



## **CRIA Norte**

### **Cadena de Chile Cahabonero**

#### **Evaluación de métodos artesanales de riego por goteo en la producción de chile Cahabonero; en el municipio de Cahabón, Alta Verapaz**

Angel Arce Canahuí<sup>1</sup>  
Inés Avendaño Vásquez<sup>2</sup>  
Carlos Pérez Sian<sup>3</sup>

**Cobán, Alta Verapaz, septiembre de 2020**

---

<sup>1</sup> Investigador Principal, Ingeniero Agrónomo, Maestro en ciencias agropecuarias y recursos naturales

<sup>2</sup> Investigadora asociada, Ingeniera Agrónoma

<sup>3</sup> Investigador técnico



Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de ésta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de las institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## **Siglas y Acrónimos**

**CRIA: Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria**

**CUNOR: Centro Universitario del Norte**

**IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura**

**MAGA: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación**

**FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura**

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	MARCO TEÓRICO .....	2
2.1	Importancia del riego en los cultivos.....	2
2.2	Tipos prácticos de riego por goteo .....	2
2.2.1	Riego con botellas Pet .....	3
2.2.2	Mangueras con agujeros de aplicación capilar .....	4
2.2.3	Riego por condensación o riego solar.....	4
2.2.4	Riego con lana .....	5
2.2.5	Hidrogel .....	5
3.	OBJETIVOS .....	6
	Objetivo General.....	6
	Objetivos Específicos .....	6
4.	HIPÓTESIS .....	6
5.	METODOLOGÍA.....	6
5.1	Localidad y Época: .....	6
5.2	Diseño Experimental.....	6
5.3	Tratamientos .....	7
5.4	Tamaño de la Unidad experimental .....	7
5.5	Modelo Estadístico: .....	7
5.6	Variables Respuesta.....	7
5.7	Análisis de la Información .....	7
5.8	Manejo del Experimento.....	7
6.	RESULTADOS .....	8
7.	CONCLUSIONES.....	17
8.	RECOMENDACIONES .....	17
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Riego con botellas plásticas .....	3
Figura 2. Requerimiento medio mensual de agua/día/planta del chile cahabonero en ml, Cahabón 2020.....	8
Figura 3. Entrada de agua por efecto de lluvias y necesidades del cultivo, Cahabón 2020. ....	9
Figura 4. Aporte de agua de los métodos artesanales VTS el requerimiento de agua del cultivo, Cahabón 2020.....	10

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 .....	11
Cuadro 2 .....	11
Cuadro 3 .....	12
Cuadro 4 .....	12
Cuadro 5 .....	12
Cuadro 6 .....	13
Cuadro 7 .....	13
Cuadro 8 .....	14
Cuadro 9 .....	14
Cuadro 10 .....	14
Cuadro 11 .....	15
Cuadro 12 .....	15
<b>Cuadro 13</b> .....	<b>15</b>

## **Resumen**

La presente investigación se planteó con el propósito de explorar formas eficientes de regar y de bajo costo que puedan ser adoptadas por los agricultores como parte de la tecnología de producción de chile cahabonero (*Capsicum annumm* L.), ya que en el municipio se han presentado cada vez con mayor frecuencia periodos prolongados de sequía. Adicional al logro de dicho propósito, el proyecto contribuirá a reducir la contaminación ambiental, al reutilizar materiales de desecho que normalmente se botan en basureros públicos.

El estudio se realizó en el municipio de Cahabón, departamento de Alta Verapaz, durante los meses de diciembre de 2019 a mayo de 2020. Se evaluaron 5 métodos artesanales de riego por goteo en comparación con un tratamiento testigo en las localidades de San José Canihor y San José Cucar. El diseño de campo fue de bloques al completo azar con 6 tratamientos y 5 repeticiones en cada localidad.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias con la prueba de Scott & Knott.

En San José Canihor se observaron diferencias altamente significativas, siendo el método de aplicación de riego con botellas Pet el mejor aunque sin diferencia significativa con el método de Hidrogel que por lo práctico resultó ser el preferido por los agricultores.

En San José Cucar, aunque no se detectaron diferencias significativas, fue también el método de aplicación de riego con botellas pet el que reportó rendimientos relativamente más altos

## **Summary**

The present research was proposed with the objective of exploring efficient and low-cost ways of irrigating farmers can use as part of the production technology of cahabonero pepper (*Capsicum annum* L.), since in the municipality they have been presented with increasing frequency prolonged periods of drought. In addition to achieving this purpose, the project contributes to reducing environmental pollution by reusing waste materials that are normally disposed in public garbage dumps.

The study was carried out in the municipality of Cahabón, department of Alta Verapaz, between the months of December 2019 and May 2020. 5 artisanal drip irrigation methods were evaluated in comparison with a control treatment in the towns of San José Canihor and San José Cucar. The field design was completely randomized blocks with 6 treatments and 5 repetitions in each location.

The result were subjected to an analysis of variance and multiple comparison of means with the Scott & Knott test.

In San José Canihor highly significant differences were observed, being the method of application of irrigation with Pet bottles the best, although without significant difference

with the Hydrogel method, which for practical reasons turned out to be preferred by farmers. In San José Cucar, although no significant differences were detected, it was also the method of applying irrigation with pet bottles that reported relatively higher yields.

## 1. INTRODUCCION

El agua es fundamental para el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos agrícolas, a tal grado que sin este insumo la agricultura es prácticamente imposible. Más del 80% del contenido de la célula vegetal es agua lo que hace que las plantas sean sumamente sensibles al estrés provocado por su escasez, retrasando su desarrollo y madurez y reduciendo substancialmente la producción y calidad de las cosechas.

