b>   | <b>451.89</b>        | <b>5.60</b>          |          |       |

\*NOTA: El promedio de precipitación por día, corresponde al total de días de registro, no al total de días de lluvia.

Con relación al agua captada y almacenada, en el Cuadro 8 se pudo determinar que todos los tanques plásticos lograron captar el agua de lluvia pero en diferentes cantidades, de tal manera que la comunidad de El Tunal presento la menor captación de agua de lluvia, un estimado de 1,440.08 litros y le siguen en ese orden, las comunidades de El Tempisque y San Luis Buena Vista, que no superaron los 2,000 litros de agua. Las demás localidades presentaron mayores volúmenes de agua, hasta el caso de las localidades de El Obraje y el CEDA en Guatemala, que superaron desde mediados del mes de octubre los 4,100 litros de agua colectada.

Cuadro 8. Cubicación en litros del agua colectada en los tanques plásticos.

| Estación experimental  | Altura del agua en metros* | Litros de agua colectados | Días de riego de 1 hora** | Días de riego de 1 ½ horas** |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Piedras Blancas        | 1.14 (b)                   | 2,605.87                  | 13.36                     | 8.91                         |
| Cruz del Valle         | 1.04 (b)                   | 2,377.28                  | 12.19                     | 8.13                         |
| San Luis, B.V.         | 0.86 (b)                   | 1,965.83                  | 8.54                      | 6.72                         |
| El Oasis, Zac.         | 1.00 (a)                   | 2,285.85                  | 11.72                     | 7.82                         |
| Potrero Grande         | 0.95 (b)                   | 2,171.56                  | 11.14                     | 7.42                         |
| Chigüelas              | 1.44 (a)                   | 3,291.62                  | 16.88                     | 11.25                        |
| El Obraje              | 1.81 (a)                   | 4,108.00                  | 21.07                     | 14.04                        |
| CEDA-USAC              | 1.81 (a)                   | 4,108.00                  | 21.07                     | 14.04                        |
| El Tempisque           | 0.79 (b)                   | 1,805.82                  | 9.26                      | 6.17                         |
| El Tunal               | 0.63 (b)                   | 1,440.08                  | 7.38                      | 4.92                         |
| <b>Promedios</b>       | <b>1.15</b>                | <b>2,615.99</b>           | <b>13.26</b>              | <b>8.94</b>                  |
| <b>Varianza</b>        |                            | 859,347.54                |                           |                              |
| <b>Desv. Estándar</b>  |                            | 927.01                    |                           |                              |
| <b>Error Estándar</b>  |                            | 293.15                    |                           |                              |
| <b>Coef. Variación</b> |                            | 35.44 %                   |                           |                              |

NOTA: \*La altura del agua se tomó en la segunda (a) y cuarta (b) semana de octubre; se constato que en la primera semana de noviembre cayeron las últimas lluvias.

\*\*Los días de riego se calcularon en base a un caudal de 0.65 litros/hora por gotero, en un área de 60 metros cuadrados.

En cuanto a estos volúmenes de agua colectada, de manera general se puede decir que no se alcanzó a llenar los tanques, por la razón de que los tanques se instalaron a partir de la segunda quincena de junio, por lo que se perdió la lluvia del mes de mayo y también la de la primera quincena de junio o bien del mes completo.

En cuanto a la comunidad de El Obraje, se logro llenar el tanque de agua debido a que en esta comunidad y por iniciativa propia, las mujeres del grupo colaborador



dispusieron ampliar el área de captación, agregando alrededor de tres metros de área a la estructura original, lo que explica que se haya llenado el tanque en el mes de octubre; es decir que el área de captación fue de nueve metros cuadrados.

Por otro lado, la muy poca captación del agua de lluvia en El Tunal se debió a que el agricultor beneficiario colocó mal la estructura de captación, la cual en su diseño original fue de 2 x 3 metros, igual a 6 metros cuadrados; pero este agricultor decidió colocarlo de manera que quedó de 1.5 x 4 metros, es decir que colocó las laminas en forma lineal, dos adelante y dos atrás y no de manera paralela; es decir cuatro laminas, una lamina a la par de la otra y un canal de traslape entre cada una.

Otro caso particular fue en Potrero Grande, donde se hizo la estructura de PVC pero la misma resultó muy frágil e inestable, por lo que se tuvo que reducir el área de captación a 2 m x 2 m por lo que el área total quedó de 4 metros cuadrados. Esta fue la razón por la que en esta localidad se llegó a los 2,171.56 litros de agua de lluvia almacenada, a pesar de que la misma se encuentra en una zona intermedia entre el corredor seco y la ciudad capital, donde se estima que las precipitaciones promedio anuales están alrededor de los 1,000 milímetros al año.

Para estos volúmenes de agua colectados y almacenados, se calculó el número de días para riego, determinando que para riegos de una hora diaria, en El Tunal se podrían hacer hasta 7.38 riegos de una hora y para el caso de hacer riegos de 1 ½ hora el agua alcanza para 4.92 riegos. En el caso extremo de El Obraje y el Ceda, donde se llenaron los tanques; los riegos de una hora alcanzan para 21.07 riegos y para 1 ½ horas de riego, el agua alcanza para 14.04 riegos.

Para el agua recolectada en los tanques se hizo un análisis estadístico determinando que el promedio del agua colectada en las diez estaciones fue de 2,615.99 litros, la varianza fue de 859,347.54; la desviación estándar fue de 927.01; el error estándar de la media fue de 293.15 y el coeficiente de variación fue del 35.44 %.

#### **9.4 Análisis químico del agua de lluvia colectada y almacenada**

Una vez que los tanques de almacenamiento de agua de lluvia tuvieron suficiente agua para hacer un muestreo y determinar la calidad de la misma, se procedió a tomar las muestras en el mes de octubre, las cuales se llevaron al Laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía, cuyos resultados se presentan a continuación.

De acuerdo con los resultados del análisis químico de las muestras de agua; en el Cuadro 9, se resume que en cuanto a pH, los valores más altos fueron de 7.10 en el Obraje, 6.30 en El Oasis y 6.1 en Chigüelas, mientras que las muestras que presentaron los valores más bajos fueron de 5.1 en San Luis, 5.5 en Piedras Blancas y Potrero Grande y 5.6 en El Tunal, respectivamente. Nueve de las diez muestras, a excepción de El Obraje, presentaron un pH moderadamente ácido, ya que el rango de amplitud normal se encuentra entre los valores de 6.5 y 8.4 de pH.

En cuanto a Conductividad Eléctrica – C.E., expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (micromhos/cm), para determinar la salinidad del agua; los valores más altos los presentaron las muestras de Cruz del Valle, Chigüelas y San Luis, con valores de 402, 130 y 70.6, respectivamente. Los valores más bajos de conductividad eléctrica se presentaron en las muestras de Chigüelas, Potrero Grande y El Tempisque, con valores de 10.6, 14.3 y 21.4, respectivamente.

Con relación al calcio (Ca) al magnesio (Mg), el sodio (Na) y el potasio (K), expresados en Meq./Litro; las muestras de Cruz del Valle y San Luis Buena Vista, presentaron los valores más altos, que fueron de 0.5 y 0.45, respectivamente. El valor más bajo se presentó en Chigüelas, el cual fue de 0.05 mili equivalentes.

En cuanto al contenido de magnesio (Mg), el valor más alto se presentó en Cruz del Valle el cual fue de 3.10 y el segundo fue de 0.56 en El Obraje.

