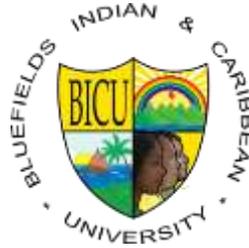


BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY
BICU



Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente
FARENA

Escuela de Biología Marina
Ecología de los Recursos Naturales

Monografía para optar al título de
Licenciado en Ecología de los Recursos Naturales

Título

Evaluación de las necesidades hídricas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) INTA Rojo (EAP 9510-77) en condiciones del Trópico Húmedo de Nicaragua en época de primera, Municipio de Bocana de Paiwas

Autores:

Br. Wilfredo Josiel Lazo Sánchez
Br. Jasvin Joel Méndez Sevilla

Tutor:

MSc. Juan Asdrúbal Flores Pacheco, cPhD

Bluefields, RACCS, Nicaragua, enero 2019

“La Educación es la Mejor Opción para el Desarrollo de los Pueblos”

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	ANTECEDENTES	8
III.	JUSTIFICACIÓN	11
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
V.	OBJETIVOS	14
5.1.	Objetivo General.....	14
5.2.	Objetivos específicos	14
VI.	MARCO TEÓRICO	15
6.1.	El frijol en Nicaragua.....	15
6.2.	Taxonomía del Frijol	15
6.3.	Ficha técnica del Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	16
6.4.	Material vegetal	18
6.5.	Protección de cultivos	20
6.6.	Insecticidas botánicos y caldos minerales.....	21
6.7.	Recolección y manejo postcosecha.....	24
6.8.	Seguridad e higiene laboral.....	24
6.9.	Estrés.....	25
6.10.	Estrés hídrico.....	26
6.11.	Evapotranspiración.....	27
VII.	HIPÓTESIS	30
VIII.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
8.1.	Localización del estudio	31
8.2.	Tipo de investigación.....	33
8.3.	Corte de la investigación.....	33

8.4.	Unidad experimental.....	33
8.5.	Tratamientos	34
8.6.	Tipo y frecuencia de muestreo.....	34
8.7.	Calculo de la evapotranspiración potencial diaria	35
8.8.	Factores de análisis	35
8.9.	Parcelas y replicas.....	36
8.10.	Variables evaluadas.....	36
8.11.	Variables Estadísticas.....	37
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
X.	CONCLUSIONES	49
XI.	RECOMENDACIONES	50
XII.	REFERENCIAS.....	51
XIII.	ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de estudio.....	29
Figura 2. Ilustración de la ubicación del experimento.	31
Figura 3. Esquema de la distribución de los tratamientos en campo.....	32
Figura 4. Esquema de macetera y aplicación de agua a los tratamientos evaluados.....	34
Figura 5. Variables fenológicas. A) Altura (cm) - B) Diámetro (mm) de la planta..	38
Figura 6. Variables productivas. A) Número de flores por planta - B) Número de vainas por planta..	43
Figura 7. Variables productivas. A) Longitud (cm) y B) Diámetro (mm) de la vaina en función del tratamiento evaluado.	45
Figura 8. Variables productivas A) Peso (gr) de la vaina - B) Peso (gr) del grano de la planta en función del tratamiento.	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de operacionalización de variables.....	36
---	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

$ETP = 1.21x010Ft1 - 0.01HRD + 0.21t - 2.3$ <u>Ecuación 1</u>	35
$Ft = 7.45t234.7 + t$ <u>Ecuación 2</u>	35
$HRD = HR8:00 am + HR2:00 pm2$ <u>Ecuación 3</u>	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Frijol	15
Tabla 2. Insecticidas botánicos y caldos minerales	21
Tabla 3. Dosis de aplicación de los Bio-plaguicidas	22
Tabla 4. Procedimiento de elaboración de los plaguicidas botánicos.	23
Tabla 5. Diferencias en rendimiento entre variedades mejoradas y criollas en lotes comerciales	24
Tabla 6. Muestra y repeticiones.....	34
Tabla 7. Materiales e insumos	37
Tabla 8. Análisis comparativo de la biomasa por cada sección de la planta en función del tratamiento.....	41

RESUMEN

El cambio climático ha venido alterando las condiciones agroecológicas en todo el mundo. América Latina es una de las regiones más afectadas, siendo Nicaragua, Honduras y Haití los países más vulnerables. Parte de estos efectos se notan en las variaciones de los regímenes de lluvias al punto de tocar extremos como sequías e inundaciones en zonas de clima moderado. El riesgo se acrecienta al saber que el 90% de los cultivos de esta región depende del régimen de lluvias. Como alternativa se han comenzado a evaluar y utilizar ampliamente variedades resistentes a la sequía, una de ellas es la variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo (EAP 9510-77). El objetivo de esta investigación es evaluar el comportamiento fenológico y productivo de esta leguminosa en condiciones de estrés hídrico. También se determinará la cantidad mínima y máxima de agua con la que la planta no entre en pérdida productiva por medio de correlaciones de variables. La investigación se realizó en el municipio de Bocana de Paiwas, en el Caribe de Nicaragua en periodo de primera del ciclo productivo 2018. Se registró una precipitación promedio de 60 mm mensuales. Este estudio es de carácter experimental y dirigido a cuantificar el efecto de las alteraciones fenológicas y productivas en la planta de *P. vulgaris* por el estrés hídrico. Se empleo el análisis de varianza y Diferencia Mínima Significativa con un $\alpha=0.05$ para el análisis estadístico de los datos registrados. El tratamiento cinco (T₅) es el que permitió el desarrollo óptimo de las características fenológicas y productivas *P. vulgaris* INTA Rojo (EAP 9510-77). Este cultivar de frijol requiere un mínimo del 80% y un máximo 120% de la cantidad diaria de evapotranspiración para no entrar en pérdida productiva por estrés hídrico. Partiendo del dato anterior se identifica que el cultivar del frijol (*Phaseolus vulgaris*) INTA Rojo (EAP 951077) es altamente (0.95) sensible a las variaciones de humedad en el suelo. El frijol (*Phaseolus vulgaris*) INTA Rojo (EAP 9510-77) no presenta características de adaptación a condiciones de sequía y/o estrés hídrico por carencia de agua. Se requieren más investigaciones en condiciones controladas donde se pueda monitorear variables ambientales y atmosféricas. También deben integrarse otras variedades, entre ellas las criollas de uso común.

Palabras claves: Índice de productividad, sequia, variedad tolerante, adaptación climática.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio tuvo como finalidad el aumento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*) mediante la selección de semillas resistentes al estrés hídrico de acuerdo con lo reportado por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) (INTA, 2009). El frijol es un cultivo que no requiere grandes volúmenes de agua durante su ciclo vegetativo, la demanda de agua dependió en su fase de desarrollo, siendo el cultivo exigente en la fase de germinación y muy exigente en la fase de diferenciación floral, fructificación y llenado del grano (INTA, 2009).

En un contexto de clima variable, la capacidad de transformar la agricultura para alimentar a una población creciente sin perjudicar la base de recursos naturales no sólo permitió alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria, sino que también ayuda a mitigar los efectos negativos del cambio climático. Una agricultura más productiva y resistente requerirá una mejor gestión de los recursos naturales, como la tierra, el agua, el suelo y los recursos genéticos, a través de buenas prácticas como la agricultura de conservación, el control integrado de plagas, la agroforestería y las dietas sostenibles, para identificar genotipos con resistencia múltiple a sequía y enfermedades, el mejoramiento genético se ha basado en métodos tradicionales que requieren de la evaluación de un alto número de genotipos, para incrementar las probabilidades de seleccionar los que expresen un comportamiento superior (Meriño et al., 2015).

En la última década, los enfoques utilizados por los programas de mejoramiento han sido enfatizados en la generación de cultivares con una base genética más amplia y mayor adaptación regional. Para ello, fuentes diversas de germoplasma de las razas andinas y mesoamericanas se emplean en los programas más relevantes en la región de Centroamérica y el Caribe (Correia et al., 2014).

Actualmente, algunas variedades y germoplasma mejoradas poseen una base genética adecuada que les confiere mayor adaptación y potencial de rendimiento, así como mejor resistencia a enfermedades y factores abióticos, que las variedades criollas. Lamentablemente, los beneficios derivados del empleo de variedades mejoradas están

frecuentemente limitados por sistemas deficientes de disseminación y el reducido acceso de los agricultores a semilla de alta calidad. En otros casos, las variedades mejoradas no son adoptadas debido a su inferior calidad de grano con respecto a las criollas, o la falta de adaptación a los sistemas de producción de bajos insumos usados por los pequeños productores (Acosta-Díaz, 1998).

Para salida a esta problemática se ha establecido un experimento para determinar el efecto del estrés hídrico en la variedad de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo (EAP 9510-77). Se estableció en el municipio de Bocana de Paiwas, entre los meses de abril a julio del año 2018 correspondiente al periodo de primera en el ciclo productivo agrícola Nicaragüense. Esta zona está caracterizada por ser parte del Trópico Húmedo de Nicaragua de acuerdo a la caracterización climática del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2015).

II. ANTECEDENTES

El Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Honduras, inició sus actividades en 1988. Su enfoque principal ha sido la generación de variedades mejoradas de frijol con mayor adaptación agronómica y productiva que las variedades comerciales tradicionales utilizadas, como resultado de una estrategia de mejoramiento para incrementar la resistencia a enfermedades y tolerancia a factores abióticos como la sequía, inundaciones, salinidad y acidificación del suelo entre otras que limitan su productividad en Centro América y el Caribe (Prado, et al., 2016).

Los objetivos del PIF han estado dirigidos a contribuir en la seguridad alimentaria y nutricional y el mejoramiento de la calidad de vida de los pequeños productores de frijol y sus familias. Durante el período 1988-2000, el PIF concentró sus actividades en ampliar la base genética e incrementar la resistencia a las enfermedades y la tolerancia a los factores abióticos predominantes (sequía, altas temperaturas y baja fertilidad de los suelos) utilizando recursos genéticos y el mejoramiento convencional. Posteriormente, se implementaron las técnicas moleculares para la caracterización de la diversidad genética del frijol y la selección asistida con marcadores (SAM) para la resistencia a enfermedades (Prado, et al., 2016).

En el 2000, el PIF implementó en sus actividades la metodología de fitomejoramiento participativo (FP) para desarrollar variedades mejoradas con mayor adaptación a nichos agroecológicos específicos, llevando a cabo los procesos de evaluación y selección en comunidades metas, con la participación de agricultores organizados en comités técnicos. (Contribuciones del Programa de Investigaciones en Frijol en Centro América y El Caribe). Gran parte del frijol es producido en pequeñas fincas mayormente ubicadas en terrenos de laderas y suelos marginales. Los agricultores usan bajos insumos y sólo algunas fincas son mecanizadas o irrigadas (Meriño et al., 2015).

En la última década, los enfoques utilizados por los programas de mejoramiento han sido enfatizados en la generación de cultivares con una base genética más amplia y mayor adaptación regional. Para ello, fuentes diversas de germoplasma de las razas andinas y mesoamericanas se emplean en los programas más relevantes en la región de Centroamérica

y el Caribe (Birchler, Rose, Royo, & Pardos, 1998; Moreno & Moreno F, 2009; Medrano & Flexas, 2003).

En la década de 1990 y en la actualidad, la frecuencia de sequía aumentó, como resultado se han dado fuertes pérdidas de rendimiento en muchas zonas. Frente a las sequías siempre amenazantes, los investigadores continúan identificando genes que puedan ayudar a las plantas a tolerar condiciones áridas, con la esperanza de usar esos genes para producir cultivos resistentes. Los pequeños agricultores de frijol, trabajando en áreas ecológicamente frágiles, están expuestos cada vez más a ciclos periódicos de sequías e inundaciones (Cuadra, 2007-2008).

Según estimaciones de los estudios de adopción e impacto, el 40% de las 480,500 hectáreas sembradas con frijol en Centroamérica en 1996, fueron cultivadas con variedades mejoradas. En términos de promedio, la ganancia en rendimiento unitario en la región por uso de variedades mejoradas es de 205 kg/ha; considerando el 40% de la superficie sembrada con variedades mejoradas, se tendría un incremento en la producción de 39,400 toneladas anuales, producción suficiente para alimentar a 3,283,000 personas durante un año considerando un consumo por persona de 12 kg/ año (Acevedo, Silva, & Silva, 1998).