El cultivo de chile en Santa María Cahabón se realiza de manera rudimentaria, dependiendo para su siembra de las lluvias de los últimos meses de invierno por lo que se debe sembrar impostergablemente en el mes de noviembre para que la planta pueda lograr su crecimiento y desarrollo, sin embargo, debido a que se siembra directamente en el campo definitivo las pequeñas plántulas son más susceptibles al ataque de hongos del suelo provocando la enfermedad denominada marchitez del chile.

Produciendo chile en diferente época puede resolver el problema de la marchitez y aprovechar otras ventanas de mercado para lograr mejores precios de venta que permitan mejorar la rentabilidad del cultivo.

Es importante señalar que prolongados períodos de sequía se han venido presentando cada vez con mayor frecuencia, lo cual, según una investigación previa sobre necesidades hídricas y umbral de riego en el referido cultivo<sup>4</sup>, hace ineludible la aplicación suplementaria de agua de riego, y considerando que la disponibilidad de agua es escasa o alejada de las áreas de cultivo, debe procurarse un manejo eficiente y de baja inversión, ya que el riego por goteo tradicional requiere de una alta inversión que no está al alcance de la gran mayoría de productores de chile.

La presente investigación se plantea con el propósito de explorar formas eficientes de regar y de bajo costo que puedan ser adoptadas por los agricultores como parte de su tecnología de producción. Adicional al logro de dicho propósito, el proyecto contribuirá a reducir la contaminación ambiental, al reutilizar materiales de desecho que normalmente se botan en basureros públicos.

Habiéndose determinado previamente la necesidad de regar y existiendo formas alternativas de riego por goteo artesanal, cabe preguntarse ¿Cuál podría ser la forma de riego por goteo artesanal más efectiva y eficiente tanto en lo económico como en el uso del agua, para la producción de chile cahabonero? y ¿Cuál podría ser la forma más aceptada por los productores de chile Cahabonero?

---

<sup>4</sup> Arce Canahuí, A.; Avendaño Vásquez, I.; Aguilar Quezada, L.F. 2019. Necesidades hídricas y umbral óptimo de riego en la producción de Chile Cahabonero, en el municipio de Cahabón, A. V. programa CRIA, IICA-CUNOR-MAGA.20 p.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Importancia del riego en los cultivos

En general, se puede decir que los agricultores dedican poca atención al riego en relación con la importancia que tiene sobre los demás factores de cultivo. Esta afirmación se fundamenta en las siguientes proposiciones:<sup>5</sup>

En los cultivos estivales, el riego es el factor que más influye sobre la productividad.<sup>6</sup> Su aplicación permite que los cultivos sean rentables.<sup>7</sup>

Es una práctica compleja que depende, a su vez, de otros factores como son las características hidráulicas del suelo, el equipo de riego, las condiciones meteorológicas y el propio estado de desarrollo del cultivo.<sup>8</sup>

Las modernas instalaciones de riego en parcela tienen un coste de inversión relativamente elevado.<sup>9</sup>

### 2.2 Tipos prácticos de riego por goteo

La implementación de sistemas y métodos artesanales de riego en la producción de chile cahabonero muestra avances en beneficio de los agricultores, ya que permite buscar soluciones baratas y fáciles de ejecutar en campo, para mejorar los rendimientos de los cultivos y la calidad de las cosechas.

La importancia de indagar y generar información sobre tecnologías artesanales de riego en la producción de chile cahabonero, no radica únicamente en la búsqueda del incremento de rendimientos por unidad de área del cultivo, sino también, en generar alternativas para fomentar su siembra en distintas épocas del año, pues el cultivo está tan arraigado dentro de los agricultores y campesinos del municipio que se realiza sin ningún tipo de insumo tecnológico y dependiendo la siembra exclusivamente de la época

---

<sup>5</sup> Importancia del riego en los cultivos. En línea. [http://www.inforiego.org/opencms/info\\_tecnica/3\\_importancia/index.html](http://www.inforiego.org/opencms/info_tecnica/3_importancia/index.html) (11 de enero de 2019)

<sup>6</sup> *Ibid.*

<sup>7</sup> *Ibid.*

<sup>8</sup> *Ibid.*

<sup>9</sup> *Ibid.*

vinculada a condicionantes climáticas, la limitan al final de la época de lluvias en la región, siendo esta de finales de noviembre a principios de enero. A su vez, se hace mención, al entorno y cultura vinculada al cultivo en las regiones de Santa María Cahabón, donde la siembra se acostumbra después del fin del ciclo del cultivo de maíz sembrado en épocas de mayo.

### 2.2.1 Riego con botellas Pet

Utilizando pequeñas cantidades de agua, esta tecnología contribuye a disminuir el estrés hídrico causado por la falta de lluvia y la excesiva evapotranspiración producida por las altas temperaturas. Esto es muy importante ya que en la zona el agua apta para riego y consumo humano no es abundante. El sistema permite mantener un nivel de humedad constante, sin que se produzcan fluctuaciones bruscas en el contenido de agua en el suelo.<sup>10</sup>

El sistema consiste en botellas plásticas (gaseosas descartables) a las que se les hace una perforación pequeña (2 mm. de diámetro) en la base. Las botellas son llenadas con agua y se las tapa. Al taparlas, la presión atmosférica hace que el agua salga en forma de gotas por el orificio practicado, pudiendo aumentarse o disminuirse la velocidad de salida del líquido según se abra o cierre la tapa de la botella. Las botellas se pueden colgar en el caso de parrales con media sombra para la producción de tomate o enterrar las botellas a una profundidad de no más de 15 a 20 cm. De esta manera, se riega la parte más necesaria que son las raíces. También se usan en cultivos trasplantados o en aquellos de siembra directa (maíz, zapallos, acelga, remolacha, etc.)<sup>11</sup>