Cuadro 9. Análisis químico de muestras de agua de lluvia en el corredor seco y Guatemala.

| IDENTIFICACION |                      | PH   | $\mu\text{S/cm}$<br>C.E. | Meq/litro |      |      |      | Ppm  |     |      |      | RAS  | CLASE** |
|----------------|----------------------|------|--------------------------|-----------|------|------|------|------|-----|------|------|------|---------|
|                |                      |      |                          | Ca        | Mg   | Na   | K    | Cu   | Zn  | Fe   | Mn   |      |         |
| M-1            | EL OASIS             | 6.30 | 26.90                    | 0.12      | 0.08 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.9 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | C1S1    |
| M-2            | EL OBRAJE            | 7.10 | 130.80                   | 0.25      | 0.56 | 0.11 | 0.12 | 0.00 | 0.3 | 0.00 | 0.00 | 0.17 | C1S1    |
| M-3            | CHIGUELAS            | 6.10 | 10.60                    | 0.05      | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.1 | 0.1  | 0.00 | 0.18 | C1S1    |
| M-4            | SAN LUIS BUENA VISTA | 5.10 | 70.60                    | 0.45      | 0.02 | 0.12 | 0.11 | 0.00 | 0.3 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | C1S1    |
| M-5            | PIEDRAS BLANCAS      | 5.50 | 26.60                    | 0.12      | 0.02 | 0.07 | 0.04 | 0.00 | 0.1 | 0.00 | 0.00 | 0.27 | C1S1    |
| M-6            | CRUZ DEL VALLE       | 6.00 | 402.00                   | 0.50      | 3.10 | 0.20 | 0.05 | 0.00 | 0.1 | 0.00 | 0.00 | 0.15 | C2S1    |
| M-7            | EL TEMPISQUE         | 5.80 | 21.40                    | 0.09      | 0.10 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.2 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | C1S1    |
| M-8            | EL TUNAL             | 5.60 | 15.70                    | 0.09      | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.00 | 0.2 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | C1S1    |
| M-9            | POTRERO GRANDE       | 5.50 | 14.30                    | 0.08      | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 0.2 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | C1S1    |
| M-10           | CAMPOS DEL CEDA      | 6.10 | 47.50                    | 0.12      | 0.04 | 0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.4 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | C1S1    |

**\*\*NOTA:** Según clasificación USDA la muestra se clasifica como:

C1: Aguas de baja salinidad

C2: Aguas de mediana salinidad

S1: Aguas de baja sodicidad (bajo contenido de sodio)

Con relación al sodio (Na), el valor más alto fue de 0.2 mili equivalentes en Cruz del Valle y el más bajo de 0.02 en Potrero Grande, las demás muestras se situaron en medio de estos valores. El sodio es importante porque puede ser responsable del taponamiento de los goteros y las tuberías en general y su alto contenido es el que determina las denominadas aguas duras.

Con relación al potasio (K), los valores más altos se presentaron en El Obraje y en Buena Vista, con valores de 0.12 y 0.11, respectivamente, mientras que en Potrero Grande se presentó el valor más bajo, el cual fue de 0.02 mili equivalentes.

Los resultados de cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn), expresados en partes por millón (Ppm), se presentan con más detalle a continuación.

Con relación al cobre (Cu), ninguna muestra presentó rastros de este metal. Con respecto al Zinc, los valores más altos, de 0.9 y 0.4, se presentaron en El Oasis y el CEDA; las demás muestras se encontraron entre los 0.3 y 0.1 partes por millón. En cuanto al hierro (Fe), ninguna muestra presentó rastros de este metal.

Respecto al valor de Relación de Adsorción de Sodio (RAS), para determinar la sodicidad del agua; los valores más altos se presentaron en Piedras Blancas y en San Luis Buena Vista, con 0.27 y 0.25, respectivamente. Los valores más bajos fueron de 0.09 en Potrero Grande, 0.1 en El Tempisque, Salamá y en El Oasis, Zacapa.

### **9.5 Resultados de la producción de hortalizas:**

Con relación a las fechas de siembra y tipo de hortalizas sembradas en cada estación, en el Cuadro 10 se presentan de manera resumida lo que los agricultores y grupo de mujeres sembraron en sus comunidades y a continuación se describen los resultados.

Para iniciar es importante decir que en el caso del CEDA en la ciudad de Guatemala, no se pudieron instalar las seis cintas de riego por goteo, con lo cual se dispondría de seis surcos en una área de 60 metros cuadrados, ya que en ese lugar se habilitó un sendero que da paso a una plantación de café, para uso de docentes y estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, por lo que al final se habilitaron cuatro surcos en una área de 40 metros cuadrados.

Con relación a las fechas de siembra, se observa en el Cuadro 10 que hubo mayor variabilidad de la que se esperaba ya que la principal razón fue que la mayoría de agricultores siembran maíz y frijol de manera tradicional y utilizaron incluso el área que se seleccionó para la producción de hortalizas. Esto determinó que las siembras de hortalizas se atrasaran hasta que se obtuviera la cosecha de estos cultivos y no se aprovecharan las últimas lluvias de octubre, para disponer también de la humedad residual y así garantizar la producción de estos vegetales. En el cronograma propuesto para el proyecto, no se contempló que las siembras de hortalizas se atrasaran hasta el

mes de noviembre e incluso diciembre, por las actividades agrícolas que tradicionalmente se realizan en las comunidades.

Cuadro 10. Fechas de siembra y hortalizas sembradas en el corredor seco y Guatemala.

| Localidad         | Fecha siembra | Rábano | Zanahoria | Remo-lacha | Cilantro / Perejil | Pe-pino | Güi-coy | Frijol |
|-------------------|---------------|--------|-----------|------------|--------------------|---------|---------|--------|
| Chigüelas         | 15/10/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | Si     |
| El Obraje         | 27/11/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | Si     |
| San Luis Buena V. | 18/12/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | No     |
| Piedras Blancas   | 05/12/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | No     |
| Cruz del Valle    | 19/11/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | No     |
| El Oasis          | 08/10/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | No     |
| El Tem-pisque     | 28/10/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | Si     |
| El Tunal          | 05/11/13      | Si     | Si        | Si         | Si                 | Si      | Si      | No     |
| Potrero Grande    | 09/11/13      | Si     | Si        | Si         | Si / Si            | Si      | Si      | Si     |
| CEDA - USAC       | 24/10/13      | Si     | Si        | No         | Si                 | Si      | Si      | No     |

Con relación a las siembras de frijol y maíz, se pudo constatar en el mes de noviembre que los agricultores y grupos de mujeres en general, siembran de manera tradicional el cultivo del maíz, muchas veces en monocultivo; otras veces el maíz en asocio con el frijol y también siembran el maíz en relevo con el frijol, lo que determinó que las siembras de las hortalizas se atrasara hasta el mes de diciembre en un caso, ya que la prioridad de estos productores fue la cosecha de dichos granos básicos. En algunos casos los agricultores utilizaron incluso el área que originalmente se destino a la

producción de hortalizas, como es el caso de las comunidades de El Obraje, San Luis Buena Vista, Piedras Blancas, Cruz del Valle y Chigüelas; pero fue notorio que en ninguna de estas comunidades utilizaron el agua de lluvia que se había colectado en los tanques plásticos ya que según sus propias palabras, la misma la iban a utilizar exclusivamente para la producción de hortalizas con el sistema de riego por goteo.

Se logró obtener información acerca de los rendimientos de frijol que se tuvieron en El Obraje, donde se sembró frijol colorado, la dueña del terreno informo que se obtuvieron alrededor de 25 libras en un área de 80 metros cuadrados y en este caso se utilizó la modalidad de surco doble sobre un tablón de 1.2 metros de ancho. El otro caso que se registró fue en San Luis Buena Vista, donde el agricultor sembró frijol negro de la variedad ICTA Ligero en asocio con maíz, logrando tener un rendimiento aproximado de 75 libras de frijol por una cuerda (441 metros cuadrados). En las demás localidades donde también se sembró frijol y maíz, no se pudieron obtener los resultados.

Con relación a las hortalizas, se tuvo el inconveniente de que la semilla de remolacha (*Beta vulgaris*) que se consiguió en el mercado local, estaba vencida por lo que al sembrarla, su porcentaje de germinación fue muy bajo, por lo que las muy pocas plantas que nacieron, también tuvieron poco vigor por lo que se deduce que la semilla era muy vieja y los resultados obtenidos prácticamente se desecharon en este estudio.

Otro inconveniente fue el caso de la zanahoria (*Dacus carota*), que a la fecha de terminar el presente informe, aun no se había cosechado debido al periodo de vida de esta especie bienal, sin embargo los resultados son alentadores ya que en localidades como El Oasis, Zacapa, El Tempisque en Baja Verapaz, el CEDA en Guatemala. Potrero Grande en Palencia y otras más; se pudo constatar que las plantas aun estaban vivas, resistieron la sequia y el calor de esta zona y se logró obtener zanahorias que aunque pequeñas, se produjeron a pesar de que el agua de los tanques se terminó y por la naturaleza de este estudio, se decidió no regarlas con agua

de tubería ya que de haber sido así, se hubieran obtenido mejores resultados. En el Anexo se pueden observar fotografías donde se muestra el desarrollo de la zanahoria.