Un número significativo de variedades mejoradas de frijol de grano rojo pequeño y algunas de grano negro, han sido desarrollados por los programas nacionales e internacionales en la región de Centro América y el Caribe. Los agricultores de estas regiones se han beneficiado con el uso de estas variedades al solucionar serios problemas agronómicos, el incremento y la estabilidad de la producción, la seguridad alimentaria y la generación de ingresos (Acosta-díaz, 1998; Suarez, Davalo 2016, 2001).

En nuestro país el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio de Economía Familiar, Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA) han unido esfuerzos para incrementar el alcance de la transferencia tecnológica y la asistencia técnica a las distintas zonas productivas de Nicaragua. Una estrategia adoptada en este particular es la realización de ferias donde los agricultores son los sujetos principales del proceso de difusión, adopción y mejora del paquete tecnológico (Ministerio de economía

familiar, comunitaria, 2018). Dentro del paquete tecnológico de ambas instituciones la variedad de Frijol INTA Rojo ocupa un lugar privilegiado como una variedad altamente productiva por sus características agronómicas, organolépticas y la resistencia a la sequía (INTA, 2009).

III. JUSTIFICACIÓN

El frijol es un cultivo que no requiere grandes volúmenes de agua durante su ciclo vegetativo, la demanda de agua dependerá de su fase de desarrollo, siendo el cultivo exigente en la fase de germinación y aun más en la fase de diferenciación floral, fructificación y llenado del grano (Domínguez-Suárez, 2016). Este tema es importante debido a que un 90% de la población de esta comunidad se dedican a la productividad de granos básicos como el frijol, que es uno de los principales en esta comunidad (Alcaldía Municipal de Paiwas, 2000).

Entre las leguminosas de grano alimenticias, el frijol es una de las especies más importante para el consumo humano. Su producción abarca diversas áreas agroecológicas. Esta leguminosa se cultiva prácticamente en todo el mundo. América Latina es la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45% de la producción mundial total proviene de esta región (Fabre et al., 2011).

En la mayoría de las zonas productoras de frijol los rendimientos potenciales nunca son alcanzados, esto se debe a que esta leguminosa se cultiva principalmente en condiciones ambientales poco favorables, como son la escasa y errática precipitación pluvial durante la estación de crecimiento, basta decir que en América Latina el 60% de los campos agrícolas sembrados con frijol común sufren de estrés hídrico o sequía en alguna etapa del desarrollo (Fabre et al., 2011).

Los resultados de las investigaciones Suarez, Davalo (2016), demuestran que, bajo condiciones edafoclimáticas adversas debido a las altas temperaturas, las variedades registraron un índice de estrés que varía en correspondencia con el grado de tolerancia que ellas presentan, provocó un aumento del porcentaje de daños de las membranas y el contenido de prolina libre, en todas las variedades.

A pesar de sus limitaciones, esos métodos han sido útiles, lo que ha permitido desarrollar variedades con un comportamiento agronómico superior al de las variedades criollas más conocidas por los agricultores cubanos (Suarez et al., 2016). Una mejor adaptación de los genotipos de frijol al déficit hídrico del suelo ayudará, a la estabilidad y a la ampliación de la producción en entornos propensos a la sequía, por lo que requerirá menos agua para el

riego y, en consecuencia, contribuirían a la conservación de este recurso natural (Ferreyra et al, 2003).

En Nicaragua se produce frijol en casi todo el territorio nacional a diferentes escalas. En el país se han identificado tres zonas agro climáticas diferenciadas por las épocas de siembra (INTA, 2009) :

1. La zona seca o cálida y áreas secas del Norte, para siembra de primera y postrera: que incluye los municipios de Estelí, Condega, Limay, Somoto, Ocotal, Pueblo Nuevo, San Lucas, Teustepe, Esquipulas, Terrabona, Darío, La Concordia, Sebáco, San Isidro.
2. La zona Semi húmeda (Pacífico e Interior Central) para siembra de postrera: contempla las Sierras de Managua, Carazo, Masaya, Matagalpa, San Dionisio, Santa Cruz, San Fernando, Ciudad Antigua, Jícaro, Jalapa, Jinotega y partes altas de Rivas.
3. La zona húmeda para siembra de apante: comprende los municipios de Nueva Guinea, San Carlos, zonas montañosas de Matagalpa y Jinotega, áreas de la zona Atlántica en las riberas de los grandes ríos (MAGFOR, 2007). En esta zona se ubica la comunidad donde se desarrolló la investigación.

Esta investigación se llevó a cabo en el Municipio de Bocana de Paiwas, justamente una de las zonas de mayor producción de frijol a nivel nacional (INTA, 2009). Con los datos obtenidos de esta investigación se determinó el potencial de resistencia al estrés hídrico del frijol de la variedad INTA Rojo. Además, se fortalecerá el conocimiento de la fisiología y comportamiento de este genotipo de leguminosa, con ello se abre una nueva línea de investigación para la FARENA y otras áreas relacionadas de BICU.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), en especial la variedad INTA Rojo (EPA 9510-77) en Nicaragua es un cultivo importante para la alimentación humana por su alto contenido de proteína y generación de empleo e ingresos a las familias rurales (INTA, 2009). Actualmente se está produciendo interferencia humana en el sistema climático que está generando riesgos para los agroecosistemas productivos. Por medio de este estudio se evaluó la variedad de frijol INTA Rojo (EPA 9510-77) que esta reportado como resistente al estrés hídrico y con adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas adversas de los municipios relacionados a donde se realizó este estudio. Esta investigación brindará insumos sobre el comportamiento fenológico y productivo de esta variedad de frijol que servirán para el mejoramiento de la calidad productiva a nivel local y nacional relacionado con su adaptabilidad a las variaciones del clima.

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento fenológico y productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo (EAP 9510-77) en la comunidad de Bocana de Paiwas ante condiciones de estrés hídrico para la mejora de la productividad y adaptabilidad al cambio climático.

5.2. Objetivos específicos

1. Describir las características fenológicas y productivas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo (EAP 9510-77) con mayor tolerancia al estrés hídrico.
2. Cuantificar la cantidad mínima y máxima de agua que requieren esta variedad sin entrar en pérdida productiva.
3. Correlacionar el índice productivo en relación con la cantidad de agua requerida por la planta.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. El frijol en Nicaragua

En Nicaragua el frijol se cultiva en alturas que varían entre 50 a 800 msnm. En zonas bajas, las lluvias pueden ser más intensas y durar cortos períodos esto hace que el cultivo sea vulnerable a daños por lavado de cosecha, por estas condiciones se ocasionan pérdidas considerables a la producción. En climas favorables al frijol donde las lluvias son moderadas y tienen mejor distribución los rendimientos son más altos (INTA, 2009).

El frijol se cultiva en suelos francos o franco arcillosos con buen drenaje y fertilidad de suelo. Es una especie que presenta susceptibilidad a excesos de humedad en el suelo. Los suelos con topografía plana, profundos, buena fertilidad, drenaje superficial e internos apropiados permiten el desarrollo normal del cultivo y tener buena cosecha. El frijol requiere 3.4 mm de agua por día, desde la siembra hasta la etapa fenológica de prefloración, 6 mm de agua por día, durante la floración y 5 mm de agua por día de la formación de vainas al llenado de grano. Las etapas críticas son 15 días antes de la floración y 18 a 22 días en la fase de maduración de las primeras vainas. Se ha determinado que las necesidades de agua durante el ciclo del cultivo de 60-120 días, varían entre 300-500 mm de agua según el clima. Existen nuevas líneas de frijol tolerantes a baja e irregular lluvia las que deben ser utilizadas en zonas marginales, estas no han sido liberadas comercialmente (INTA, 2009).

6.2. Taxonomía del Frijol

Tabla 1. Taxonomía del Frijol

	<u>Taxonomía</u>
<u>Reino:</u>	<u>Plantae</u>
<u>División:</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Clase:</u>	<u>Magnoliopsida</u>
<u>Subclase:</u>	<u>Rosidae</u>
<u>Orden:</u>	<u>Fabales</u>
<u>Familia:</u>	<u>Fabaceae</u>
<u>Subfamilia:</u>	<u>Faboideae</u>
<u>Tribu:</u>	<u>Phaseoleae</u>

<u>Taxonomía</u>	
Subtribu:	<u>Phaseolinae</u>
Género:	<i>Phaseolus</i>
Sección:	<i>Phaseolus</i>
Especie:	<i>Phaseolus vulgaris</i>
Fuente: INTA, 2009	

6.3. Ficha técnica del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

a) Especificaciones Técnicas del Producto

Nombre del Producto en Español:	Fríjol
Nombre del Producto en Ingles:	Beans
Familia:	<i>Leguminosae</i>
Nombre Científico:	<i>Phaseolus Vulgaris L.</i>

b) Fechas Recomendadas para la Siembra

Fechas de Siembra
Existen tres épocas de siembra que son primera, postrera y apante, realizándose las mayores siembras en la época de postrera y primera. La siembra de primera comprende del 15 de Mayo al 15 de Junio, la postrera va del 1 al 30 de Septiembre y el apante del 15 de Noviembre al 15 de Diciembre. La duración del ciclo productivo está estimada entre 75-77 días posterior a la siembra.

c) Manejo Agrotécnico (INTA, 2009)

➤ Suelos Recomendados

La planta de frijol es muy susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenados. El pH óptimo para sembrar frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5 dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos B del suelo

presentan su máxima disponibilidad; no obstante, se comporta bien en suelos que tienen un pH entre 4.5 y 5.5.

➤ **Distancia de Siembra**

Se recomienda en suelos planos y bien drenados la distancia más conveniente es de 45 - 60 centímetros entre hileras y una densidad de siembra de 12 – 15 semillas por metro lineal para obtener una población de 150 mil a 190 mil plantas/mz. La profundidad de siembra apropiada es de 3 a 4 centímetros. La siembra en camellones:

➤ **Zonas del País Recomendadas**

Masaya, Carazo, Rivas, Boaco, El Rama, Nueva Guinea, San Carlos y Pantasma.

➤ **Duración Ciclo Vegetativo**

El ciclo vegetativo del frijol negro varía entre 68 a 80 días dependiendo de las condiciones ecológicas, normalmente el ciclo es de 75 días.

d) Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades

▪ **Plagas que afectan durante el ciclo vegetativo**

- a. Gallina Ciega (*Phyllophaga spp.*),
- b. Lorito Verde (*Empoasca kraemeri*)
- c. Malla o Tortuguilla (*Diabrotica sp. Cerotoma sp.*)
- d. Barrenador del Tallo (*Elasmopalpus lignosellus*)
- e. Babosa (*Vaginulus plebeius*) (*Sarasinula plabeia*)
- f. Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*)
- g. Picudo de la Vaina (*Apion godmani*)
- h. Falso Medidor (*Trichoplusia sp.*)
- i. Gusano Peludo (*Estigmene acrea*)
- j. Gorgojo del frijol (*Acanthoscelus obtectus Zabrotes subfasciatus*)

Plaguicidas que puede aplicar para el control de plagas

Nivel de Tolerancias (ppm)	Plaguicidas Aprobados
20.00	Sethoxydim
0.3	Pyraclostrobin
0.05	Zinc phosphide
0.2	Carboxin
0.05	Bentazon
2.0	Iprodione
0.05	Ethalfluralin
2.5	Clethodim
0.01	Dimethenamid, 2-chloro-N-[(1 - methyl - 2-
0.05	Halosulfuron-methyl
25.00	Captan

Nota: Para no sobrepasar estos límites siga estrictamente las recomendaciones que vienen en cada envase del pesticida.

ppm: partes por millón, es decir que en un millón de microgramos es igual a un gramo, por lo tanto, un microgramo de Tetradifon, por ejemplo, es el máximo nivel de tolerancia por cada gramo de un producto alimenticio de origen agrícola.

$$1000,000 \text{ de Microgramos} = 1 \text{ g}$$

$$1 \text{ microgramo} = 1 \text{ ppm de } 1 \text{ g}$$

6.4. Material vegetal

- a. **Semillas:** Se debe fomentar el uso de variedades y especies comerciales resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades importantes desde el punto de vista económico, con vistas a un uso racional de agroquímicos e insumos. Igualmente, se debe fomentar una adecuada selección de semillas entre los productores y utilizar especies adaptables a la zona de cultivo. Es importante que las semillas y especies utilizadas estén certificadas sanitariamente.
- b. **Historia y manejo del establecimiento:** Se debe conocer la historia del terreno y su uso actual, al igual que de los terrenos vecinos, para identificar ventajas y riesgos para

el cultivo. Así mismo los lotes o unidades productivas, de manera que se defina el número o nombre del lote, y la variedad y el número de plantas o animales. Es de gran valor establecer un sistema básico de planificación de la producción y un sistema de monitoreo y evaluación.