**Figura 1. Riego con botellas plásticas**

**Fuente:** Instituto nacional de tecnología agropecuaria.

---

<sup>10</sup> Riego con botellas plásticas. En línea: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sistema de riego por goteo con botellas plasticas - c.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sistema_de_riego_por_goteo_con_botellas_plasticas_-_c.pdf) (11 de enero de 2019)

<sup>11</sup> Riego con botellas plásticas. En línea: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sistema de riego por goteo con botellas plasticas - c.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-sistema_de_riego_por_goteo_con_botellas_plasticas_-_c.pdf) (11 de enero de 2019)

### 2.2.2 Mangueras con agujeros de aplicación capilar

El riego por exudación, o riego exudante, consiste en una manguera porosa que exuda agua a lo largo de toda su superficie. Genera un caudal continuo de agua alrededor de toda su circunferencia. Generalmente las mangueras están fabricadas con poliéster tejido.<sup>12</sup>

El riego por exudación funciona gracias a la fuerza de la capilaridad y a las diferencias de presión entre el interior de la manguera y el suelo. Estos factores están determinados por la composición, textura (proporción de arena, limo y arcilla) y estructura del suelo, así como de su contenido en agua en sus poros.<sup>13</sup>

En suelo seco la fuerza de capilaridad y la menor presión del medio (comparada con la del interior de la manguera) hacen que el agua de salga en mayor cantidad.<sup>14</sup>

En suelo húmedo los poros del suelo están llenos de agua. La fuerza de capilaridad y la diferencia de presiones son menores, con lo que la manguera emanará menos agua, o ninguna en caso de que el medio esté saturado.<sup>15</sup>

De este modo, son las necesidades hídricas del suelo las que determinan el caudal de agua exudado de la manguera.

Si, además, enterramos el tubo ligeramente, incrementaremos la superficie de contacto del tubo con el suelo. Esta “simbiosis” entre tubo-suelo-planta se hace más fuerte.<sup>16</sup>

### 2.2.3 Riego por condensación o riego solar

El riego solar, también conocido como kondenskompressor, es una infraestructura con 2 botellas de plástico (una dentro de otra) que está basada en la evaporación y la condensación. En el interior se

---

<sup>12</sup> Riego por exudación. En línea: <https://www.planteaenverde.es/blog/10-ventajas-del-riego-por-exudacion/> (11 de enero de 2019)

<sup>13</sup> *Ibid.*

<sup>14</sup> Riego por exudación. En línea: <https://www.planteaenverde.es/blog/10-ventajas-del-riego-por-exudacion/> (11 de enero de 2019)

<sup>15</sup> *Ibid.*

<sup>16</sup> *Ibid.*

produce el efecto invernadero, al incidir la energía solar y producir dicha evaporación.<sup>17</sup>

Cuando el aire del interior se satura de humedad, el agua se condensa en las paredes de la botella y forma gotas que caen por gravedad al suelo.

En el interior de este sistema de riego se produce un ciclo del agua a pequeña escala, aportando agua al suelo de forma continua.<sup>18</sup>

Este sistema de riego es muy sencillo de fabricar y llega a reducir 10 veces la cantidad de agua que se utiliza en los sistemas de riego convencionales.<sup>19</sup>

#### **2.2.4 Riego con lana**

Un hilo de lana por su fuerza capilar succiona el agua de una botella pet hasta sacarla del recipiente y provocar goteo fuera del mismo.

La estimación de la lámina de riego en este método se puede estimar matemáticamente, debido a que la frecuencia de caída de una gota, varía en función de la altura que la lana tiene que levantar el agua para luego dejarla caer al suelo por efecto de la gravedad.

#### **2.2.5 Hidrogel**

Este tratamiento es atípico en comparación a los demás, debido a que los otros métodos artesanales de riego tienen un flujo y aplicación continua de agua al suelo, aprovechando diversos recursos y fuerzas como la capilaridad y osmosis, como elemento que permite la motricidad y el aporte de agua al suelo, en este caso, este producto permite la retención de agua para la liberación lenta y dosificada por largos periodos de tiempo. Según las especificaciones del producto, este compuesto tiene la capacidad de retener hasta 200 veces su peso en agua, por fines prácticos se calculó una única dosis en comparación con los otros tratamientos, que satisface la máxima necesidad de agua del cultivo de chile cahabonero.

---

<sup>17</sup> Riego solar. En línea: <https://twenergy.com/a/sistemas-de-riegos-para-momentos-de-necesidad-de-ahorro-de-agua-2709> (11 de enero de 2019)

<sup>18</sup> Riego solar. En línea: <https://twenergy.com/a/sistemas-de-riegos-para-momentos-de-necesidad-de-ahorro-de-agua-2709> (11 de enero de 2019)

<sup>19</sup> *Ibid.*

### **3. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Generar tecnología de riego apropiada a las condiciones de los productores de chile cahabonero del municipio de Santa María Cahabón, Alta Verapaz.