Cuadro 11. Fechas de cosecha y rendimiento en libras\* y otras de hortalizas por surco de diez metros, en el corredor seco y en Guatemala.

| Localidad         | Fecha cosecha | Rábano | Zanahoria | Remolacha | Cilantro / Perejil | Pepino | Güicoy | Frijol |
|-------------------|---------------|--------|-----------|-----------|--------------------|--------|--------|--------|
| Chigüelas         | 21/12/13      | 3.68   | 0.0       | Nada      | 2.70               | 4.2    | Pend.  | No     |
| El Obraje         | 03/01/14      | 2.25   |           | Nada      | 1.50               | 2.5    | Pend.  | 6.24   |
| San Luis Buena V. | 27/12/13      | 1.75   | 0.0       | Nada      | 0.75               | 3.0    | Pend.  | 3.4    |
| Piedras Blancas   | 03/01/14      | 1.68   | 0.0       | Nada      | 1.25               | Pend.  | Pend.  | No     |
| Cruz del Valle    | 23/12/13      | 0.0    | 0.0       | Nada      | 0.65               | 6.25   | 1.25   | No     |
| El Oasis          | 16/12/13      | 1.2    | 0.0       | Nada      | 0.75               | 2.0    | 2.5    | No     |
| El Tempisque      | 05/12/13      | 2.5    | 0.0       | Nada      | 0.5                | 20     | 1.0    | No     |
| El Tunal          | 13/12/13      | 1.75   | 0.0       | Nada      | 1.25               | 5      | 1.5    | No     |
| Potrero Grande    | 11/12/13      | 2.25   | 0.0       | Nada      | 1.0 y 1.25         | 7.5    | 2.0    | No     |
| CEDA - USAC       | 26/11/13      | 2.0    | Pend.     | No        | 4.25               | Pend.  | Pend.  | No     |
| Promedio**        |               | 2.12   |           |           | 1.46               | 6.30   | 1.65   | 4.82   |

\*Nota: Los rendimientos en libras de las hortalizas, corresponden a un surco de 10 metros de largo y a un metro entre surco (10 metros cuadrados), a excepción del frijol que se cosecho en los 60 metros cuadrados. \*\* Promedio: Corresponde únicamente al valor que se obtuvo donde se sembró determinada hortaliza, no a las diez estaciones.

En el caso del pepino (*Cucumis sativus*), se logró llegar a la cosecha como el caso de El Oasis en Zacapa, El tempisque en Salamá y Cruz del Valle en El Progreso; sin

embargo, los resultados fueron regulares ya que en el caso de El Tempisque y en El Oasis reportaron que el agua se terminó después del primer mes de riego; resultados aceptables de pepino también se obtuvieron en Cruz del Valle, donde el productor logro obtener frutos de entre 20 y 30 centímetros, logrando cosechar 6.25 libras por surco. En El Tempisque, el agricultor reportó que de un surco se obtuvo media caja de pepinos que equivalen a unas 20 libras de frutos de regular tamaño. Este productor fue el que mejores resultados obtuvo.

Así mismo, se pudo observar que en las comunidades de Potrero Grande en Palencia, y el CEDA en Guatemala, las plantas de pepino estaban floreando cuando se estaba terminando de escribir el presente informe, por lo que solo se presentan algunas fotos de esta producción. En la primera semana de enero se pudo constatar en el CEDA que las plantas de pepino fueron afectadas por una enfermedad que según los síntomas observados, se podría tratar de una cenicilla, lo cual podría afectar seriamente el rendimiento ya que en este estudio no se está utilizando ningún tipo de plaguicidas.

Respecto al güicoy (*Cucurbita máxima*), al parecer su ciclo bilógico es más largo que el del pepino, ya que hasta los dos meses se pudo observar que las plantas comenzaron a florear y donde el agua se termino luego, prácticamente las plantas se murieron.

En el caso del tomate (*Solanum lycopersicum*), pese a que se les proporcionó la semilla a los productores, la disposición de los mismos fue la de no sembrar en el presente ciclo, ya que este cultivo requiere elaboración de semilleros y también de mucho cuidado, debido al ataque que sufren por plagas y enfermedades, lo que implica mayor uso de mano de obra, compra de plaguicidas y abonos, compra de tutores y otros, por lo que de este cultivo no se obtuvo ningún resultado.

En el caso de Chigüelas, San Luis Buena Vista, Piedras Blancas y El Obraje; el MAGA de El Progreso, les proporcionó a estos grupos de mujeres, semilla de acelga, rábano y cilantro desde el mes de septiembre, por lo que en el mes de octubre lograron producir estas hortalizas y no utilizaron el agua de lluvia que aun se estaba colectando en los



tanques de agua; así mismo, lograron producir de forma artesanal algunas hierbas alimenticias como lo son: el quilete, macuy o hierba mora (*Solanum nigrescens*) y también sembraron la hierba del chipilín (*Crotalaria longirostrata*). También se observó algunas plantas de loroco (*Fernaldia pandurata*), en las parcelas donde están ubicadas las estaciones experimentales. En la comunidad de Chigüelas se sembró acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), con semillas que proporcionó el MAGA, logrando producir entre 20 y 25 manojos por surco, con la ventaja de que al cortar las hojas las mismas volvieron a brotar, pero al terminar el presente informe solamente se había realizado un corte de esta hortaliza.

Las hortalizas que mejor se produjeron en el presente estudio, fueron el rábano (*Raphanus sativus*), el cilantro (*Coriandrum sativum*) y el perejil (*Petroselinum crispum*), en ese orden, en todas las estaciones donde se sembraron, siendo el factor más determinante para su buen desarrollo, el ciclo de vida de estas especies y particularmente el rábano y el cilantro, ya que en el caso del rábano fue posible la cosecha desde la cuarta semana después de la siembra y en ningún momento presentaron el llamado estrés hídrico cuando se regó oportunamente y por otro lado, las plantas de cilantro a partir de la cuarta semana ya había conformado una planta que se podía cosechar y consumir; sin embargo la apariencia y el desarrollo de las mismas mejoro de manera muy notoria ya que después de ocho semanas o dos meses después de la siembra, fue seguramente el mejor momento para su cosecha porque las plantas duplicaron su follaje.

En la comunidad de Chigüelas el grupo de mujeres logro producir entre 50 y 60 manojitos de cilantro, los cuales sembraron en surco doble sobre el tablón y los vendieron a razón de un quetzal el manojito. Del rábano indicaron que no cosecharon mucho, por lo que optaron por repartirlo entre las participantes del proyecto. No pesaron las hortalizas ya que no tienen balanza para poder medir el peso.

En la comunidad de El Tempisque fueron mujeres las que cultivaron las hortalizas y al momento de cosechar, reportaron que lograron cosechar 43 matas de rábano, de las

cuales conformaron en 12 manojos tal y como se vende en el mercado local, pero no los pesaron ya que no cuentan con una balanza. También en esta comunidad recolectaron 27 matas de cilantro, con las cuales conformaron ocho manojos y las destinaron al consumo familiar. Lamentaron que la remolacha no naciera y que se terminara el agua para producir zanahorias.

En el caso del perejil, que únicamente se sembró en la comunidad de Potrero Grande, el comportamiento de esta hortaliza fue muy similar a la del cilantro, pero esta hierba aromática presentó una particularidad muy benéfica, ya que a la misma únicamente se le hacen cortes de hojas y ramillas a partir de un mes de la siembra para su consumo y en cuestión de unos días las ramillas y hojas se vuelven a regenerar, por lo que la planta se vuelve perenne o al menos así se comportó hasta que se concluyó el informe del presente estudio. Según literatura consultada, el perejil es una planta cuyo ciclo biológico es bienal, es decir que tiene una fase vegetativa en el primer año y en el segundo año produce sus flores y semillas hasta que muere.

Otra característica del rábano, el cilantro y el perejil es que de estas hortalizas, su rendimiento los agricultores lo reportaron por manojos y no por libras, ya que según ellos así es como se consigue en el mercado local. Algo también muy importante de estas tres hortalizas mencionadas, es que no presentaron daños significativos por plagas y enfermedades y para el caso de todas las hortalizas que se evaluaron en el presente estudio, no se utilizaron plaguicidas ya sea del tipo, insecticidas, fungicidas, herbicidas, abonos foliares o similares.

El único tratamiento que se le dio a todas las hortalizas, fue la fertilización química con la fórmula 15-15-15 al momento de la siembra, a razón de 2 quintales por manzana (130 kg/ha) y por otro lado el control de malezas, el cual se hizo en forma manual por el tamaño pequeño de la parcela y el riego por goteo, según los calendarios de riego que se les indicó a los agricultores; la modalidad que más se utilizó fue la de regar una hora cada dos días.

Los bajos rendimientos de hortalizas en general, que se obtuvieron en las diez estaciones experimentales, se deben a la poca profundidad de los suelos y al bajo contenido de materia orgánica de los mismos; así mismo se considera importante la poca o mínima preparación de los suelos que se hace para cultivar en esta zona, que no se compara a las zonas donde tradicionalmente se cultivan estos vegetales, como es el caso del altiplano occidental del país.

También es importante considerar el aspecto cultural de los agricultores de esta zona que tradicionalmente siembran maíz y frijol y a veces sorgo, por lo que desconocen el cultivo de las hortalizas y menos aun, que lo hagan cuando prácticamente ha dejado de llover. El haber introducido un modelo de producción de hortalizas utilizando agua de lluvia y regar con un sistema de riego por goteo también pudo en alguna medida impactar la forma de sembrar de los agricultores y de los grupos de mujeres.