- c. Manejo de suelos y sustratos:** Las técnicas de cultivo más recomendadas, encaminadas a reducir la posibilidad de erosión y compactación del suelo, son la labranza mínima y la protección de pendientes. Además, se debe mantener el suelo limpio de residuos no orgánicos. En cualquier caso, es recomendable utilizar distancias de siembra adecuadas con plantas sanas, y asegurarse de disponer de un análisis de suelos antes de proceder a establecer el cultivo.

Los cultivos se han de plantar donde haya más fertilidad y menos problemas de malezas (arvenses) o inundaciones. Pero también hay que fomentar la rotación de cultivos en la unidad productiva para evitar la esterilización y los desbalances químicos del suelo con sustancias.

- d. Uso de fertilizantes:** hay que asegurarse de que la aplicación de fertilizantes esté basada en los requerimientos nutricionales del cultivo con base en un análisis de suelo, para mantener su fertilidad por medio de un uso racional de los recursos y los insumos y evitar la contaminación de aguas y suelos. Para optimizar los beneficios y minimizar la pérdida de nutrientes, se debe determinar el momento de aplicación del fertilizante.

Hay que llevar un registro de la existencia de fertilizantes en la unidad productiva. Se debe verificar que éstos declaren su composición química (sobre el empaque o botella), y estén registrados oficialmente.

El almacenamiento de los fertilizantes debe cumplir con los criterios de seguridad: estar separados de los pesticidas y, donde no sea posible, separarlos por un espacio de aire y etiquetados; que estén en un área cubierta limpia y seca, y aislados del piso para evitar que se humedezcan. No se deben mezclar en un mismo espacio con

alimentos, productos frescos o productos terminados, como tampoco se deben guardar en los sitios de residencia. Por último, se deben señalar las áreas de peligro y riesgos, con avisos sencillos y visibles a distancia.

- e. **Riego:** es vital realizar acciones que propendan por la protección del recurso hídrico, garantizar que no haya acceso de animales domésticos a la fuente de agua y no aplicar agroquímicos y fertilizantes cerca de ella. Se debe utilizar un sistema de riego eficiente y económicamente viable para asegurar un adecuado manejo del recurso hídrico. De igual forma, se recomienda el monitoreo del agua de riego por medio de análisis que permitan demostrar su calidad y pertinencia para regar cultivos, y realizar acciones correctivas en caso de resultados adversos.

6.5. Protección de cultivos

Para el Plan de Manejo Integral de Plagas —MIP— se utilizan productos selectivos que sean específicos para la maleza, la enfermedad o la plaga objetivo, los cuales tienen un mínimo efecto sobre los organismos benéficos, la vida acuática, la capa de ozono y los consumidores. Para la implementación del MIP es indispensable el reconocimiento de los tipos de plagas, enfermedades y malezas que existen en la zona, con el fin de elegir los cultivos que se adapten a esas condiciones y realizar los monitoreos y evaluaciones de signos y síntomas de plagas y enfermedades que permitan tomar decisiones que involucren diferentes alternativas para el respectivo examen, donde el control químico no sea la única opción viable de verificación.

La elección de los productos fitosanitarios es de suma importancia en el proceso productivo, ya que este concepto involucra varios aspectos, a saber: justificación de la aplicación, mediante la verificación de la presencia de síntomas o signos de las plagas o enfermedades; categoría toxicológica del producto, ya que se debe fomentar el uso de plaguicidas registrados oficialmente y de baja toxicidad (categorías III y IV); dosificación mínima eficiente para el control; rotación de producto para evitar resistencia de las plagas y

enfermedades a los agroquímicos, y competencia y conocimiento en la materia de quien recomienda el producto.

Se deben llevar registros de todas las labores realizadas en el proceso productivo, incluyendo postcosecha y comercialización, de tal manera que se pueda trazar el producto.

6.6. Insecticidas botánicos y caldos minerales

Tabla 2. Insecticidas botánicos y caldos minerales

Botánicos		
Chile	Chile + Ajo	Madero Negro
<ul style="list-style-type: none"> • Controla larvas o gusanos e insectos como: gusano peludo, barrenador de tallo, barrenador de fruto, Áfidos, Cogollero, gusano soldado, gusano rallado, Mayas 	<ul style="list-style-type: none"> • Controla larvas o gusanos e insectos como: gusano peludo, barrenador de tallo, barrenador de fruto , Áfidos, Cogollero, gusano soldado, gusano rallado, Mayas 	<ul style="list-style-type: none"> • Controla Zompopos y sirve de repelente para insectos.

Tabla 3. Dosis de aplicación de los Bio-plaguicidas

Botánicos		
Chile	Chile + Ajo	Madero Negro
<ul style="list-style-type: none">• Dosis: Las 4 a 8 onzas de chile por bombada de 20 litros.	<ul style="list-style-type: none">• Dosis: 1 lt de plaguicida por bomba de 20 litros. Se aplica directamente sobre las plantas en huertos y viveros. Se usa una o dos veces por semana.	<ul style="list-style-type: none">• Dosis: 1 litro de producto por bomba de 20 litros.

Tabla 4. Procedimiento de elaboración de los plaguicidas botánicos.

Chile	Chile + Ajo	Madero Negro	Nim
<p>1) Moler las 4 onzas de chile y mezclarlo en un litro de agua.</p> <p>2) Mezclarlo hasta que esté bien homogéneo.</p> <p>3) Tapar el producto y dejarlo en un lugar fresco y seco para fermentarlo por 24 horas (1 día).</p> <p>4) Se filtra el preparado con la tela (colar), y está listo para aplicarlo.</p>	<p>1) Disolver el ¼ de taco de jabón en medio litro de agua, por lo menos 12 horas antes de preparar el bio-plaguicidas.</p> <p>2) Moler las 3 onza Chile n el molino.</p> <p>3) Moler las 2 cabezas de Ajo.</p> <p>4) Mezclar el chile y el ajo en el recipiente plástico y agregarle 1 litro de agua, mezclarlo hasta que este homogéneo.</p> <p>5) Se agrega el agua enjabonada a la mezcla de chile y ajo.</p> <p>6) Tapar el producto y dejarlo en un lugar fresco y seco para fermentarlo por 24 horas (1 día).</p> <p>7) Se filtra el preparado con la tela (colar), y está listo para aplicarlo.</p>	<p>1) Se macera o muelen 10 lbs. de hoja de madero negro y se mezcla con 4 litro de agua.</p> <p>2) Se mezcla el litro de agua enjabonada, donde el jabón se disuelto con anterioridad.</p> <p>3) Tapar el producto y dejarlo en un lugar fresco y seco para fermentarlo por 24 horas (1 día).</p> <p>4) Se filtra el preparado con la tela (colar), y está listo para aplicarlo.</p>	<p>1) Se maduran las frutas recolectadas a la sombra.</p> <p>2) Se quita la carne y se deja secar la semilla de 3 a 4 días bajo sombra.</p> <p>3) Por cada 16 Lt de agua se muelen 3 Lb se semillas</p> <p>4) Se muele la semilla y deja en remojo durante 12 a 24 horas.</p> <p>5) Se cuela a través de una tela y se aplica.</p>

6.7. Recolección y manejo postcosecha

Hay que tener en cuenta el punto óptimo de cosecha de acuerdo con las exigencias del mercado. Se debe organizar un sistema conveniente de manipulación, clasificación, empaque y transporte, y almacenar lo empacado en la parcela, campo o centro de acopio, de forma que se evite la contaminación por roedores, plagas, pájaros o peligros físicos o químicos y se mantenga la vida útil adecuada.

6.8. Seguridad e higiene laboral

Hay que fomentar condiciones de trabajo seguras y saludables para los trabajadores, implementando programas de capacitación sobre primeros auxilios, normas de higiene, procedimientos para accidentes y emergencias y entrenamiento para los que operan equipamiento complejo o peligroso. En este sentido, se recomienda mantener un registro de entrenamiento para cada trabajador (INTA, 2009).

Tabla 5. Diferencias en rendimiento entre variedades mejoradas y criollas en lotes comerciales

Variedades			
País	Mejoradas (Kg/Ha)	Criollas (Kg/Ha)	Diferencia (Kg/Ha)
Guatemala	1132	838	294
El Salvador	1094	802	292
Honduras	910	773	137
Nicaragua	875	676	199
Costa Rica	581	474	107
Promedio	918	713	205

Fuente: del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

6.9. Estrés

Presencia de un factor externo a la planta provocado por el medio ambiente cambiante, que ejerce una influencia negativa sobre su desarrollo óptimo (Aguilar-Benavides et al., 2002). Es un concepto relativo ya que una determinada situación medioambiental puede resultar estresante para una especie y no para otras. La inmovilidad ha podido influir en que las plantas hayan adquirido y perfeccionado a lo largo de la evolución mecanismos de autodefensa. Hay que tener en cuenta que los diferentes tipos de estrés no se dan de forma aislada.

A lo largo de su ciclo vital, están expuestas a un gran número de condiciones o factores estresantes que pueden dividirse en:

Factores bióticos: Por la acción de seres vivos.

- Grandes y pequeños animales
- Otras plantas
- Insectos
- Bacterias, hongos y virus
- Nematodos
- Factores abióticos: Físicos y químicos.
- Sequía (estrés hídrico)
- Exceso de sales en el suelo (estrés salino)
- Calor, frío y congelación (estrés por temperaturas extremas)
- Luz
- Encharcamiento e inundación (estrés por anaerobiosis)
- Estrés por contaminantes medioambientales (CFC, ozono, herbicidas, metales pesados).
- Deficiencia en elementos minerales (estrés nutricional)
- Viento, suelo compacto (estrés mecánico)
- Lesiones o heridas

6.10. Estrés hídrico

El estrés hídrico es un fenómeno cada vez más extendido que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad (acuíferos sobreexplotados, ríos secos, lagos contaminados) y de calidad (eutrofización, contaminación de la materia orgánica, intrusión salina). Sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad. Gran parte de España registra un elevado riesgo de sufrir un deterioro de la cantidad y calidad del agua, teniendo en cuenta que la demanda de agua en España entre 1975 y 2006 ha aumentado entre el 50% y el 70% (Ferreira et al., 2003)

A través de todo el planeta, las plantas habitan un amplio rango de ambientes con diversas combinaciones de condiciones abióticas (factores como sequía, frío, calor, salinidad, etc.) y múltiples interacciones bióticas (con otros seres vivos). Existen plantas que crecen en ambientes con temperaturas que alcanzan los -35°C , en zonas que sobrepasan los 55°C , en lugares donde la radiación alcanza picos máximos, en sitios donde la oscuridad es total, en regiones secas, o con alta salinidad. La falta de agua, los suelos salinos y las bajas temperaturas son las situaciones adversas más frecuentes que las plantas deben afrontar y esto es lo que se conoce como estrés. En este contexto, entonces, se define al estrés como el conjunto de condiciones capaces de producir una influencia desventajosa en los procesos fisiológicos de las plantas. Como resultado, el estrés puede ocasionar desde cambios en el crecimiento hasta daño en células y/o tejidos, y modificar la expresión de genes (Harris-Valle, 2009).