#### **Objetivos Específicos**

- Evaluar formas artesanales de riego por goteo como alternativa económica para la producción de chile Cahabonero
- Identificar la forma artesanal más efectiva, eficiente en cuanto al uso del agua y económica en cuanto a la inversión, para regar el cultivo de chile Cahabonero.
- Identificar la forma más aceptada por los agricultores

### **4. HIPÓTESIS**

La técnica de aplicación del agua por condensación será la más efectiva y eficiente por cuanto que para producir condensación primero debe saturarse la atmósfera por el proceso de evaporación que requiere gran cantidad de energía radiante, la cual se proveerá únicamente por la radiación solar, es decir que el suelo se mojará mayormente en las horas de más alta temperatura.

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Localidad y Época:**

La investigación se realizó en dos localidades del municipio de Cahabón que tuvieran disponibilidad cercana de agua, durante los meses de diciembre de 2019 a mayo de 2020.

#### **5.2 Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones. En la localidad de San José Canihor el análisis de datos se realizó para 4 repeticiones ya que por efectos de la enfermedad fúngica de marchites se descartó una repetición.

### **5.3 Tratamientos**

- Tratamiento 1: Riego aplicado con lana
- Tratamiento 2: Riego solar o aplicación por condensación
- Tratamiento 3: Aplicación con botellas PET.
- Tratamiento 4: Mangueras con aplicación capilar
- Tratamiento 5: Hidrogel
- Tratamiento 6: Testigo (sin riego)

### **5.4 Tamaño de la Unidad experimental**

Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 4 m de largo por 3 m de ancho, es decir 12 m<sup>2</sup>

### **5.5 Modelo Estadístico:**

El modelo típico de un diseño de bloques al azar  $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

### **5.6 Variables Respuesta**

El efecto de los tratamientos se midió mediante las variables: Desarrollo vegetativo, número de frutos por planta y rendimiento en kg/ha.

### **5.7 Análisis de la Información**

Los datos de las variables respuesta se sometieron a un análisis de varianza y por encontrar significancia se aplicó la prueba de comparación de medias de Scott Knott

### **5.8 Manejo del Experimento**

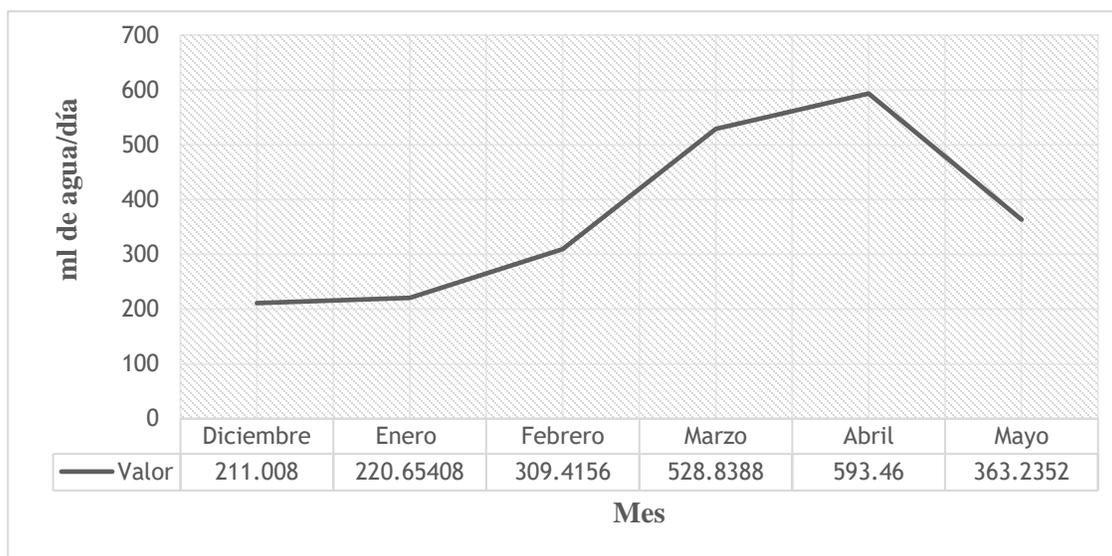
El experimento se manejó de la misma manera que lo hace el agricultor

## 6. RESULTADOS

Comparaciones de los métodos artesanales de riego y su impacto en las necesidades de agua del cultivo de chile cahabonero, se pueden realizar únicamente al analizar los requerimientos del cultivo, sin embargo, el mismo no cuenta con ensayos que orienten sobre el consumo de agua, por lo que, de acuerdo a recomendaciones y observaciones en campo, se buscaron las pérdidas de agua en la región con base a métodos teóricos y se adaptó al chile cahabonero, tomando como referencia el cultivo de chile serrano y su coeficiente de cultivo  $K_c$ , por sus similitudes en relación al tamaño, ciclo del cultivo y al desarrollo fenológico que presenta.

Diversos autores han propuesto metodologías para la obtención de la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>) con base a tablas, y uno de los métodos es el de Blaney y Criddle, que fue desarrollado para las condiciones del Oeste de los estados Unidos, y FAO lo ha modificado y ajustado para la región centroamericana. De manera que según Cabrera, Rudy (2010), el método de Blaney y Criddle modificado por FAO es el más específico para la región centroamericana para fines de diseño de riego.