El factor más importante y que probablemente incrementó el error experimental en las variables evaluadas fue el humano, ya que las personas involucradas de las comunidades no se ajustaron al calendario de siembras de las hortalizas y en algunos casos no habían producido antes, algunas de las hortalizas que se les proporcionaron, por lo que se presume que sus metodologías de producción no son iguales a las que practican los productores de otras zonas del país donde por tradición se producen las hortalizas. Cambiar los patrones culturales de los agricultores y sus familias, fue quizás lo más determinante en los resultados que se tuvieron en esta investigación.

## **9.6 Evaluación de los componentes para captar, almacenar y utilizar el agua de lluvia**

Con relación a los captadores de agua de lluvia, en cuanto al área de recolección del agua de lluvia de seis metros cuadrados, se considera que la misma si captó el agua de lluvia que se calculó inicialmente, de acuerdo con la precipitación que se dio en cada localidad, por lo que la variabilidad del almacenamiento del agua no estuvo determinado por la precipitación y condiciones climáticas de cada localidad, sino por la

intervención humana al construir los captadores de agua de lluvia con diferentes materiales, en la forma en que se construyeron dichas estructuras, en la fecha en que se instalaron los tanques de almacenamiento del agua y por otro lado, en el uso que se hizo del riego por goteo, que fue diferente en cada localidad.

Las diferencias entre captadores de lluvia estuvieron en los materiales y costos de los mismos, así como en la fortaleza o constitución que cada material presentó al construir e instalar las estructuras. También se presentaron diferencias en cuanto a la mano de obra en la construcción de las estructuras y en la instalación del riego por goteo, ya que las condiciones de cada localidad fueron distintas; el detalle lo se acaba de indicar se presenta a continuación.

Según el Cuadro 12, la estructura de captación más cara y al mismo tiempo la más robusta o solida, fue la que se hizo de metal con láminas de zinc, cuyo costo fue de Q 1.900.00 cada una, su construcción fue la mejor ya que se ancló al terreno con piedrín, arena y cemento. La estructura más débil y frágil, que tuvo que fortalecerse con vigas de madera y alambre, fue la que se hizo con PVC y laminas plásticas, cuyo costo fue de alrededor de Q 1,300.00 cada una. La alternativa intermedia, que presentó el costo más bajo, de alrededor de Q 900.00 cada una; fue la que se hizo de madera y laminas plásticas, cuya robustez fue bastante aceptable, su construcción fue la más fácil por la versatilidad de la madera y también fue la más adecuada para construir por los agricultores; sin embargo, su longevidad o periodo de vida depende del tratamiento que se le dé a la madera y la naturaleza de la misma, ya que en este caso se utilizó madera de pino, a la cual se le trató con aceite quemado de motor, con el objeto de esta madera no se pudriera por la lluvia y por la humedad del suelo, ya que parte de estas reglas de madera se enterró directamente en el suelo. En los tres casos de diferentes tipos de estructuras para captar el agua de lluvia, no se consideró la mano de obra para su instalación ni el traslado de los materiales a las comunidades.

Cuadro 11. Evaluación física, descriptiva y económica de los componentes del proyecto para producir hortalizas con agua de lluvia.

| Componentes                                  | Características                                                                                                                                                                                                               | Observaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Costos                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Captador de agua de lluvia                   | Este componente se construyo en tres modalidades, las cuales están construidas con 4 laminas de metal o de plástico, con una área de captación de 2 m x 3 m = (6 m²), en una estructura de metal, de PVC o de madera          | El captador de metal y láminas de zinc, fue el más caro, pero su constitución fue la más solida.<br>El captador de PVC y láminas plásticas es caro y su constitución es débil.<br>Captador de madera y láminas plásticas es el más económico, su constitución es regular, es de fácil construcción y su longevidad no es mucha, por la madera de pino. | Captador de metal, desde Q 1,900.00 cada uno.<br>Captador de PVC y plástico a Q 1,300.00 cada uno.<br>Captador de madera y plástico a Q 900.00 cada uno. |
| Cisterna de almacenamiento de agua de lluvia | Cisterna o tanque de plástico con capacidad de almacenar 4,100 litros de agua                                                                                                                                                 | Adecuado para las condiciones del corredor seco, pero de alto costo inicial y se considera de larga duración.                                                                                                                                                                                                                                          | Cisterna de plástico con tapadera, sin accesorios a Q 3,100.00 cada uno.                                                                                 |
| Sistema de riego por goteo                   | Conformado por una llave de paso, un filtro, tubos de PVC, una tubería principal de 6 metros de poliducto, seis cintas de goteo de 10 m de largo, con 50 goteros y con capacidad de riego de 0.65 litros por hora por gotero. | Adecuado para la producción familiar de hortalizas, de costo inicial alto, es de bajo mantenimiento, se puede regular el volumen del agua para riego, de fácil operatividad y de mediana longevidad.                                                                                                                                                   | Sistema de riego por goteo para cubrir entre 60 y 100 metros cuadrados, desde Q 450.00 cada uno.                                                         |

En el Cuadro 11, con relación a los tanques o cisternas de almacenamiento del agua de lluvia, se determinó que para la zona del corredor seco, las dimensiones del tanque son las adecuadas, ya que el volumen de agua que es de 4,100 litros, se adapta a la precipitación que se presenta en estas localidades, por lo que es factible el llenado de

los mismos en la época lluviosa; sin embargo, se requiere de una buena construcción del captador de agua de lluvia y cuando sea posible, aumentar el área de captación, como fue el caso de la comunidad de El Obraje, donde el tanque se llenó en menor tiempo. Lo anterior se deduce de que en teoría, para captar 4100 litros de agua se debió de tener una precipitación mínima de 685 milímetros al año, la cual se debió de captar en un área de seis metros cuadrados y como se vio en el Cuadro 6, ninguno de los pluviómetros alcanzo a llegar a esa cantidad de agua, ya que no se registraron los meses de mayo y junio y en algunas localidades los registros fueron deficientes.

Para las condiciones de la ciudad capital el tanque fue insuficiente para captar el agua de lluvia, debido a que la precipitación local fue mayor de lo esperado que en el corredor seco. El costo de cada tanque fue de Q 3,100.00 sin considerar el costo de su traslado a la cabecera departamental y de ahí hacia la comunidad. Es decir que estos precios los ofrece la fábrica dentro del perímetro de la ciudad capital.

Con relación al sistema de riego por goteo, en el Cuadro 11 se pudo establecer que la instalación del mismo es relativamente fácil y su costo es menor de Q 500.00 quetzales cada uno y su operatividad muy sencilla para los productores, siendo también su mantenimiento muy fácil, que no requiere de mano de obra calificada. Se tiene que tener en cuenta la pendiente del suelo y la diferencia de altura en el tanque de captación, ya que si se tiene más de metro y medio de diferencia de altura, el sistema de riego funciona muy bien. También es de considerar el hecho de que al preparar los suelos es mejor remover las mangueras, para poder trabajar los suelos de manera que el terreno esté libre de obstáculos al inicio. Por otro lado, en el control de malezas se debe tener cuidado con herramientas como el machete o el azadón, ya que es común que se produzcan cortes en las cintas de goteo, por lo que se podrían tener pérdidas de agua y por lo mismo también se produzcan perdidas de presión, lo que limitaría la descarga de los goteros; sin embargo las empresas fabricantes venden parches para hacer estas reparaciones, pero se tienen inconvenientes de todo tipo para los agricultores ya que difícilmente los podría obtener, inclusive en la cabecera departamental.

## **9      Discusión de Resultados**

Para calcular la evapotranspiración en el corredor seco, se utilizaron datos del Insivumeh durante periodos de 21 y 31 años, registrados en cinco estaciones de la zona y utilizando dos modelos matemáticos, los cuales fueron el modelo de Turc y el de Coutange. En todos los casos el modelo de Turc presento valores más altos de evapotranspiración que el modelo de Coutange; sin embargo, los valores calculados se comportaron de manera similar y con pocas diferencias en cada localidad, siendo los valores mínimos de 722 mm y 617 mm, para La Fragua en Zacapa y los valores más altos fueron de 1,033 mm y de 870 mm para la localidad de Camotán en Chiquimula, con éstas formulas. Estos valores están relacionados con la precipitación media anual registrada en cada localidad y por la temperatura media anual de las mismas. En el caso de la ciudad de Guatemala, con un promedio de precipitación anual de 1,275 mm el valor calculado de evapotranspiración fue menor al calculado en Chiquimula, ya que las diferencias en temperatura es de 5 grados centígrados; es decir 26 grados en Chiquimula y 21 grados en la ciudad capital y según estos modelos, a mayor temperatura mayor evapotranspiración.