Temperatura: el latín *temperatura*, la temperatura es una magnitud física que refleja la cantidad de calor, ya sea de un cuerpo, de un objeto o del ambiente. Dicha magnitud está vinculada a la noción de frío (menor temperatura) y caliente (mayor temperatura).

El estado, la solubilidad de la materia y el volumen, entre otras cuestiones, dependen de la temperatura. En el caso del agua a presión atmosférica normal, si se encuentra a una temperatura inferior a los 0°C , se mostrará en estado sólido (congelada); si aparece a una

temperatura de entre 1 °C y 99 °C, se encontrará en estado líquido; si la temperatura es de 100 °C o superior, por último, el agua presentará un estado gaseoso (vapor).

6.11. Evapotranspiración

De acuerdo con Allen et al., (2006) la evaporación es el agua contenida en el suelo que se vaporiza por acción de la energía que llega a la superficie del suelo en forma de radiación solar y por la temperatura del aire. Factores que determinan la Evapotranspiración La evapotranspiración ocurre en función de los siguientes factores: climáticos, cultivo y manejo.

- a. **Climáticos:** Las variables climáticas que afectan este proceso son: radiación, temperatura ambiental, humedad atmosférica y velocidad del viento. Es posible estimar la ET cuando se cuenta con registros climáticos, por medio de algunos modelos matemáticos desarrollados y correlacionados con determinaciones en campo.
- b. **Manejo.** Uno de los elementos de mayor efecto es la disponibilidad de agua en el suelo. Misma que está relacionada con las características del suelo (textura, estructura, densidad aparente, etc.). De igual forma, la incidencia de plagas y enfermedades, saturación del perfil, prácticas culturales, entre otros, pueden aumentar o disminuir la tasa de evaporación.

6.11.1. Determinación de la evapotranspiración

La evapotranspiración es complicada de medir directamente en campo. Sin embargo, se puede determinar con la ayuda de aparatos específicos y mediciones precisas de parámetros ambientales, o bien, puede calcularse el balance de agua del suelo por medio de lisímetros. Estas estimaciones casi siempre son producto de investigaciones científicas, que sirven para realizar correlaciones posteriores con métodos indirectos que determinan la ET. Ecuaciones modeladas donde se sustituye una variable por registros climáticos (según cada ecuación).

- a. **Balance de agua en el suelo:** Evaluar las cantidades de agua que se agregan y la cantidad que sale de la zona radicular en un determinado tiempo. Generalmente con este método solo se pueden obtener estimaciones de ET para periodos largos de tiempo (1 semana).

- b. **Lisímetros:** Los lisímetros son tanques aislados llenos de suelo, donde crece y se desarrolla un cultivo. Distinguiéndose dos tipos: a) Los de pesaje: cuentan con balanzas de precisión, permitiendo obtener datos de evapotranspiración con exactitud de centésimos de milímetro. b) Los de drenaje: donde la evapotranspiración es medida por un periodo dado, restando la cantidad de agua contenida en el perfil de suelo y la cantidad de agua contenida en el fondo.

- c. **Tanque evaporímetro:** Al medir la evapotranspiración de una superficie libre con agua, se toma en cuenta los factores de radiación, humedad aire y velocidad del viento. Se emplea exitosamente para calcular la evapotranspiración de referencia y la medida es directa al tomarse con tornillos graduados en milímetros (mm)

6.11.2. ET calculada con datos climatológicos

Debido a la dificultad de obtener mediciones precisas, la ET se puede calcular a partir de datos climatológicos del orden común, habiéndose desarrollado ya un gran número de ecuaciones empíricas, sin embargo, algunos de estos métodos solo pueden ser empleados para condiciones climáticas y agronómicas específicas. Actualmente la FAO recomienda el uso del método FAO Penman-Monteith, como el método estándar para el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (E_{To}). Finalmente, la ET de un cultivo bajo condición estándar, se calcula utilizando coeficientes de cultivos K_c que relacionan la E_{Tc} con la E_{To} . Para el cálculo de la ET bajo condiciones no estándar se han generado coeficientes de estrés hídricos, que modifican el coeficiente del cultivo. Las tablas de K_c se encuentran disponibles en diferentes libros y páginas de internet.

6.12. Sobre la localidad donde se desarrolló la investigación

Paiwas es una municipalidad de la Región Autónoma de la Costa Caribe Sur, en la República de Nicaragua, con cabecera del municipio en la localidad de **Bocana de Paiwas**. El nombre de Paiwas significa en idioma chondales o chontales: "Dos Ríos", de las voces pais=dos y was=río; sin embargo, recientes estudios han argumentado que este significado no se corresponde con la realidad, haciendo más asertivo el significado en Sumos (subdivisión Ulwa) Pai=batatas, was=río. "Río de Batatas", lo cual es más convincente debido a la posición geográfica (INIDE, 2006).

El municipio tiene un clima monzónico tropical, se caracteriza por tener una temperatura promedio entre los 24° C y 25° C, así como una precipitación anual entre los 2.400 mm y los 3.000 mm con una buena distribución durante todo el año. El territorio es una zona de transición entre la cadena montañosa de la región central de Nicaragua y las planicies costaneras. Su punto más alto es cerro Ubú (549 m). Se encuentra prácticamente bordeado por ríos y el centro es atravesado totalmente por el río Grande de Matagalpa. Predomina la vegetación propia del subtrópico húmedo, con grandes extensiones de bosques latifoliados (INIDE, 2006).



Figura 1. Ubicación de estudio

VII. HIPÓTESIS

Hipótesis Alternativa (Ha): al menos una de las dosis de agua permite la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo sin entrar en pérdida productiva por estrés hídrico.

$$T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4 \neq T_5 \neq T_6 \neq T_7$$

Hipótesis Nula (Ho): Ninguna de las dosis de agua permite la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo sin entrar en pérdida productiva por estrés hídrico.

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = T_6 = T_7$$

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Localización del estudio

Este estudio fue de tipo exploratorio con enfoque cuantitativo de corte transversal. Se realizó en la comunidad el Toro, ubicado en el municipio de Paiwas de la Región Autónoma Costa Caribe Sur, durante los meses de abril a julio del año 2018 coincidente con la época de primera del ciclo agrícola nacional. Se eligió la Finca San Isidro, comunidad el Toro, por medio de consultas de productores interesados en mejorar la productividad de sus cultivos y con la disponibilidad de facilitar el espacio para la realización del experimento.

La finca cuenta con un área total de 5 hectáreas (Ha) de las cuales se destinan 1.8 Ha para el cultivo de frijol (Fig. 2). Esta parcela se seleccionó para el experimento. Tomando como área útil para el experimento de 385 m² (Fig. 3). Esta fue cercada perimetralmente con láminas de zinc como medida de protección contra plagas y personas ajenas al equipo de investigación. Se colocó un sistema móvil de plástico negro para cubrir las plantas en momentos de lluvia y por las noches garantizando que no se adicionara más agua que la calculada a estas. Durante el día y en momentos en que no se registró precipitación este sistema móvil fue retirado para evitar afectaciones a las tasas fotosintéticas del cultivo.

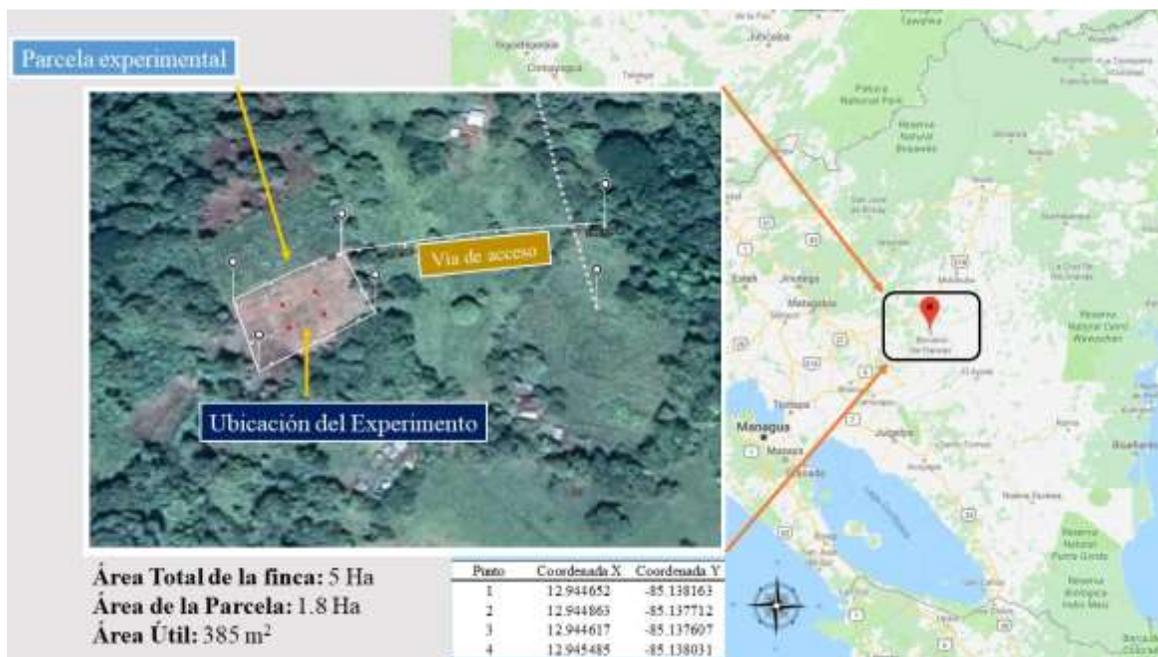


Figura 2. Ilustración de la ubicación del experimento.

Las variables ambientales de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%) se registraron a las 8:00 am y 2:00 pm de la hora local según lo indicado por la publicación de Benavides & Díaz (1970) para cálculo de la Evapotranspiración potencial entre los 15° Norte y 15° Sur. Los datos fueron consultados en el sitio web oficial del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) durante el periodo de ejecución del estudio. Sin embargo, por carencia de equipos especializados estas variables no se pudieron controlar y medir directamente en el sitio del experimento.

8.2. Establecimiento del experimento

El experimento se estableció en una parcela de 35 metros de longitud por 11 metros de ancho para un área útil de 385 m^2 (Fig. 3). En cada tratamiento se establecieron 50 réplicas de las cuales se muestrearon las 20 centrales descartando 15 en cada extremo de la columna por el efecto de borde. Las plantas se establecieron en maceteras elaborada a base de fibras vegetales: 80% de fibra de madera y en un 20% de turba de 1,000 mL (equivalente a 0.001 m^3) de capacidad con sustrato mejorado consistente en un compuesto de 50% de tierra, 30% de arena de río y 20% de compost obteniendo una textura franco-arenosa (Flores-Pacheco et al., 2016a).

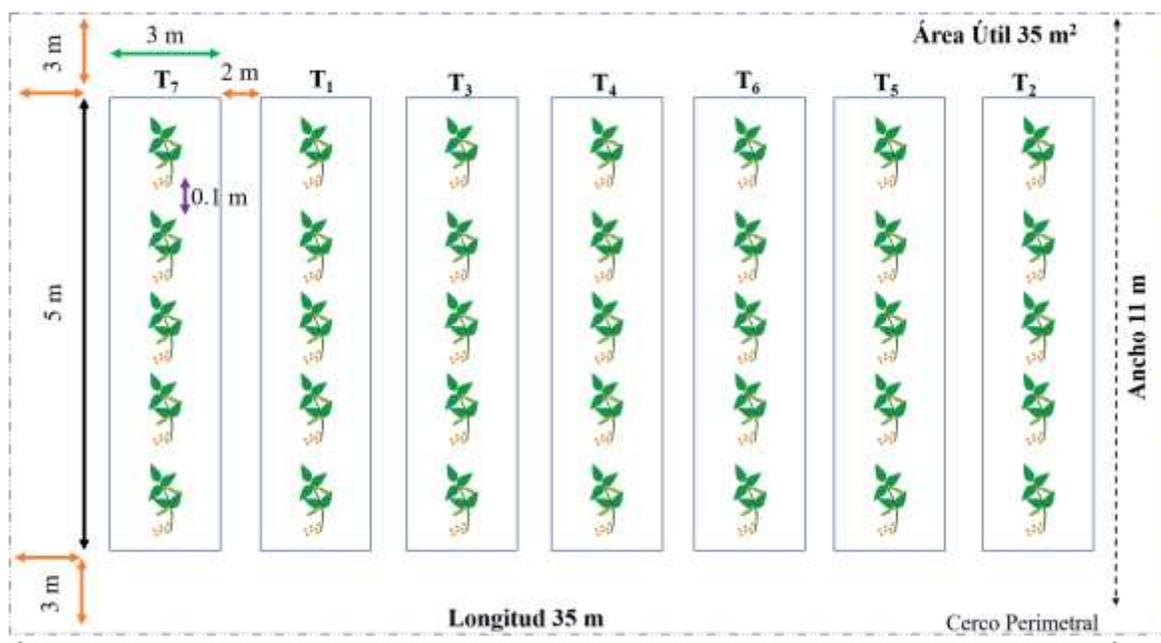


Figura 3. Esquema de la distribución de los tratamientos en campo.