Al realizar el cálculo por el método de Blaney y Criddle modificado por FAO, y utilizar un  $K_c$  ajustado (similar al cultivo), obtenemos los requerimientos del cultivo de chile cahabonero en mm/día, que se debe de aplicar para compensar las pérdidas por evapotranspiración, satisfacer las necesidades hídricas y mantener un bulbo húmedo de 0,2 metros de radio y 0,3 m de profundidad. En el cálculo se contempla la época de siembra, por lo que inicia en diciembre y culmina en la época estival, como se muestra en la siguiente gráfica:



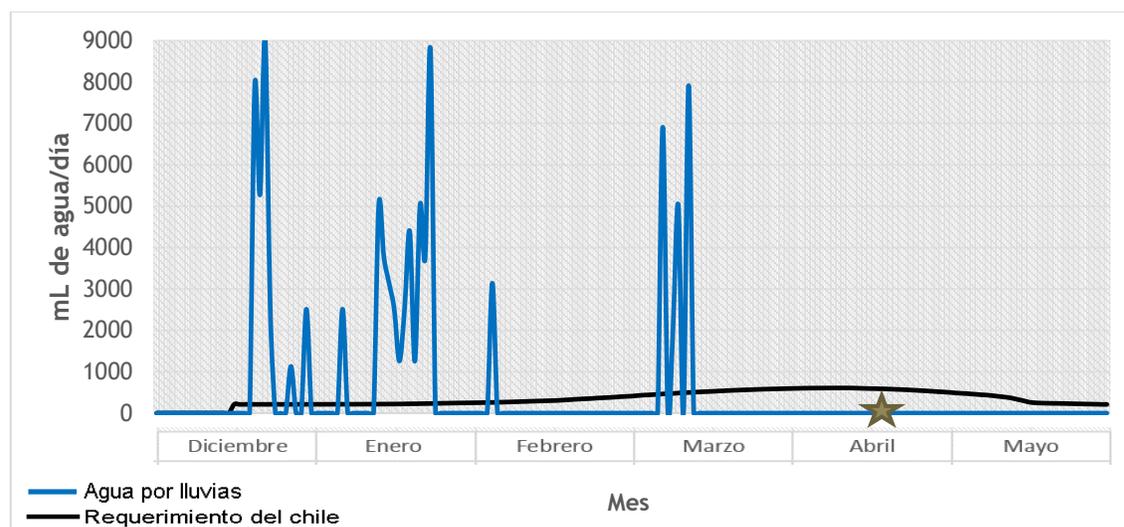
**Figura 2. Requerimiento medio mensual de agua/día/planta del chile cahabonero en ml, Cahabón 2020.**

**Fuente:** Elaboración propia

\*Los datos de la gráfica anterior se expresan ml de agua calculados con base en la lámina requerida para compensar la pérdida de humedad diaria por evapotranspiración en un radio de 0,2 metros (0,1256 m<sup>2</sup>) alrededor del tallo de la planta de chile cahabonero. Fuente: Elaboración propia. 2020

La grafica anterior muestra la tendencia de las necesidades y aportes de agua por día que deben de aplicarse al cultivo de chile cahabonero a partir de la siembra (punto marcado por una estrella), en función a la etapa fenológica del cultivo y el Kc, con base a estos requerimientos se analiza el aporte de agua de cada uno de los métodos evaluados más la aplicación de agua por efecto de las lluvias.

La lluvia representa una entrada de agua importante para el cultivo de chile cahabonero, pero a pesar de que la lluvia se distribuye naturalmente por toda el área y sin costo, el agricultor no tiene control sobre su volumen, frecuencia o distribución geográfica. La precipitación media anual es de 2561mm y las lluvias más copiosas se dan en los meses de junio a octubre (según es.climate-data.org). El mes más seco es marzo, con 64 mm pero en junio, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 425 mm por lo que la diferencia de precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 361 mm. Esa distribución de lluvias poco uniforme es perjudicial para las plantaciones de chile cahabonero por ello los productores siembran en diciembre a manera de que el cultivo desarrolle la mayor parte de su ciclo en la época estival.



**Figura 3. Entrada de agua por efecto de lluvias y necesidades del cultivo, Cahabón 2020.**

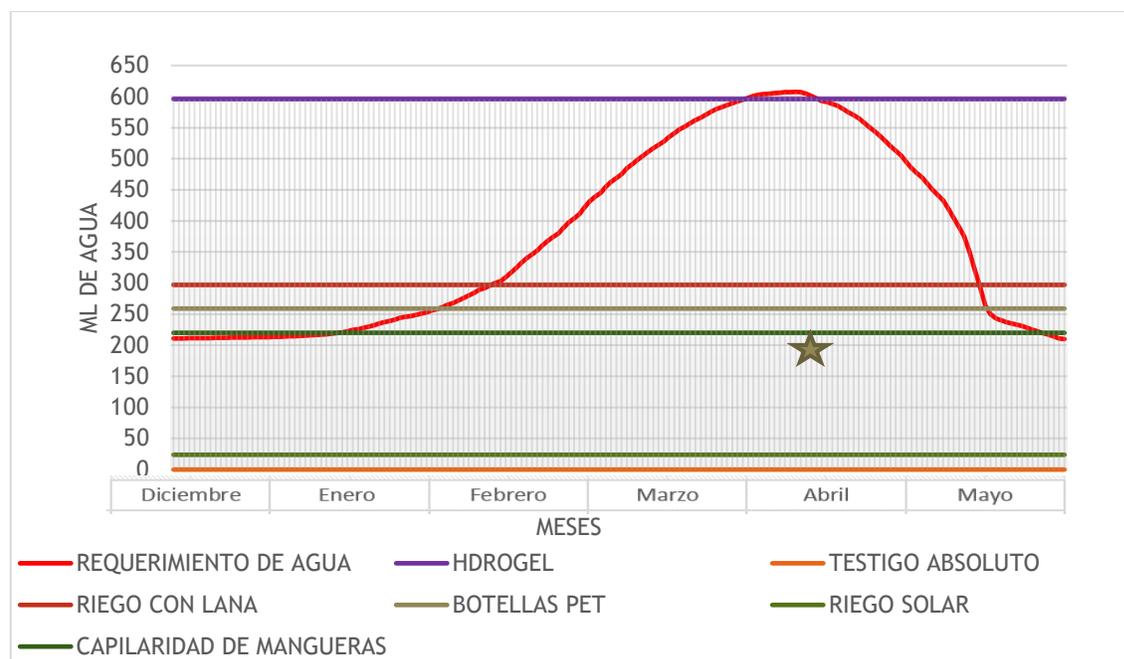
**Fuente:** Elaboración propia

\*Datos analizados en un radio de 0,2 metros (0,1256 m<sup>2</sup>) alrededor del tallo de la planta de chile cahabonero. Fuente: Elaboración propia. 2020