De acuerdo con el Cuadro 4, algunos cultivos como el sorgo, el maíz y el frijol, tienen requerimientos de agua de 500 mm, 750 mm y 800 mm, respectivamente. De acuerdo con esto, los valores de evapotranspiración son superiores a los requerimientos de estos cultivos, lo que hace necesario el tener que regar los cultivos para poder obtener una cosecha de alimentos, bajo las condiciones del corredor seco. Si no se riegan los cultivos, las perdidas en la producción de alimentos son inevitables. Como ya se dijo, las pérdidas se deben a que la distribución de las lluvias no son uniformes y las mismas se ven interrumpidas hasta por siete semanas por la canícula.

Con relación al análisis físico de suelos, la mayoría tienen una textura Franco Arenosa y solamente la comunidad de El Tempisque en Salamá presento una textura Franco Arcillo Arenosa y la comunidad Cruz del Valle, en San Cristóbal Acasaguastlan

presentó una textura Arcillosa en su suelo. Lo anterior nos indica que estos suelos Franco Arenosos son adecuados para el riego por goteo, ya que retienen 10.5 % del agua que disponen los cultivos en promedio, pero requieren hasta un 75 % del agua de lluvia colectada; mientras que el suelo Arcilloso de Cruz del Valle retiene 28 % del agua, pero esta agua es más difícil de aprovechar por las plantas cultivadas; sin embargo estos suelos requieren solamente el 25 % del agua de lluvia recolectada.

En general, todos los suelos presentaron una superficie con pendiente, con poca profundidad y con presencia de pedregosidad, a excepción de los suelos de El Oasis, en Zacapa y El Tunal en Salamá, que están en una superficie plana y los de El Obraje y Chigüelas que están cercanos a un río y son moderadamente profundos. La pendiente de los terrenos es favorable para que se pueda hacer el riego por goteo, ya que de no tener la suficiente inclinación de los suelos se tiene que hacer alguna estructura que pueda elevar el captador y el tanque plástico, al menos a un metro de altura o más, lo que implica elevar el costo del sistema de manera considerable.

Con respecto al análisis químico de los suelos, los resultados de laboratorio determinaron que en cuanto a pH todos los suelos se encuentran entre los valores de 8.1 hasta 6.1, siendo las localidades de Chigüelas y El Tunal, las que presentaron estos valores extremos, respectivamente. Solo se menciona que localidad de Chigüelas fue la que presentó también los valores más altos de contenido de fósforo, potasio y calcio y esto posiblemente debido al grupo de mujeres que trabajan en esta comunidad, que al parecer han aportado cantidades considerables de fertilizante para producir sus hortalizas, además de que sus suelos son profundos y están cercanas a un río. Otros suelos que también son similares a los ya mencionados son los de El Obraje, San Luis Buena Vista y los campos del CEDA en la ciudad capital.

En cuanto a otros elementos como lo es el magnesio, cobre, zinc, hierro y manganeso, las diez localidades presentaron valores similares al rango medio que indica el laboratorio y no se considera que los mismos representen un peligro de fitotoxicidad para los cultivos.



Con respecto al contenido de materia orgánica de los suelos, expresado en porcentaje, los campos del CEDA, la localidad de Cruz del Valle y San Luis Buena Vista, en ese orden, presentaron los mejores porcentajes de materia orgánica; mientras que las localidades de El Oasis en Zacapa y El Tunal en Salamá, presentaron los valores más bajos de materia orgánica. Estos bajos contenidos de materia orgánica y la preparación de los suelos, si influyeron en los bajos rendimientos que presentaron las hortalizas.

En cuanto al agua registrada en los pluviómetros, los resultados indican que de acuerdo a los registros de los pluviómetros el promedio de días de registro fue de 80.11 días; el número de días de lluvia dentro de este periodo fue de 37.88 días, la precipitación promedio acumulada fue de 451.89 milímetros y el promedio de precipitación por días de lluvia fue de 5.60 milímetros por día. Es importante señalar que no todos los pluviómetros llevaron el mismo tiempo de registro y esto se debió entre otras cosas, a la fecha en que se compraron los mismos, que como ya se indico fue a finales del mes de julio; por otro lado la entrega de los mismos a los agricultores, se hizo en dos fechas del mes de agosto, que coincidieron con el cronograma de actividades y tercero, que algunas de las personas a las que se les solicitó llevar el registro de los pluviómetros, no atendieron de manera adecuada las indicaciones que se les dieron para poder llevar los registros, a pesar de haberseles indicado con claridad cómo hacer la toma de datos y de haberseles proporcionado un formato para poder hacerlo. Todo esto influyo en que en la mayoría de localidades se tuvieran altos valores de varianza y de desviación estándar, lo que indica que la información fue muy heterogénea en las localidades donde se llevaron los registros de precipitación.

Los valores de varianza de nueve localidades variaron entre 46.35 y 185.29 y sus valores de desviación estándar fueron de 6.81 a 13.61 respectivamente, lo que nos indica el grado de dispersión de los datos de precipitación con respecto al valor promedio de precipitación por localidad. Los datos de medidas de dispersión que aquí se indican corresponden a las localidades de El Obraje y Potrero Grande, respectivamente. Es de indicar también que en la localidad de Chigüelas, la persona que se responsabilizo de tomar los datos de los pluviómetros no lo hizo bien y cuando

se le pidió las hojas de registro, indico que se le habían extraviado, por lo que esta localidad no se incluyó en los resultados del presente estudio.

En el Cuadro 8 se resume el agua cubicada en los tanques plásticos, para lo cual se determino con una cinta métrica la altura del agua dentro de los tanques y debido a que los mismos son de forma cilíndrica se utilizo la formula de volumen, la cual es:

Volumen del cilindro (metros<sup>3</sup>) =  $\pi$  (pi) x radio <sup>2</sup> x h (altura del agua en metros)

El radio de los tanques fue de 0.85 metros y un metro cubico equivale a mil litros.

Con relación al agua almacenada en las cisternas, presentó un valor mínimo de 1,440.08 litros en El Tunal y máximos 1,408 litros de agua en El Obraje y el CEDA, con un promedio de 2,615.99 litros por tanque en las diez estaciones. La desviación estándar que es una medida de dispersión, que nos dice cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución, en este caso se obtuvo una desviación estándar con un valor de 927.01 alejado del promedio.

El error estándar que se obtuvo en el volumen de agua almacenado en las cisternas fue de 293.15 lo que indica que hubo incertidumbre con la media del agua colectada en las diez estaciones; en este caso podría decirse que se deben de tener un mayor número de muestras para reducir este error, ya que como se mencionó, hubo mucha variabilidad en los datos que se obtuvieron y en este caso concreto, que en El Tunal se colecto muy poco agua, mientras que hubieron dos estaciones donde el agua que se colectó fue igual o mayor a los 4,100 litros de agua. Debido a que no es posible aumentar el número de estaciones debido al costo de las mismas, se deben de hacer las mejoras pertinentes, para disminuir la incertidumbre de los volúmenes de agua colectados y con esto disminuir el valor del error estándar.

Con respecto al coeficiente de variación, el valor que se obtuvo fue de 35.44 % lo que nos indica que si hubo heterogeneidad en los volúmenes de agua que se almacenaron en los tanques de agua, por lo que se debe de corregir la construcción de las estructuras, ya que de esto dependió el volumen de agua colectada y esto debe de ser prioritario en la segunda fase que se emprenda de este proyecto; es decir que si logra

que los captadores están bien contruidos y cumplen con el área de captación que es de seis metros cuadrados, podemos esperar que los volúmenes de agua almacenados sean los esperados y al mismo tiempo sean más homogéneos.

Por otro lado, la instalación de los captadores y tanques de agua se hizo a partir del mes de junio de 2013. El agua colectada y almacenada, coincide con el área de captación de lluvia de las estaciones experimentales y la precipitación registrada en los pluviómetros, a excepción de Potrero Grande donde el área de captación fue de cuatro metros cuadrados; la razón del porqué de estas dimensiones es que esta estructura se hizo de PVC y laminas de plástico, pero la estructura resulto muy frágil y parecía derrumbarse con el viento, por lo que se optó por quitar una lamina y reforzar la estructura con reglas de madera y asegurar las laminas con alambre de amarre.

Un ejemplo de la fragilidad de las estructuras de PVC, se pudo observar en el mes de diciembre en la comunidad de Piedras Blancas en San Cristóbal Acasaguastlan, ya que al visitar la estación experimental, se pudo observar que la estructura estaba destruida y fue necesario que los agricultores reforzaran las mismas con postes de madera, lazos de pita y alambre de amarre, ya que de lo contrario el viento se hubiera llevado las laminas y la estructura se hubiera destruido por completo.