Previo a la siembra se realizó la prueba de germinación que consistió en la colocación de 100 semillas en un plato de plástico con papel absorbente humedecidos (aprox. 70% de humedad) por 72 horas continuas en condiciones ambientales (Flores-Pacheco et al., 2015). Al transcurrir este tiempo se contabilizó la cantidad de semillas germinadas, para este caso la germinación alcanzó 87%, en base a ello se colocaron cinco semillas por macetera para garantizar una planta por envase. En el caso de germinación múltiple, se eliminaron (ralearon) las plantas excedentes dejando la más vigorosa. Las maceteras fueron colocadas a distancias de 0.10 metros entre ellas y 2 metros entre calles, esto se hizo para contar con mayor control de las variables monitoreadas por cada repetición y tratamiento (Flores-Pacheco et al., 2016b).

Se emplearon 50 réplicas por cada uno de los siete tratamientos (350 en total) para asegurar cantidad suficiente de plantas en el caso de muerte por causa natural, por plagas, enfermedades y para reducir el efecto de borde muestreando las que se encuentran en el centro (Monzón & Monzón Paiva, 1992).

8.3. Tipo de investigación

El estudio fue de tipo experimental, con enfoque cuantitativo, debido a la manipulación de variables específicas a fin de obtener datos para el análisis del comportamiento fenológico y productivo de las plantas frijol (*Phaseolus vulgaris*) sometido a distintos niveles de estrés hídrico. Se empleó un diseño experimental Aleatorio Simple de repeticiones balanceadas con 95% de confiabilidad (García-Pérez, 2010).

8.4. Corte de la investigación

La medición de variables de este estudio fue de corte transversal. Desarrollándose la investigación en un periodo de 120 días, (4 meses) de campo (ciclo productivo) y 90 días (3 meses) para el análisis de datos y presentación de resultados, para un ciclo aproximado de 7 meses.

8.5. Unidad experimental

Para dicho experimento se tomó como unidad experimental cada una de las plantas de los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad INTA Rojo (EAP 9510-77).

8.6. Tipo y frecuencia de muestreo

Muestreo Aleatorio Simple (MAS) con frecuencia semanal y única según la variable medida. Ver cuadro 1 matriz de operacionalización de variables.

8.7. Tratamientos

Tabla 6. Muestra y repeticiones

Código	Tratamientos Evaluados	Repeticiones	Plantas por Tratamiento
T ₁	20% de la Evapotranspiración	20	50
T ₂	50% de la Evapotranspiración	20	50
T ₃	80% de la Evapotranspiración	20	50
T ₄	100% de la Evapotranspiración [Testigo]	20	50
T ₅	120% de la Evapotranspiración	20	50
T ₆	150% de la Evapotranspiración	20	50
T ₇	180% de la Evapotranspiración	20	50
Total		140	350

Para cumplir con los tratamientos descritos se emplearon los cálculos detallados en el punto 8.8 de este capítulo y reflejados en las tablas del anexo 4 de este documento. El agua fue suministrada a cada planta directamente al suelo aledaño en un rango de distancia de 5-10 cm desde el tallo. Para controlar la aplicación exacta de la cantidad de agua calculada para cada tratamiento (anexo 4) se empleó una jeringa descartable de uso veterinario de 20 mL sin aguja.

Estas aplicaciones se realizaron a diario durante los dos primeros meses (abril y mayo de 2018) de desarrollo de la planta aproximadamente a las 3:00 pm. - 4:00 pm. posterior al cálculo diario de la Evapotranspiración potencial diaria y con la reducción de la incidencia del sol evitando quemaduras por efecto de lupa a causa de gotas de agua perdidas. Para evitar la incorporación de



Figura 4. Esquema de macetera y aplicación de agua a los tratamientos evaluados.

agua adicional a cada tratamiento en forma de lluvia y/o rocío se colocó el sistema de plástico portable descrito en el inciso 8.1 de este capítulo.

8.8. Cálculo de la evapotranspiración potencial diaria

Es una fórmula del Método de García y López (Benavides & Díaz, 1970) adaptada al trópico que permite estimar la evapotranspiración potencial diaria, entre latitudes 15° Norte y 15° Sur. Desarrollada a partir de la correlación de los datos de temperatura y déficit de saturación con los de la evapotranspiración potencial medidos en seis estaciones tropicales. La ecuación se presenta a continuación:

$$ETP = 1.21 \times 10^{Ft} (1 - 0.01HR_D) + 0.21t - 2.3 \quad \text{Ecuación 1}$$

Ft es el factor de temperatura el cual se define en la Ecuación 2:

$$Ft = \frac{7.45t}{234.7+t} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde t es la temperatura media mensual de aire en Grados Celsius (° C) y HR_D es la Humedad Relativa (%) diurna que se define como sigue la siguiente expresión:

$$HR_D = \frac{HR_{8:00 \text{ am}} + HR_{2:00 \text{ pm}}}{2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Los datos de Temperatura diaria y Humedad Relativa diaria fueron obtenidos del registro en línea del Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) (www.ineter.gob.ni). De acuerdo con la fórmula empleada se emplearon los valores de la humedad relativa registrados en este sitio web para las 8:00 am y 2:00 pm (Anexo 4).

Los datos obtenidos alimentaron una hoja de cálculo automatizada en Microsoft Excel® que facilitó la aplicación de las fórmulas descritas anteriormente y la estimación más exacta de la cantidad de agua suministrada a cada planta según el tratamiento evaluado.

8.9. Factores de análisis

Efecto de distintos niveles de estrés hídrico en el comportamiento fenológico y productivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad INTA Rojo (EAP 9510-77).

8.10. Parcelas y replicas

Las repeticiones fueron establecidas en maceteros de polietileno de 1 litro (1,000 mL = 0.003 m³) de capacidad. Cada macetero (réplica) fue tomado como una unidad experimental independiente.

8.11. Variables evaluadas

Cuadro 1. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Concepto	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Objetivo 1. Describir las características fenológicas y productivas del frijol				
Altura de la planta	Longitud vertical partiendo desde el sustrato hasta la zona apical	Cinta métrica	Centímetros (cm)	Semanal
Diámetro del tallo	Circunferencia total del tallo de la planta a una altura de 3 cm sobre el sustrato	Pie de rey	Milímetros (mm)	Semanal
Número de hojas	Cantidad de láminas foliares funcionales de cada planta	Conteo directo	Adimensional	Semanal
Número de ramas	Cantidad de ramas por planta	Conteo directo	Adimensional	Semanal
Número de flores	Cantidad de flores por planta	Conteo directo	Adimensional	Semanal
Número de vainas	Cantidad de vainas por planta	Conteo directo	Adimensional	Semanal
Objetivo 2. Cuantificar la cantidad mínima y máxima de agua que soportan esta variedad sin entrar en pérdida productiva				
Biomasa fresca	Peso de la planta inmediatamente después de su corte	Sacrificio aleatorio	Gramos (g)	Mensual
Biomasa seca	Peso de la planta posterior a 72 horas en un horno a 70° C	Sacrificio aleatorio	Gramos (g)	Mensual
Desarrollo radicular	Peso y longitud del área radicular por planta	Sacrificio aleatorio	Gramos (g) y centímetros (cm)	Mensual
Objetivo 3. Correlacionar el índice productivo en relación con la cantidad de agua requerida por la planta				
Morfometría de la vaina (Longitud y Diámetro)	Medición de las variables longitud y diámetro de una muestra de 50 vainas por tratamiento	Cinta métrica para la longitud y pie de rey para el diámetro	Centímetros (cm) y Pie de Rey (mm)	Semanal una vez iniciada cosecha

Variable	Concepto	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Rendimiento por planta	Media de la producción total por tratamiento en base al número de plantas	Cosecha y registro de la producción por colecta	Kilogramos por planta (Kg/planta)	Unico al finalizar la cosecha

Fuente: Elaboración propia

8.12. Análisis Estadístico

Los datos que fueron obtenidos de este experimento fueron procesados en el programa estadístico SPSS 24.0 (IBM® Statistical SPSS®, 2016). Todas las variables cuantitativas fueron analizadas para comprobar la normalidad y homogeneidad de varianzas, bajo este supuesto se aplicaron las pruebas de Coeficiente de variación (CV), Análisis de Varianza (ANOVA) y Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Fisher con $\alpha=0.05$, esto con el fin de identificar las diferencias en las variables evaluados para cada tratamiento experimental.

Tabla 7. Materiales e insumos

Materiales e Insumos de Campo		
Semilla certificada de Frijol INTA Rojo	Libras	5
Pie de Rey	Unidad	1
Cinta métrica	Unidad	1
Cinta amarilla de delimitación	Rollo	7
Recipientes	Unidad	350
Formato de Toma de datos	Unidad	50
Tabla de campo	Unidad	1
Lápiz	Unidad	5
Recipiente milimetrado de 1 L	Unidad	2
Pesa de campo	Unidad	1

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Comportamiento de las variables fenológicas del frijol (*Phaseolus vulgaris L*) antes el estrés hídrico.