En la gráfica anterior se expresan las entradas en mm de agua por efecto de lluvias y su comparación con los requerimientos teóricos estimados del chile cahabonero. Para el mes de diciembre 2019 se tiene el valor más alto y se denota la amplia brecha entre los requerimientos de cultivo (211.59 ml) y las entradas de agua por efecto de las lluvias (9043.2 ml) registrada en el pluviómetro artesanal, colocado en la parcela de investigación, para el caso anterior la lluvia copiosa aportó 43 veces más la cantidad de agua necesaria por planta/día, en orden descendente le sigue una lluvia a finales de enero

(8792 ml) que aporte 38 veces más el agua necesaria por planta/día (231.8 ml). Estos datos son importantes para conocer el efecto de lluvias en la región y el impacto que tiene el superávit de agua de determinadas fechas sobre el desarrollo del cultivo y más importante, en el desarrollo de enfermedades fúngicas y bacterianas que se analizaran posteriormente.

Cada uno de los tratamientos analizados representa una lámina y una frecuencia de riego específica, la que se muestra en la siguiente gráfica.



**Figura 4. Aporte de agua de los métodos artesanales VTS el requerimiento de agua del cultivo, Cahabón 2020.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Al analizar el aporte de agua de cada uno de los tratamientos, en la gráfica anterior se observa que el hidrogel es el único que tiene la capacidad de aportar 596 ml de agua/día que satisface el agua necesaria en el máximo requerimiento del cultivo, que se da en la antesis y principios de la producción de frutos, seguido del tratamiento de riego con lana con 297.50 ml de agua/día, botellas PET con 259 ml de agua/día y capilaridad de mangueras con 220 ml de agua/día. La lámina del riego solar fue la mínima diaria, con 23.83 ml de agua/día y por último el testigo absoluto al cual no se le aportó agua respectivamente.

Para determinar el efecto de los tratamientos y su aplicabilidad en campo, se establecieron dos repeticiones del experimento en puntos estratégicos de Santa María Cahabón, Alta Verapaz, las dos localidades trabajadas fueron la aldea Canihor y el caserío Cucar ubicadas en las coordenadas de latitud y longitud 15.585998°, -89.846756° y 15.612423°, -89.804695° respectivamente.

Al conocer el efecto y la aplicación de agua de cada uno de los tratamientos, se analizan los rendimientos alcanzados en una prueba múltiple de medias para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

Los rendimientos obtenidos en la localidad de Canihor, ubicada en Cahabón, Alta Verapaz fueron los siguientes:

### Cuadro 1

Rendimientos por tratamientos en Kg/ha en la localidad Canihor, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

TRATAMIENTO	Bloques				Promedio
	I	I	III	IV	
1	499.86	513.22	436.57	444.18	473.457
2	971.03	1182.75	832.78	1080.19	1016.657
3	979.85	1588.82	1248.16	1444.54	1315.343
4	802.07	914.89	1031.78	1054.20	950.735
5	1004.57	1486.10	1015.28	1268.72	1193.667
6	924.65	604.79	877.45	1174.10	895.247

**Fuente:** Elaboración propia

\*Para el cálculo de los rendimientos se realizó una inferencia a plantas por hectárea con una densidad de 20,833 plantas (distanciamiento de siembra de 0.6 m entre plantas y 0.8 metros entre surcos)

Se muestra el resumen del ANDEVA realizado a los tratamientos en la parcela Canihor, se obtuvo los resultados siguientes:

### Cuadro 2

Análisis de varianza para la variable rendimiento en Kg/ha, Cahabón, Alta Verapaz

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	A <sub>j</sub>	CV
Rendimiento en Kg/Ha	24		0.81	0.71	17.69
F. V.	S. C.	Gl	CM	F.	P-Valor
Modelo	1893175.24	8	236646.90	7.97	0.0003
Tratamiento	1695506.39	5	339101.28	11.42	0.0001
Bloque	197668.89	3	65889.61	2.22	0.1282
Error	445592.24	15	29706.15		
Total	2338767.48	23			

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 3**

Comparación de medias, pruebas de Scott & Knott, Alfa=0.005, Cahabón, Alta Verapaz, 2020

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3		4	86.18	A	
5		4	86.18	A	
2		4	86.18		B
4		4	86.18		B
6		4	86.18		B

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 4**

Rendimientos obtenidos en la localidad de San José Cucar, en Kg/Ha, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

TRATAMIENTO	Bloques					Promedio
	I	II	III	IV	V	
1	2999.95	1866.63	2337.46	2299.96	1270.81	2154.962
2	1812.47	1989.55	1989.55	1912.46	2135.38	1967.882
3	3774.93	2843.70	2449.96	2649.95	3583.27	3060.362
4	2093.71	2599.95	1520.80	3266.61	1760.38	2248.29
5	1616.64	1406.22	2112.46	1864.55	2612.45	1922.464
6	1406.22	2566.62	1864.55	2866.62	1895.80	2119.962