Otra estructura que no capto el agua que se esperaba desde un inicio fue la de El Tunal y que fue la que menos volumen de agua colectó, ya que dicha construcción fue diferente al diseño original y sin ninguna duda, la misma no es adecuada para captar el agua de lluvia que se esperaba en la localidad.

En El Obraje, como ya se mencionó, ayudó el hecho de que se aumentó el área de captación a nueve metros cuadrados, por parte de las beneficiarias y de esa cuenta se logró a mediados de octubre, que el tanque de agua estuviera completamente lleno, al igual que el tanque de la estación del CEDA en la ciudad capital; pero en este último caso, fue obvio que el llenado del tanque obedeció a la mayor precipitación que se tiene en la ciudad de Guatemala, la cual en promedio es de 1,275 mm al año.

Con base al volumen de agua y al caudal de los goteros del sistema de riego, se procedió a calcular el número de días que se puede regar durante una hora y durante una hora y media, tomando en consideración el flujo de goteo promedio de los goteros que es de 0.65 litros por hora. Con dichos datos se determinó que para realizar riegos de una hora el mínimo de riegos es de 7.38 días y el máximo de 21.07 días. Por otro lado, se calculó que para el caso de riegos de una hora y media, el mínimo de días de riego es de 4.92 días y el máximo de 14.04 días. En ambos casos los valores más bajos corresponden a la localidad de El Tunal y los más altos a las localidades de El Obraje y el CEDA.

Por lo anterior, se recomendó a los agricultores que si hacían riegos de una hora, los hicieran a cada dos días y de esa manera podrían regar hasta un máximo de 42 días, o bien 15 días para el caso de el tanque que logró almacenar menos agua. Para el caso de los riegos con duración de una hora y media, se recomendó regar a cada tres días, lo que podría representar el agua para 15 días donde menor colecta de agua hubo y hasta 42 días de riego para los tanques que se lograron llenar completamente.

El agua colectada en los tanques plásticos se muestreó para determinar mediante un análisis químico de laboratorio si la misma es apta para la producción de hortalizas y otros cultivos alimenticios, encontrando los siguientes resultados del laboratorio. Estos resultados van referidos a determinar la Clase de Suelos, basados en la salinidad y a la sodicidad de los mismos, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA, por sus siglas en ingles.

Los resultados de laboratorio reflejan que en cuanto a pH, todas las muestras de agua presentaron una ligera acidez a excepción de la muestra de El Obraje, cuyo valor de pH fue de 8.1 y las demás se encontraron con valores de entre 5.1 hasta 6.30 lo cual se considera un poco más bajo de la amplitud normal que es entre 6.5 a 8.4 de pH.

En cuanto a salinidad, la cual se expresa en la Conductividad Eléctrica (micromohos/cm), solo la muestra de Cruz del Valle presento un valor de 402, lo que la

define como una calidad de agua con mediana salinidad (C2); mientras que las otras nueve muestras presentaron baja salinidad (C1). Las diez muestras, en cuanto a la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), todas presentaron valores entre 0.09 y 0.27, por lo que se clasifican como aguas de baja sodicidad (S1), lo que determina que estas aguas, según el USDA sean apropiadas para la producción agrícola.

En resumen, con relación al análisis químico del agua de lluvia, los resultados indican que el agua de lluvia colectada y almacenada en los tanques de agua, es adecuada para el riego de cultivos, ya que los resultados del análisis de agua colectada indican que el agua de nueve de las diez estaciones, se encuentran en la Clase C1S1, que son aguas de baja salinidad (C1) y de baja sodicidad (S1), siendo el agua de colectada en Cruz del Valle la única clasificada como C2S1, que se define como agua de mediana salinidad y baja sodicidad.

Según Pizarro ( g ); las lluvias de pequeña cuantía suelen ser contraproducentes (como es el caso del corredor seco), ya que lavan las sales de la superficie del terreno y las acumulan en la zona radicular. La escasa precipitación no llega a transportar las sales a mayor profundidad. Por esta razón dice el autor; a continuación de una lluvia ligera es recomendable aplicar agua de riego, con el objeto de lavar las sales acumuladas en la zona radicular. Lo anterior está relacionado con los métodos y prácticas de riego que describe el autor en su obra.

En lo que respecta a la producción familiar de hortalizas no se puede decir que los resultados obtenidos sean concluyentes y tampoco que sean los más satisfactorios, ya que se deben tener en cuenta varios factores que de una u otra forma afectaron los resultados que se esperaban y de los cuales mencionan los que se consideran más importantes. Sin embargo, se enfatiza en que se logró cumplir con el objetivo principal de esta investigación que fue el de generar una alternativa tecnológica que permita a los agricultores y sus familias, producir hortalizas bajo las condiciones del corredor seco y más importante aún, hacerlo cuando la época lluviosa ha concluido, logrando con esto, ayudar a mejorar sus condiciones de seguridad alimentaria y nutricional.

Los factores que más afectaron los resultados de esta investigación fueron:

- La fecha de siembra de las hortalizas, las cuales se hicieron desde mediados del mes de octubre, tal y como se tenía contemplado en este proyecto, hasta las siembras que se hicieron en el mes de diciembre, debido a las siembras de maíz y frijol que por tradición realizan y que se describieron en los resultados del estudio.
- La cantidad de agua de lluvia que se colectó en los tanques plásticos, la cual varió desde los 1,440 litros hasta los 4,108 litros de agua, con esto es lógico suponer que el tiempo de riego para las hortalizas evaluadas sería muy breve en el caso más bajo de almacenamiento de agua y solo alcanzo para llegar a producir rábanos y cilantro, que son de ciclo de vida corto; mientras que en los casos donde se disponía de más agua, se lograron producir zanahorias y pepinos, cuyo ciclo de producción fue más largo.
- Las limitaciones de suelos en las comunidades, los cuales en su mayoría son de poca profundidad, de escasa fertilidad, con pedregosidad, con bajo contenido de materia orgánica y con poca laboriosidad por parte de los agricultores. Estas limitaciones también influyeron en los rendimientos que se obtuvieron en las hortalizas. La pendiente de los suelos si favoreció el riego por goteo.
- La naturaleza propia de las hortalizas que se evaluaron, que posiblemente se están introduciendo en las condiciones climáticas y ambientales propias del corredor seco y que requieren de otros estudios para validar sus resultados.
- El factor humano que sin duda influyo en los resultados, considerando desde las tradiciones y costumbres de las personas de cada localidad, hasta aspectos de comunicación, de logística, de transporte y de coordinación interinstitucional, ya que para llevar a cabo determinada actividad en las comunidades, se contó con el apoyo de otras entidades como el MAGA, SESAN, ICTA, Municipalidades y otras, de las cuales se tuvo que depender en determinados momentos ya que

como ejemplo, el ingreso a algunas comunidades era posible únicamente si el MAGA de El Progreso, nos facilitaba un vehículo de doble tracción.

Volviendo al tema de la producción de hortalizas, los mejores resultados se obtuvieron con la producción de rábano, cilantro y perejil, debido a que las mismas llegaron a su etapa de producción a partir de un mes después de la siembra, lo cual se vio favorecido por la cantidad de agua almacenada en los tanques que si alcanzó para estos cultivos.

Otra característica de estas tres hortalizas es que su producción se cuantifico en manojos y no en libras por parte de los agricultores y esto obedece a que así se consigue en los mercados locales y aunque en algunos casos vendieron estos manojos de cilantro y rábano como el caso de Chigüelas, en la mayoría de las veces el producto se repartió entre los y las participantes de los grupos de trabajo.

Otra hortaliza que presento buenos resultados fue el pepino, que en El Tempisque y en Cruz del Valle fueron aceptables, también fueron destinados para el autoconsumo de los participantes en los huertos familiares. En el CEDA los frutos estaban en desarrollo cuando se concluyó el presente informe y al final se observo la amenaza de una enfermedad como lo es la cenicilla. El güicoy, al parecer requiere de más días para su cosecha, por lo que al momento de terminar este informe, en algunas localidades informaron que las plantas estaban en la etapa de floración.

Con respecto a la zanahoria, no dejo de sorprender el hecho de que en el ICTA en el Oasis Zacapa y otras localidades de El Progreso, se llegara a desarrollar esta hortaliza, sin embargo la cosecha de la misma no fue posible ya que se terminó el agua de lluvia almacenada, que fue de alrededor de 2,000 litros de agua; si el tanque se hubiera llenado se podría haber cosechado esta raíz, cuyo ciclo de producción es de al menos dos meses. Cuando se visitó el área de estudio en el mes de diciembre, algunas de las plantas de zanahoria que se sembraron, aun estaban vivas.