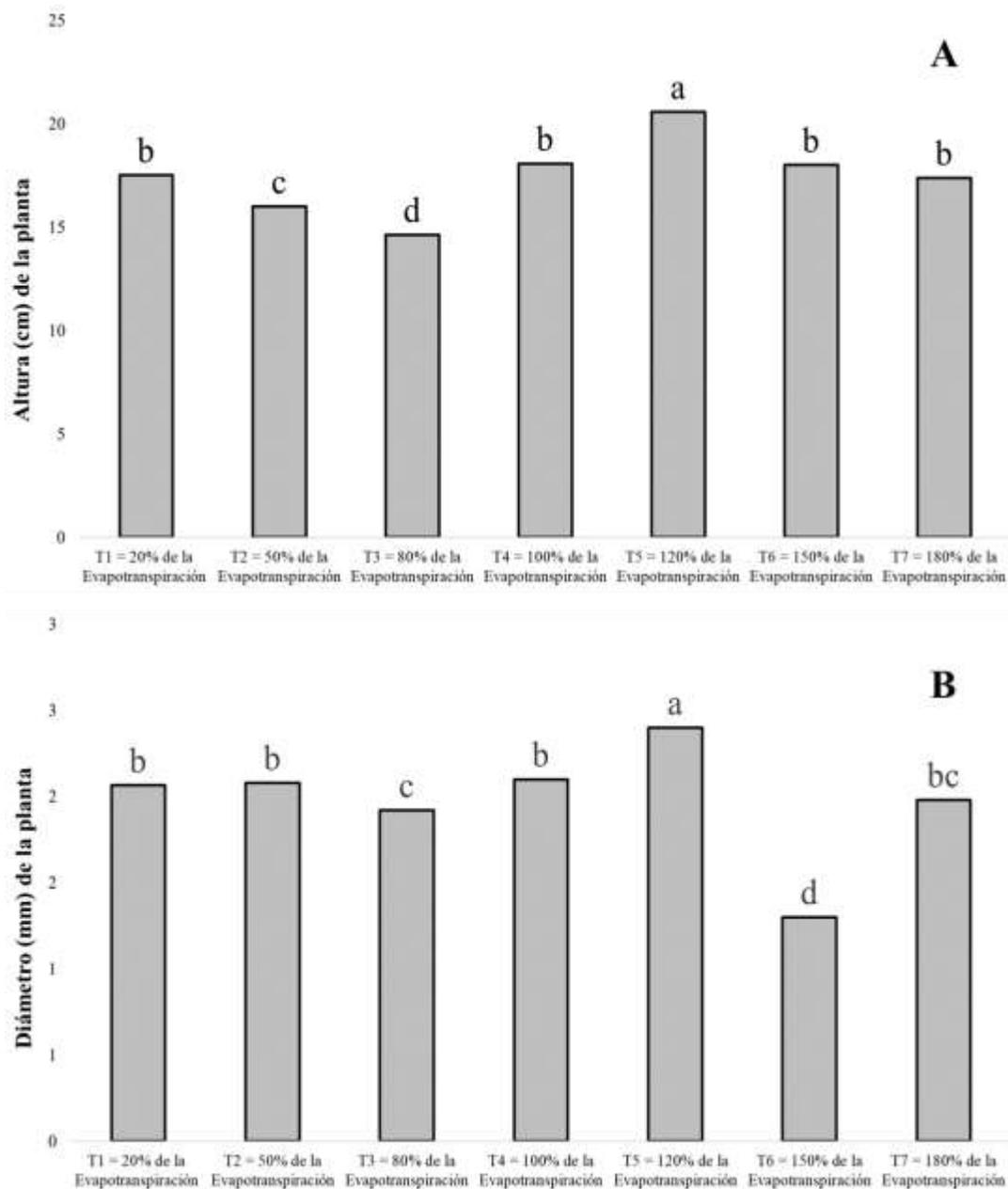


Figura 5. Variables fenológicas. A) Altura (cm) - B) Diámetro (mm) de la planta. Prueba estadística Análisis de Varianza (ANOVA) - Diferencia Mínima Significativa (DMS = 0.95). Letras (a-d) distintas indican diferencia estadística $\alpha=0.05$. En la gráfica se han empleado los valores de la Media (Md) y Desviación Estándar (DE).

La figura 4A y 4B representan la Altura (cm) y Diámetro (mm) de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) INTA Rojo (EAP 9510-77) sometido a distintos niveles de estrés hídrico a lo largo de un ciclo productivo de 120 días en condiciones del trópico húmedo de Nicaragua. Los resultados indican que el tratamiento cinco (T₅ = suministro del 120% de evapotranspiración diaria) obtuvo los registros más elevados en altura ± 20.57 cm (F=12.57; gl=6; P-valor>0.031) y diámetro ± 2.40 mm (F=5.40; gl=6; P-valor>0.029) frente a los demás tratamientos que presentaron un desarrollo inferior tanto en el segmento inferior como superior de la dosis de agua diaria. Este tratamiento superó estadísticamente por 11.38% y 19.94% Coeficiente de variación (CV) respectivamente, más en crecimiento al tratamiento cuatro (T₄ = suministro del 100% de evapotranspiración diaria), para esta investigación considerado como el testigo.

El tratamiento seis (T₆ = suministro del 150% de evapotranspiración diaria) indica una reducción significativa (P-valor>0.001) en crecimiento (altura y diámetro) respecto al testigo (T₄) demostrando que este cultivar de *P. vulgaris* es susceptible a estrés hídrico por exceso de agua en el suelo, posiblemente por un problema de hipoxia en el sustrato (Aguilar-Benítez et al., 2012) quien hace referencia a la imposibilidad de esta leguminosa a la asimilación de nutrientes en suelos con humedad que supere la capacidad de campo.

En el caso del cultivo de frijol requiere que el suelo presente un 60%-70% de humedad a lo largo del ciclo productivo con énfasis en la fase de crecimiento vegetativo y el inicio de la producción (Meriño et al., 2015). Sin embargo, muchas veces se obvia la retención de agua por el suelo como agua no disponible, la que puede llegar a ser hasta más de un 20% de la evaporación registrada en el día, eso en función al tipo de suelo (Velarde et al., 2001). Este hecho explica el éxito del T₅ ya que en ambos caso la planta cuenta con la abundancia y disponibilidad de agua requerida para sostener sus necesidades metabólicas y nutricionales (Agilar-Benavides et al., 2002).

Para este estudio se descarta el efecto de bajos valores de pH y salinidad en los suelos por empleo de fertilizantes sintéticos por el hecho de el estudio se llevó enteramente en recipientes plásticos con suelo natural de tipo franco arcilloso. Sin embargo, debe ser

considerados en futuras investigaciones que se recomienda se desarrollen en parcelas productivas sometidas a distintos tipos de manejo agronómico.

Tabla 8. Análisis comparativo de la biomasa por cada sección de la planta en función del tratamiento. Md = Media aritmética. Sig. = Indicador de diferencia significativa. * Diferencia significativa al 0.05. ** Diferencia significativa al 0.001. Diferencia Mínima Significativa (DMS = 0.95).

Tratamiento	Sección	Peso (gr)	Md	Sig.	Peso (gr)	Md	Sig.
T ₁ = 20% de la Evapotranspiración	Radicular	<i>Húmedo</i>	1,30	**	<i>Seco</i>	0,65	**
T ₂ = 50% de la Evapotranspiración			1,40	**		0,70	**
T ₃ = 80% de la Evapotranspiración			2,00	*		0,80	**
T ₄ = 100% de la Evapotranspiración			2,00	ns		0,99	ns
T ₅ = 120% de la Evapotranspiración			2,00	*		1,50	ns
T ₆ = 150% de la Evapotranspiración			2,00	**		1,37	ns
T ₇ = 180% de la Evapotranspiración			2,00	**		1,40	ns
T ₁ = 20% de la Evapotranspiración	Tallo	<i>Húmedo</i>	1,00	ns	<i>Seco</i>	0,50	**
T ₂ = 50% de la Evapotranspiración			1,00	ns		0,50	*
T ₃ = 80% de la Evapotranspiración			1,00	ns		0,45	*
T ₄ = 100% de la Evapotranspiración			1,00	**		0,49	ns
T ₅ = 120% de la Evapotranspiración			2,07	**		1,00	**
T ₆ = 150% de la Evapotranspiración			2,00	**		1,47	**
T ₇ = 180% de la Evapotranspiración			3,00	**		0,79	**
T ₁ = 20% de la Evapotranspiración	Foliar	<i>Húmedo</i>	2,00	ns	<i>Seco</i>	1,10	**
T ₂ = 50% de la Evapotranspiración			2,50	ns		1,25	*
T ₃ = 80% de la Evapotranspiración			2,00	ns		1,03	*
T ₄ = 100% de la Evapotranspiración			2,00	**		1,11	ns
T ₅ = 120% de la Evapotranspiración			3,29	**		1,50	**
T ₆ = 150% de la Evapotranspiración			4,00	**		2,80	**
T ₇ = 180% de la Evapotranspiración			4,00	**		1,90	**

En lo relativo al comportamiento de la sección radicular de la planta de frijol (*P. vulgaris*) la tabla 8 muestra que los tratamientos que suministran únicamente el 20%, 50% y 80% (T₁, T₂ y T₃, respectivamente) de la cantidad de agua evapotranspirada por la planta presentan

reducción significativa (P -valor >0.001) respecto al tratamiento testigo (T_4) variando (CV) 23.66%. Esto se mostró en raíces de menor tamaño, de mayor fragilidad al contacto y de menor concentración de agua (Valladares, 2004). Sin embargo, para los tratamientos que adicionan el 120%, 150% y 180% de la cantidad de agua evapotranspirada por la planta (T_5 , T_6 y T_7 , respectivamente) presentan un incremento significativo (P -valor >0.001) en estas mismas características de la raíz de *P. vulgaris* con coeficientes de variación de 52.54%, 55.84% y 65.84% en el mismo orden de los tratamientos.

Para las secciones del tallo y foliar el comportamiento siguió la tendencia ya descrita. Los T_1 , T_2 y T_3 presentaron reducciones significativas en las cantidades de agua registrada en el momento del peso fresco y el peso seco. Debe destacarse que a pesar de que los tratamientos T_5 , T_6 y T_7 presentaron una relación positiva (P -valor >0.001 ; CV=58.06%) en este parámetro al realizar comparaciones entre estos es el T_5 el más eficiente en el uso del agua. Esto en que no existe diferencia (P -valor <0.083 ; CV=1.14%) entre estos tratamientos, por ello, dará el mismo resultado la adición de 120% del índice de evatranspiración que cualquier otra cantidad mayor, esto es coincidente con lo reportado por Moreno y Moreno (2009) en experimentos de estrés hídrico desarrollado en hortalizas, gramíneas y leguminosas bajo condiciones controladas.

9.2. Comportamiento de las variables productivas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) antes el estrés hídrico.

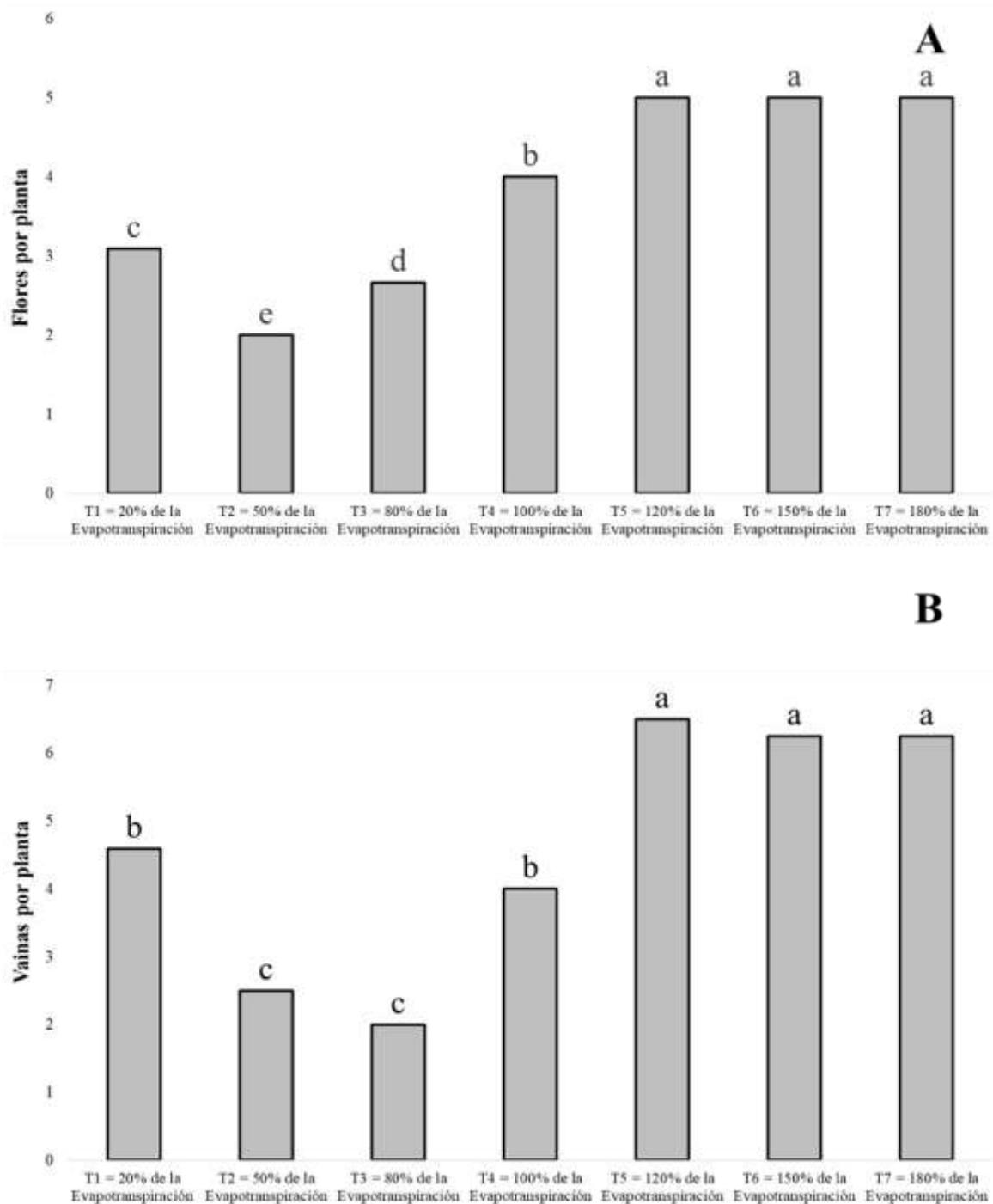


Figura 6. Variables productivas. A) Número de flores por planta - B) Número de vainas por planta. Prueba estadística Análisis de Varianza (ANOVA) - Diferencia Mínima Significativa (DMS = 0.95). Letras (a-e) distintas indican diferencia estadística $\alpha=0.05$. En la gráfica se han empleado los valores de la Media (Md) y Desviación Estándar (DE).