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 5**

Análisis de varianza para rendimiento en San José Cucar en Kg/Ha, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	A <sub>j</sub>	CV
Rendimiento en Kg/Ha	30	0.42		0.17	25.75
F. V.	S. C.	Gl	CM	F.	P-Valor
Modelo	4930216.36	9	236646.90	7.97	0.0003
Tratamiento	4346955.80	5	339101.28	11.42	0.0001
Bloque	583260.56	4	65889.61	2.22	0.1282
Error	6687475.52	20	29706.15		
Total	11617691.88	29			

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ANDEVA realizado a los datos de rendimiento en Kg/ha obtenidos en cada una de las localidades, muestran diferencias estadísticamente altamente significativas para la localidad de Caniher, no así para la localidad Cucar; sin embargo en ambas localidades el mejor tratamiento fue el T3 o riego con botellas Pet debido probablemente a que el volumen de agua aplicado por este método se encuentra en el nivel promedio de los volúmenes de agua aplicados por los demás métodos. En la comunidad

de San José Canihor el método de botellas Pet no es significativamente diferente al método de Hidrogel que en un día de campo realizado con los agricultores expresaron su preferencia por considerarlo el método más práctico aunque de un costo mucho más elevado.

En los cuadros 6 y 7 se presentan los resultados del número de frutos por planta en ambas localidades.

### Cuadro 6

Numero de frutos por planta en San José Canihor, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

TRATAMIENTO	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
1	23.994	24.6352	20.956	21.321	22.73
2	46.6102	56.7732	39.9744	51.8503	48.80
3	47.034	76.2648	59.9127	69.3392	63.14
4	38.5	43.9155	49.5264	50.6025	45.64
5	48.2202	71.3342	48.7344	60.8998	57.28
6	44.384	29.0304	42.1185	56.358	42.97

Fuente: Elaboración propia.

### Cuadro 7

Numero de frutos por planta en San José Cucar, Cahabón Alta Verapaz, 2020.

TRATAMIENTO	Bloques					Promedio
	I	II	III	IV	V	
1	240.83	112.38	187.53	138.57	122.35	160.332
2	174.34	191.03	191.43	153.29	205.45	183.108
3	302.94	195.65	147.47	212.98	344.59	240.726
4	201.18	156.89	146.34	196.74	169.52	174.134
5	97.28	135.38	169.20	179.61	209.17	158.128
6	135.59	154.79	179.89	172.97	182.42	165.132

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de varianza muestran diferencias altamente significativas en la localidad de Canihor donde los tratamientos 3 (riego con botellas pet) y el hidrogel resultan ser los mejores. Para la localidad de San José Cucar no hubo significancia pero el tratamiento 3 tuvo relativamente mejores resultados.

**Cuadro 8**

Análisis de varianza para numero de frutos/planta en San José Cunihor, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Fruto promedio por planta	24	0.81		0.71	17,69
F. V.	S. C.	Gl	CM	F.	P-Valor
Modelo	4362.01	8	545.25	7.97	0.0003
Tratamiento	3906.57	5	781.31	11.42	0.0001
Bloque	455.44	3	151.81	2.22	0.1282
Error	1026.68	15	68.45		
Total	5388.69	23			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 9**

Comparación de medias para numero de frutos/planta, san José Canihor, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
3	63.14	4	4.14	A	
5	57.30	4	4.14	A	
2	48.80	4	4.14		B
4	45.64	4	4.14		B
6	42.87	4	4.14		B
1	22.73	4	4.14		C

Fuente: Elaboración propia.

En los cuadros 10 y 11 se presentan los resultados de altura de planta para las localidades de San José Canihor y San José Cucar

**Cuadro 10**

Altura promedio de planta en cm en San José Canihor, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

Tratamiento	Bloques				Promedio
	I	II	III	IV	
1	71.36	58.46	47.76	59.8	59.345
2	63.8	55.01	56.6	67.4	60.7025
3	74.58	52.37	45.94	59.33	58.055
4	49.54	34.77	45.78	43.36	43.3625
5	49.54	61.98	43.67	79.62	58.7025
6	44.06	45.48	38.87	47.84	44.0625

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 11**

Altura promedio de planta en cm en San José Cucar, Cahabón, Alta Verapaz, 2020.

Tratamiento	Bloques					Promedio
	I	II	III	IV	V	
1	60.5	54.3	70.1	69.3	51.3	61.1
2	54.7	58.8	59.8	56.2	64.5	58.8
3	57.6	63.2	61.6	62.3	66.2	62.18
4	58.7	42.6	51.7	79.6	72.8	61.08
5	64.3	53.9	63.2	65.2	55.7	60.46
6	56.83	46	67.5	72.3	63.2	61.166

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 12**

Análisis de varianza para altura en cm en San José Canihor, Cahabón, Alta Verapaz 2020.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Altura de planta en cm	24	0.66		0.47	15.46
F. V.	S. C.	Gl	CM	F.	P-Valor
Modelo	2005.66	8	250.71	3.59	0.0158
Tratamiento	1295.80	5	259.16	3.71	0.0218
Bloque	709.86	3	236.62	3.39	0.0458
Error	1046.47	15	69.76		
Total	3052,13	23			

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 13**

Comparación de medias por Scott & Knott para altura de plantas en San José Canihor, Cahabón, Alta Verapaz 2020

Tratamiento	Medias	N	E.E.		
3	63.14	4	4.14	A	
5	57.30	4	4.14	A	
2	48.80	4	4.14		B
4	45.64	4	4.14		B
6	42.87	4	4.14		B
1	22.73	4	4.14		C

Fuente: Elaboración propia.