Algo muy similar paso en El Tempisque donde el agua se terminó después del primer mes de riego; sin embargo en el CEDA en la ciudad capital, después de dos meses de riego y al momento de concluir el presente informe, se logró muestrear el desarrollo de las zanahorias, las cuales lograron un buen desarrollo foliar y en cuanto al desarrollo

radicular se midieron las muestras, sin embargo se observó un pobre desarrollo radicular de raíces, cuya longitud en promedio fue de 1.5 pulgadas y también se observó que el suelo alrededor de estas raíces estaba muy compacto y duro como una piedra por su textura arcillosa, pese a que el laboratorio de suelos indicara que la textura en esta localidad fue franco arenosa.

En Potrero Grande también se observó el buen desarrollo foliar que logró la zanahoria, pero lamentablemente en esta comunidad, el agua se agotó a los pocos días del primer mes de la siembra.

Una modalidad que se adoptó para que alcanzara el agua para las hortalizas de ciclo más largo, fue la de que después de cosechar las hortalizas de más rápido crecimiento y desarrollo, se procedió a quitar o a enrollar la cinta de goteo y evitar así la pérdida de agua en un surco donde ya no quedo nada y aprovechar el agua para el tanque, para las hortalizas que aun estaban en su fase de crecimiento. También se optimizó el uso del agua de lluvia, al indicarles a los agricultores que si había algunas lluvias extemporáneas, como las que ocurrieron en el mes de diciembre, ese día se dejara de regar para que el agua almacenada alcanzara para otros días de riego.

Por las razones antes mencionadas, se decidió no hacer un análisis estadísticos de la producción que se obtuvo de hortalizas, ya que cada localidad presentó sus condiciones muy particulares, el ciclo productivo de las mismas no coincidió, los volúmenes de agua almacenados fueron muy heterogéneos y la actividad humana estuvo condicionada por otras instituciones intermediarias, de las cuales se tuvo que depender y a veces prescindir para poder llevar a cabo esta investigación.

Con relación a todo lo anterior, se puede inferir de manera muy general, que los componentes del modelo experimental: captador de agua de lluvia, tanque de almacenamiento y sistema de riego por goteo; se ajustan a las condiciones de precipitación y condiciones ambientales de las localidades del corredor seco, ya que con la integración de los mismos se logró obtener una producción aceptable de hortalizas y particularmente del rábano, el cilantro y el perejil; mientras que otras hortalizas, no llegaron a alcanzar su potencial de producción debido al ciclo biológico



de las mismas que es más largo, como es el caso de la zanahoria, el pepino y el güicoy, que requieren más de dos meses para su cultivo y producción.

## **10 Conclusiones**

- Se diseñó un modelo integrado de producción familiar de hortalizas, que incluye un captador de agua de lluvia, una cisterna o tanque de almacenamiento de agua y un sistema de riego por goteo, lo que permite aprovechar el agua de lluvia en el corredor seco, ya que no se cuenta con ningún modelo de producción similar, lo que limita la producción de hortalizas y otros cultivos alimenticios, principalmente en la época seca.
- Se diseñaron tres modelos de captación de agua de lluvia, de los cuales se considera que el de metal con laminas de zinc fue el mejor, pero también fue el de mayor costo; la segunda opción que fue de madera con laminas plásticas, presenta muchas ventajas y su costo es menor, lo que permite la producción familiar de hortalizas en la época seca, a pequeños agricultores en el corredor seco y otras regiones del país.
- Se determinó que el modelo de captación de agua de lluvia, almacenamiento del agua y el riego por goteo, se ajusta a las precipitaciones locales, a la humedad y tipo de suelos, al área de siembra, a algunas hortalizas y a las condiciones sociales, económicas, con algunos ajustes y ambientales de las diez localidades de área de investigación.
- Se proporcionó a los agricultores residentes de las localidades de área de estudio, algunas alternativas tecnológicas de producción agrícola familiar, con el aprovechamiento del agua de lluvia en la época seca, para mejorar sus condiciones de seguridad alimentaria y nutricional.

## 11 Recomendaciones

- Recolectar agua de lluvia desde el inicio de la época de lluvia y utilizarla al final de dicho periodo (mayo a octubre), obteniendo el máximo volumen de agua colectado, ya que en la experiencia del año 2013 se colocaron las cisternas a finales del mes de junio y los pluviómetros a finales de julio, debido a que los procesos administrativos en la Universidad retrasaron la compra de materiales y equipo.
- Revisar, reforzar y reconstruir las estructuras para captar el agua de lluvia en cada estación experimental, previo al inicio de la época lluviosa en el año 2014 y de ser posible ubicar los tanques de captación en lugares donde se mejore el funcionamiento de los sistemas de riego por goteo, por diferencias de altura del nivel del suelo, de tal forma que se tengan las condiciones técnicas para mejorar la producción de hortalizas.
- Considerar el ciclo biológico de las hortalizas ya que si el mismo es muy largo o se trata de hortalizas de ciclo bienal, no daría tiempo para obtener la cosecha ya que el agua almacenada en los tanques plásticos se agotaría antes de que concluya el ciclo de vida de estas hortalizas. Hortalizas como rábano, cilantro, perejil, zanahoria, pepino y acelga, entre otras; son las que mejores resultados podrían presentar, ya que el ciclo de las mismas es más corto.
- Que la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Dirección General de Investigación, adquiera vehículos tipo pick up y vehículos jeep de doble tracción, con el objeto de facilitar el traslado de insumos, materiales, maquinaria y equipo hacia los lugares donde se instalan los trabajos experimentales, así como para el traslado de los investigadores hacia los mismos, ya que se tiene que depender de otras instituciones u organizaciones para disponer de un vehículo y no se puede cumplir en forma adecuada con las actividades programadas según calendarios de actividades.

## 12 Bibliografía

- a) Agencia para el Desarrollo Internacional – AID. (1974). Guía para el riego por aspersión. México: Alianza para el desarrollo.
- b) Berlijn, J. D. (2ª. Ed.). (1991). Riego y drenaje. México: Editorial Trillas.
- c) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. Primera Edición. (2012) Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Tomo I. Honduras.
- d) Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación – MAGA. (2001). Guatemala: Laboratorio de Sistemas de información geográfica.
- e) Kiely, G. (1ª Ed. en español). (1999). Ingeniería Ambiental; Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. España: Mc Graw Hill.
- f) Política nacional del agua de Guatemala y su estrategia. (2011). Gobierno de la Republica. Guatemala: Fondo para los objetivos del milenio.
- g) Pizarro, F. (3ª Ed.). (1996). Riegos localizados de alta frecuencia – RLAF. España: Mundi-Prensa Libros, S.A.
- h) Rodriguez Suppo, F. (1982). Riego por goteo. México: A.G.T. Editor, S.A.

## LISTA DE LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACION

| Nombre                         | Categoría                            | Registro de Personal | Pago:<br>Si / No |  |
|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|--|
| David Mauricio Tavico Leguarca | Coordinador e Investigador Principal | 20130388             | Si               |  |
| María Isabel Zuñiga Soria      | Auxiliar de Investigación II         | 20130745             | Si               |  |

| Nombre                         | Firma |
|--------------------------------|-------|
| David Mauricio Tavico Leguarca |       |
| María Isabel Zuñiga Soria      |       |

Vo.Bo.

Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle

Director del Instituto de Investigaciones Agrícolas y Ambientales - IIA

Vo. Bo.

Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez

Coordinador Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Vo. Bo.

Ing. Agr. Julio Rufino Salazar Pérez

Coordinador General de Programas – DIGI

### 13 Anexos



Figura 1. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Chigüelas, El progreso



Figura 2. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de El Obraje, El Progreso





Figura 3. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de San Luis Buena Vista, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso



Figura 4. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Piedras Blancas, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso



Figura 5. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en la comunidad de Cruz del Valle, San Cristóbal Acasaguastlan, El Progreso



Figura 6. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Comunidad El Tunal, Salamá, Baja Verapaz





Figura 7. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Comunidad El Tempisque, Salamá, Baja Verapaz



Figura 8. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento, Estación El Oasis, Estanzuela, Zacapa





Figura 9. Instalación de estructura de captación y tanque de almacenamiento en el CEDA, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala



Figura 10. Instalación de tubería de Pvc y filtros del sistema de riego por goteo en Palencia, Guatemala





Figura 11. Aporreo de frijol negro ICTA Ligerio en San Luis Buena Vista.



Figura 12. Producción de rábano en Chigüelas, Guastatoya.



Figura 13. Rábanos cosechados en Potrero Grande, Palencia.



Figura 14. Planta de cilantro cosechada en el CEDA, ciudad de Guatemala.