En la figura 5A en la que se muestra el número de flores por planta queda evidenciada la diferencia entre los tratamientos evaluados, donde el T₅ presenta mayor número con ± 7.22 (F=12.51; gl=6; P-valor>0.000; CV=33%) por planta. Esto se debe a la menor cantidad de agua empleada en este tratamiento.

Por su parte en la figura 5B se muestra la variable número de vainas por planta logrando observar que existe un incremento significativo del T₅ con ± 5.18 vainas por planta (F=17.17; gl=6; P-valor>0.017; CV=40%), con lo que respecta a los demás tratamientos evaluados. La producción de flores y vainas se mostraron más susceptible en los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄.

Según Acosta-Díaz et al., (1997), cuando las precipitaciones están por debajo de las necesidades del cultivo los rendimientos disminuyen drásticamente, fundamentalmente si coinciden con la floración y el llenado de las vainas del cultivo, es decir, que la precipitación acumulada durante la etapa reproductiva es determinante para el rendimiento de frijol (Meriño et al., 2015).

Estos resultados coinciden con los referidos por Rodríguez et al., (2009) cuando encontraron respuestas similares al trabajar con 64 líneas de frijol común en dos condiciones de humedad del suelo. Otros autores como Fabre et al., (2011) refieren que en dependencia de la duración del período de sequía y su magnitud, esta puede causar pérdidas en el rendimiento de 20 a 100% en los campos del frijol.

9.3. Relación del índice productivo con la cantidad de agua requerida por la planta.

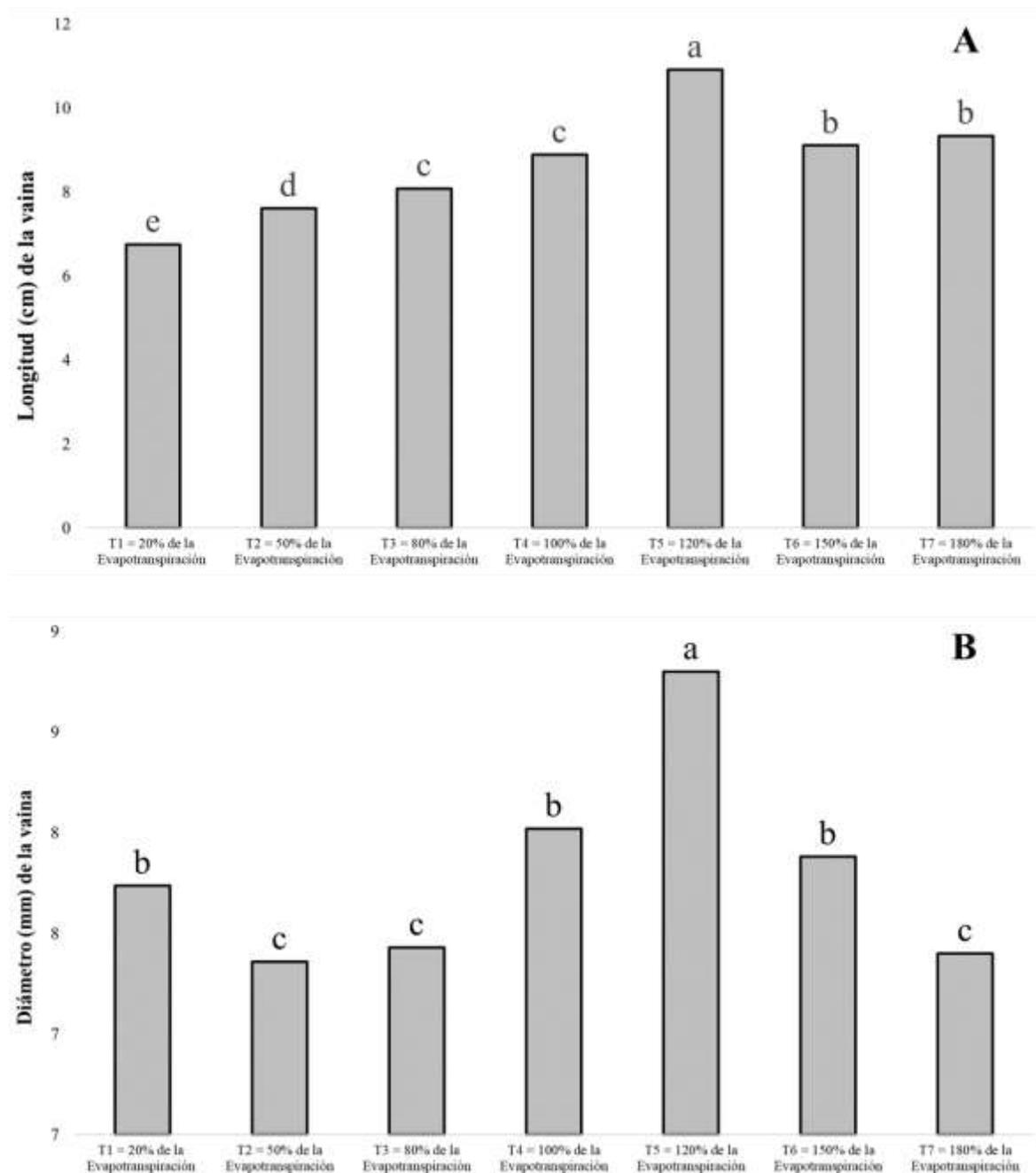


Figura 7. Variables productivas. A) Longitud (cm) y B) Diámetro (mm) de la vaina en función del tratamiento evaluado. Prueba estadística Análisis de Varianza (ANOVA) - Diferencia Mínima Significativa (DMS = 0.95). Letras (a-e) distintas indican diferencia estadística $\alpha=0.05$. En la gráfica se han reflejado los valores de la Media (Md) y Desviación Estándar (DE).

En este estudio también se registraron las variables morfométricas de la vaina de *P. vulgaris* sometido a los distintos niveles de estrés hídrico que constituyen los tratamientos. Tanto en la figura 6A para la Longitud de la vaina ± 10.90 cm (F=3.66; gl=6; P-valor>0.02; CV= 32.64%) como en la figura 6B para el Diámetro de la vaina ± 5.60 mm (F=3.89; gl=6; P-valor>0.01; CV= 92.74%) el tratamiento cinco (T₅) obtuvo los registros más elevados entre los siete niveles de estrés hídrico a los cuales se está probando la adaptabilidad de esta leguminosa coincidente con Mivilla, González, & Marulanda (1986).

El índice productivo de la variedad mostró respuestas diferentes entre los niveles de estrés hídrico, se pueden considerar con una correlación de 0.95 como las más adecuada a las condiciones que se establecieron en el lugar de los ensayos es el tratamiento cinco. Este combina un índice productivo alto y un mayor período desde la floración hasta la madurez, lo que favorece un período amplio para la formación de órganos reproductivos (Domínguez-Suárez et al., 2016).

Probablemente la pérdida de rendimientos en estos indicadores de productividad estudiados obedezca a la limitada actividad fotosintética y a una menor absorción de nutrientes por la reducida movilidad de iones en el suelo y toma de agua por las raíces (Medrano & Flexas, 2003). Los resultados alcanzados en este trabajo evidenciaron variabilidad entre niveles de estrés hídrico en cuanto a la reducción del rendimiento, lo que concuerda con lo reportado por otros autores (Acosta-Díaz, 1998; Domínguez-Suárez et al., 2016; Mivilla et al., 1986; Prado et al., 2016; Tosquy-Valle et al., 2014). En varios estudios se ha reiterado el efecto deletéreo de la sequía sobre el crecimiento, el rendimiento y la nutrición mineral de las plantas (Meriño et al., 2015) .

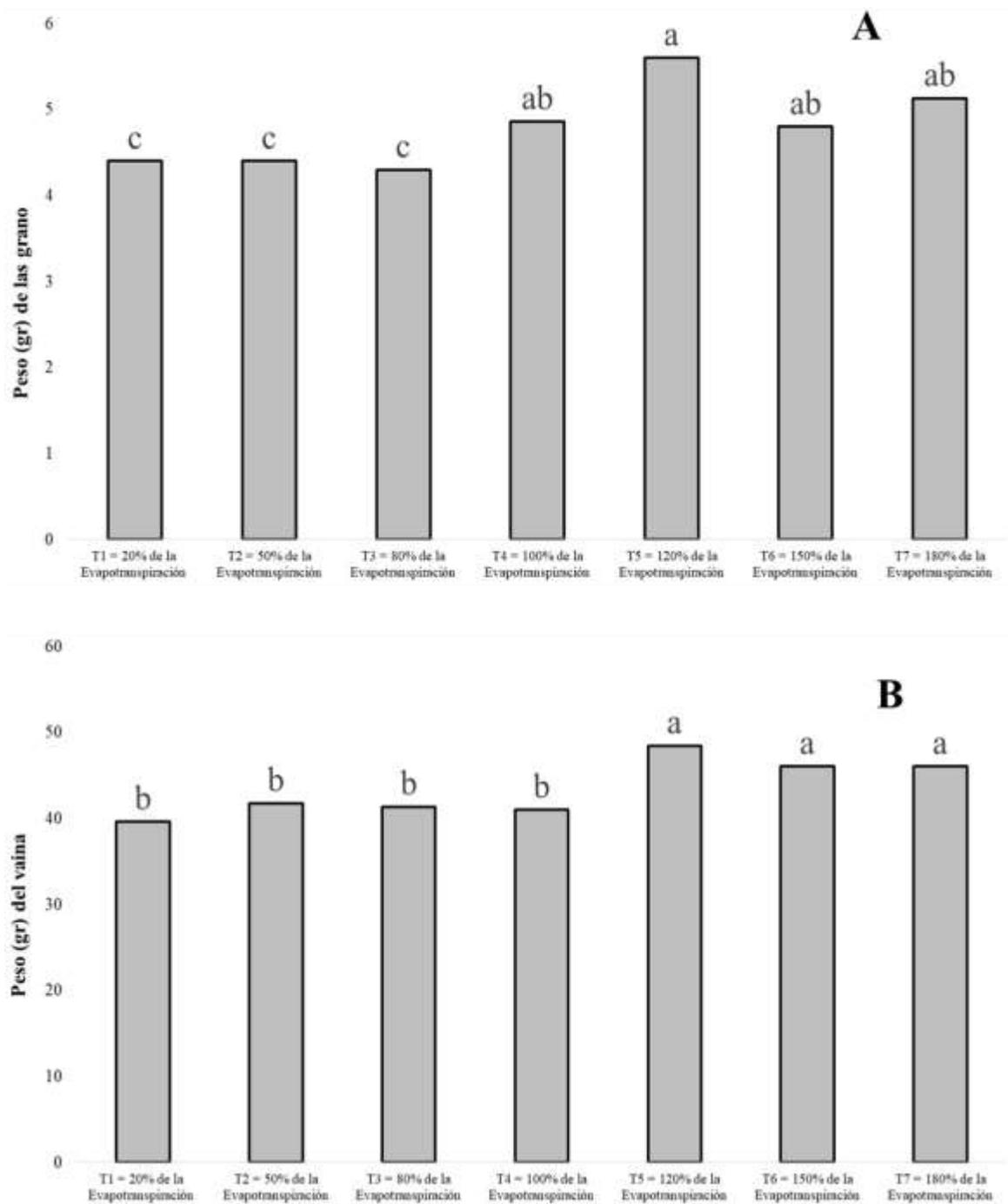


Figura 8. Variables productivas A) Peso (gr) de la vaina - B) Peso (gr) del grano de la planta en función del tratamiento. Prueba estadística Análisis de Varianza (ANOVA) - Diferencia Mínima Significativa (DMS = 0.95). Letras (a-c) distintas indican diferencia estadística $\alpha=0.05$. En la gráfica se han reflejado los valores de la Media (Md) y Desviación Estándar (DE).