Los análisis de varianza a los datos de ambas localidades indican diferencias significativas para altura de planta en la localidad de Canihor, agrupando los tratamientos 3 (riego con botellas pet), y 5 (hidrogel) como los mejores. En San José Cucar no se detectaron diferencias significativas, sin embargo el tratamiento 3 (riego con botellas pet) tuvo relativamente mejores resultados.

Al analizar el aporte de agua en la totalidad del volumen aplicado diariamente para cada uno de los tratamientos, se observa que, no existen diferencias muy marcadas entre los tratamientos T3 (mejor tratamiento en ambas localidades), T2 o riego por capilaridad de mangueras (tercer tratamiento en San José Canihor), T4 o riego aplicado con lana (segundo tratamiento en Cucar) y T1 o riego solar (tercer tratamiento en San José Cucar) (ver fig. 4).

Las diferencias de láminas entre tratamientos no superan los 40 ml, el T3 o riego con botellas PET aplica un volumen aproximado de 259 ml de agua/día/planta, el T4 o riego por capilaridad de mangueras aplica 220 ml de agua/día/planta y el T1 o riego con lana aplica 297.5 ml de agua/día/planta respectivamente.

Según INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina) en su guía para la instalación de pequeños sistemas de riego (2009): la aplicación correcta del agua de riego tiene como objetivo no dejar descender el contenido de humedad del suelo, por debajo de un valor que afecte el crecimiento de las plantas y se trata de mantener los niveles de humedad en capacidad de campo, con el objeto de disminuir los gastos de energía, por parte de la planta, para absorber agua. Por lo que los efectos de los umbrales y las frecuencias de riego son significativos en el desarrollo y producción de las plantas.

Sin embargo, la humedad constante en los suelos, tiene un efecto diferente en la profilaxis y sanidad de las plantas, principalmente por la aparición de hongos dañinos al cultivo, que genera diferentes efectos en grado de severidad según la especie cultivada, de manera que, este efecto se debe de considerar al momento de recomendar las aplicaciones de agua. Agrios (2005) cita que los hongos pueden llegar incluso a los frutos de las plantas infectadas y penetrar o contaminar las semillas, lo cual es un efecto de alta severidad, que sucede principalmente cuando la humedad del suelo es alta y la temperatura relativamente baja. Estas condiciones así como pueden permitir a las plantas producir buenas cosechas, son contraproducentes cuando son infectadas por hongos, pues a su vez generan detrimento de la producción y calidad de la cosecha.

El problema de la proliferación de enfermedades fúngicas, pudo observarse en la presente investigación al hacer lavados de raíces en campo en etapas productivas del chile cahabonero a los 120 días después del trasplante, donde se notó la presencia de costras formadas por el daño de hongos en épocas juveniles de las plantas de chile, otro dato a resaltar lo encontramos al analizar los historiales del cultivo en la región con agricultores, donde uno de los principales problemas del cultivo es la susceptibilidad a la marchitez por enfermedades fúngicas (efecto de *Fusarium spp.*), por lo que no son convenientes altas frecuencias de riego.

## 7. CONCLUSIONES

- El mejor método según análisis de la variable rendimiento es el de aplicación del agua con botellas pet, cuyo volumen aplicado es de 259 ml/día/planta
- Los requerimientos hídricos del cultivo en las etapas inicial y de desarrollo fueron cubiertos satisfactoriamente por la precipitación pluvial con excepción de un período de canícula en el mes de febrero.
- La máxima demanda de agua se presentó en la primera semana de abril, justo en la etapa de cuajado de fruto
- Debido a excesos de precipitación pluvial en diferentes momentos del cultivo, se presentaron efectos contraproducentes de la enfermedad fúngica *Fusarium spp*

## 8. RECOMENDACIONES

- Usar como método artesanal de riego por goteo el de botellas Pet
- Suspender la aplicación de agua en días de alta precipitación pluvial para reducir el riesgo al ataque de enfermedades fungosas
- Mantener un control estricto de malezas

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Climate-Data.org. (Agosto de 2020). *Climate-Data.Org*. Obtenido de Datos de lluvias y distribución: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/guatemala/alta-verapaz/santa-maria-cahabon-46094/>
- FAO. (Mayo de 1990). *Estudio FAO riego y drenaje*. Obtenido de Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.pdf>
- FAO. (Abril de 2013). *Captación y Almacenamiento de agua de lluvia, opciones técnicas para la agricultura familiar en América latina y el Caribe*. Obtenido de Captación de Agua de la FAO: <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
- Hortalizas. (marzo de 2020). *Hortalizas*. Obtenido de Hortalizas: <https://www.hortalizas.com/?s=riego>
- InfoRiego. (Marzo de 2020). *Inforiego.org*. Obtenido de Importancia del Riego: [http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info\\_tecnica/3\\_importancia/index.html](http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info_tecnica/3_importancia/index.html)
- Moreno, A. (24 de Febrero de 2012). *Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria*. Obtenido de Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria: <https://inta.gob.ar/documentos/sistema-de-riego-por-goteo-con-botellas-plasticas-0>
- Rosique, M. (Noviembre de 2014). *Planteaenverde*. Obtenido de 10 ventajas del riego por exudación: <https://www.planteaenverde.es/blog/10-ventajas-del-riego-por-exudacion/>
- Twenergy. (Marzo de 2020). *Twenergy*. Obtenido de Twenergy: <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/como-ahorrar-agua/riego-solar-casero-y-ecologico-kondenskompressor-1874/>