Figura 15. Surco de cilantro con riego por goteo en el CEDA, ciudad de Guatemala.





Figura 16. Desarrollo de raíces, tallos y hojas del cilantro cosechado en el CEDA.





Figura 17. Plantas de pepino en floración, Centro Experimental de Agronomía – CEDA.



Figura 18. Plantas de pepino con ataque de cenicilla en el CEDA.





Figura 19. Plantas de zanahoria en crecimiento vegetativo en el CEDA.



Figura 20. Desarrollo de hojas, tallos y raíces de zanahoria en el CEDA.





Figura 21. Plantas de perejil cosechadas en Potrero Grande, Palencia.





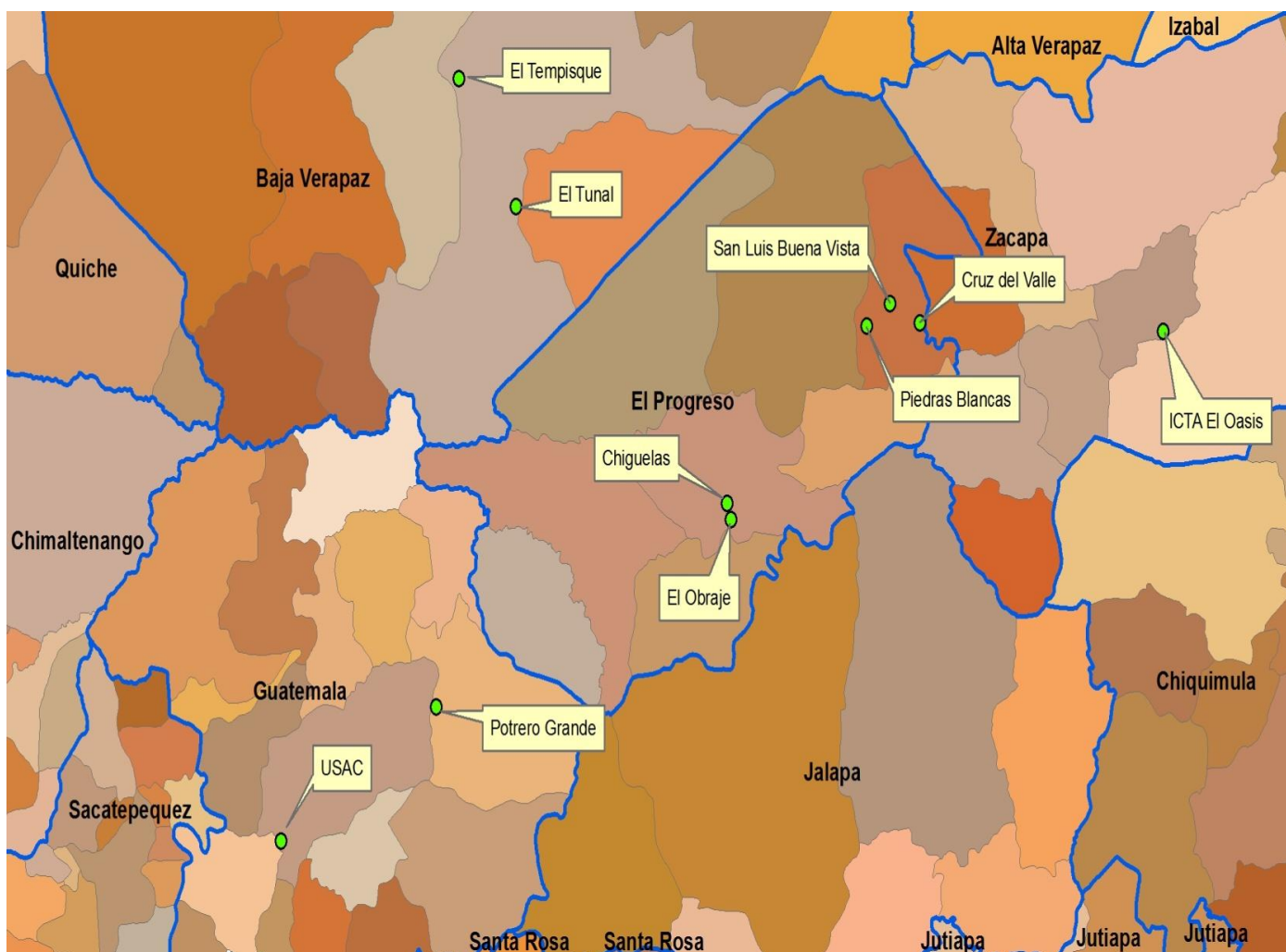


Figura 22. Mapa de ubicación de las estaciones experimentales del proyecto: “Desarrollo de captadores de agua de lluvia para la producción familiar de hortalizas en el corredor

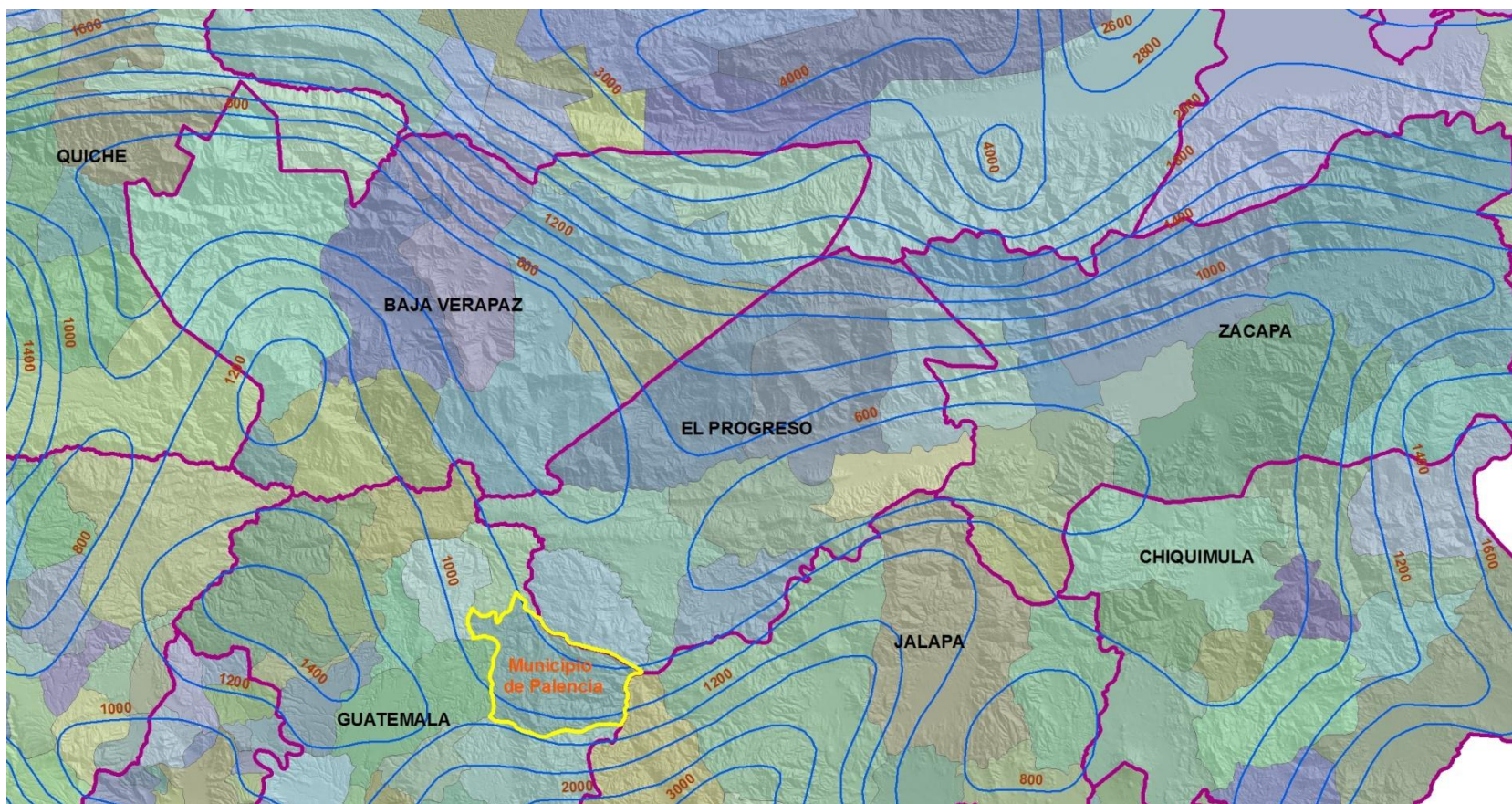


Figura 23. Mapa de curvas de precipitación (isoyetas) en el área del proyecto: “Desarrollo de Captadores de agua de lluvia para la producción familiar de hortalizas en el corredor seco”