De acuerdo con Allen et al., (2006) la falta de agua durante las etapas de prefloración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El análisis de varianza y comparación de medias al rendimiento obtenido mostró que existen diferencias significativas entre las variables Peso del grano ± 5.60 gr ($F=26.10$; $gl=6$; $P\text{-valor}>0.000$; $CV: 8\%$) y Peso de la vaina ± 48.46 gr ($F=10.05$; $gl=6$; $P\text{-valor}>0.000$; $CV=10\%$) a favor del tratamiento cinco (T_5) que suministra a la planta el 120% del agua evapotranspirada diariamente. Lo que indica la presencia de una baja adaptabilidad de la variedad a las condiciones de sequía ya que se redujo significativamente su rendimiento en la condición de estrés hídrico por carencia de agua.

La reducción del rendimiento alcanzado en las condiciones experimentales de sequía concuerda con los obtenidos por Arellano-Arciniega et al., (2015) en el cultivo de 10 genotipos en diferentes condiciones de siembra y riego. La reducción de rendimiento por falta o exceso de humedad fue evidente en todos los tratamientos evaluados. La mayoría de los tratamientos con estrés por exceso de agua presentaron moderada tolerancia al estrés hídrico, debido a que obtuvieron índices de producción superior a uno. Los resultados de índices de correlación para los tratamientos con déficit y exceso de agua están entre 0.70 y 0.95, respectivamente.

X. CONCLUSIONES

1. El tratamiento cinco (T₅) es el que permitió el desarrollo óptimo de las características fenológicas (altura, diámetro, número de ramas y hojas) y productivas (número de flores, vainas, granos por vaina, biomasa y morfometría del grano) del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) INTA Rojo (EAP 9510-77) de acuerdo con las características descritas por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
2. Este cultivar de frijol requiere un mínimo del 80% y un máximo 120% de la cantidad diaria de evapotranspiración para no entrar en pérdida productiva por estrés hídrico.
3. Partiendo del dato anterior se identifica que el cultivar del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) INTA Rojo (EAP 9510-77) es altamente (0.95) susceptible a las variaciones de humedad en el suelo.
4. El frijol (*Phaseolus vulgaris* L) INTA Rojo (EAP 9510-77) no presenta características de resistencia a condiciones de sequía y/o estrés hídrico por carencia de agua.

XI. RECOMENDACIONES

1. Repetir este experimento en condiciones controladas de invernadero con capacidad de medición de humedad relativa (%) y temperatura (° C) para medir el efecto de estas variables en los resultados obtenidos debido a que en este experimento no fue posible el control y el monitoreo exacto de dichas variables.
2. Realizar esta investigación con otras variedades de frijol incluyendo variedades criollas de uso común en distintas zonas del país.
3. Incluir la medición de las características nutricionales y organolépticas en las variables a evaluar en próximas réplicas de este estudio.
4. Realizar este estudio con distintos tipos de sustratos activos e inertes a fin de medir el efecto del medio físico en la dinámica Suelo-Agua-Planta.

XII. REFERENCIAS

- Acevedo, E., Silva, H., & Silva, P. (1998). Tendencias actuales de la investigación de la resistencia al estrés hídrico de las plantas cultivadas. *T Bol Técn Esta Exp Agron*, 49, 1–28. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expression=mfn=023732>
- Acosta-diaz, E. (1998). Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequia secano, como Pinto ViHa y Flor de Mayo Bajío , con buena adaptación , atto, 23.
- Acosta-Díaz, E., Kohashi-Shibata, J., & Acosta-Gallegos, J. A. (1997). Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequía. *Agricultura Técnica En México*, 23(2), 139–151. <https://doi.org/10.1007/s10726-013-9375-1.6>.
- Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Ramírez-Vallejo, P., Benedicto-Valdés, S. G., & Molina-Galán, J. D. (2012). Rendimiento d frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) En relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46(1), 37–50. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000100004
- Allen G., R., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO :Estudios FAO Riego y Drenaje* 56, 297. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4529143>
- Arellano-Arciniega, S., Osuna-Ceja, E. S., Martínez-Gamiño, M. A., & Reyes-Muro, L. (2015). Rendimiento de frijol fertilizado con estiércol bovino en condiciones de secano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(3), 313–318.
- Benavides, A., Ramirez, H., Robledo, V., Maiti, R., Cronejo, E., Hernández, J., Fuentes, L. (2002). *Ecofisiología y Bioquímica del Estrés en Plantas*. (A. B. Mendoza, Ed.) (2º). Mexico. Retrieved from <http://www.librosagronomicos.blogspot.mx/>

- Benavides, J. G., & Díaz, J. L. (1970). Formula para el calculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N - 15° S). *Agronomía Tropical*, 20(5), 335–345. Retrieved from [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia Tropical/at2005/arti/garcia_j.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/AgronomiaTropical/at2005/arti/garcia_j.htm)
- Birchler, T., Rose, R. W., Royo, A., & Pardos, M. (1998). La Planta Ideal : Revision Del Concepto , Parametros Definitorios E Implementacion Practica. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, 7(1), 1–10. Retrieved from <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2806>
- Correia, B., Pintó-Marijuan, M., Neves, L., Brossa, R., Dias, M. C., Costa, A., Pinto, G. (2014). Water stress and recovery in the performance of two Eucalyptus globulus clones: Physiological and biochemical profiles. *Physiologia Plantarum*, 150(4), 580–592. <https://doi.org/10.1111/ppl.12110>
- Domínguez-Suárez, A., Martínez-Dávalos, Y., Pérez-Hernández, Y., Fuentes-Alfonso, L., Darias-Rodríguez, R., Castillo, M. S., Castillo, D. S. (2016). Comportamiento de variedades cubanas y venezolanas de frijol común, cultivados en condiciones de sequía. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 68–75.
- Fabre, T. B., Secada, Y., Chaveco, O., Boudet, A., Gómez, Y., Meriño, Y., Tornes, N. (2011). Respuesta a la sequía de genotipos de fríjol común utilizando diferentes índices de selección. *Cagricola.Uclv.Edu.Cu*, 38(4), 69–73. Retrieved from http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V38-Numero_4/cag134111824.pdf
- Ferreira, E., Sellés, V., Ruiz, S., Técnica, M. S.-A., & 2003, U. (2003). Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos períodos de desarrollo de la vid cv. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *SciELO Chile*. Retrieved from http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072003000300007&script=sci_arttext
- Flores-Pacheco, J. A., Flores-Pacheco, C. J., Murillo, Y., Oporta, R., & Alemán, Y. (2016a). Evaluación de la producción de tomate (*Lycopersicon sculemtun*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con diferentes sustratos hidropónicos. *Nexo Revista Científica, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Nicaragua*, (ISSN 1998-8850).

- Flores-Pacheco, J. A., Godoy, S., Rostrán, J., & Bárcenas, M. (2015). Efecto de la poda de guías y dos tipos de fertilización en la producción de Melón (*Cucumis melo*). *Revista Universitas, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Nicaragua*, 6(ISSN 2311-6072), 186–198.
- Flores-Pacheco, J. A., Ramírez-James, M., Gutiérrez-Rugama, A., Flores-Pacheco, C. J., & Alemán, Y. (2016b). Efecto de tratamientos pre-germinativos en la calidad de plantas Guapinol (*Hymenaea courbaril*). *Nexo Revista Científica, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Nicaragua*, (ISSN 1998-8850).
- García-Pérez, A. (2010). *Métodos avanzados de estadística aplicada. Métodos robustos y de remuestreo. Universidad Nacional a Distancia*.
- Harris-Valle, C., M. E.-R. (2009). Tolerancia al estrés hídrico en la interacción planta-hongo micorrízico arbuscular: metabolismo energético y fisiología. *Scielo.Org.Mx*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802009000400004&script=sci_arttext&tlng=pt
- IBM® Statistical SPSS®. (2016). IBM® SPSS® 23.0. Retrieved from <http://www.spss.com/>
- INETER. (2015). *Los Ecosistemas de Nicaragua y su Estrategia*.
- INIDE. (2006). *VIII Censo de Población y IV de Vivienda. Volumen I. Gobierno de Nicaragua (Vol. I)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INTA. (2009). Guía tecnológica para la producción de Frijol. *Instituto Nicaraguense de Tecnología Agropecuaria, Segunda Ed*, 1–32.
- Liz Patricia Moreno, & Moreno F, L. P. (2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179–191. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
- Medrano, H., & Flexas, J. (2003). Respuesta de las plantas al estrés hídrico. In *La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis* (pp. 253–286). Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=830199>

- Meriño, Y., Boudet, A., Boicet, T., Barreiro, E., Palacio, A., & Oduardo, R. (2015). Rendimiento y tolerancia a la sequía de seis variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de campo. *Centro Agrícola*, 42(1), 69–74. Retrieved from http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V42-Numero_1/cag10115.pdf
- Ministerio de economía familiar, comunitaria, cooperativismos y asociativa. (2018). Sistema de Producción se reúne con productores de maíz y frijol, <http://www.economiafamiliar.gob.ni/sistema-de-prod>.
- Mivilla, B., González, A., & Marulanda, D. (1986). Necesidades hídricas de dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en condiciones de invernadero. *Acta Agronomica*, 36(2), 168–176.
- Monzón, D., & Monzón Paiva, D. (1992). Introducción al diseño de experimentos. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Central de Venezuela*, (Alcance 34), 167 p.
- Prado, Wilfredo; Jerez, Eduardo; Nápoles, M., Sosa, Ariel; Maceo, Y., & Cordoví, C. (2016). Respuesta de cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) A la sequía utilizando diferentes índices de selección. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 79–84. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5181.2082>
- Suarez, A., Davalo, Y., Y. H.-C., & 2016, U. (2001). Comportamiento de variedades cubanas y venezolanas de frijol común, cultivados en condiciones de sequía *Ojs.Unemi.Edu.Ec*. Retrieved from <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/349>
- Tosquy-valle, O. H., López-salinas, E., Francisco-nicolás, N., Alberto, J., & Bernardo, A. (2014). Genotipos de frijol negro opaco resistentes a sequía terminal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(7), 1205–1217. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342014000700006&script=sci_arttext&tlng=en
- Valladares, F. (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escala de la sequía. In *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (1st ed., pp. 163–190). Madrid, España:

Ministerio de Medio Ambiente - EGRAF S.A.

Velarde, E. C., Sanchez, J., Peña, R. V., Chávez, L. T., Nolasco, A. Q., Pichardo, C., ...
Baldomero, O. (2001). Evapotranspiracion. *Hidrologia Aplicada*, 19, 30. Retrieved
from http://tarwi.lamolina.edu.pe/~echavarri/clase_vii_evapotranpiracion_def.pdf

XIII. ANEXOS

Anexo 1: Tabla de colecta de datos en campo.

Cultivo _____ Variedad _____ Fecha de Siembra _____ DDS _____ Fecha _____
 Etapa Fenológica _____ Lote N° _____ Muestra N° _____ Realizado por _____

Muestra																		
Estaciones	1								2								Desarrollo	
Desarrollo fenológico															Promedio			
Altura (cm.)																		
D. Tallo (mm)																		
N° de ramas																		
N° flores																		
N° frutos																		
Plagas															Estadio			
Afidos alados																		
Diabroticas																		
Minador																		
Mosca Blanca																		
Spodopteras																		
Benéficos																		
Mariquitas																		
León de Afido																		
Araña																		
Parasitoides																		
Enfermedades															Cer	Baj	Med	Alto
T. Temprano																		
Marchites																		
Bacteria.																		
Tizón tardío																		
Virus																		

Observaciones _____

Anexo 2: Cálculo de la ETP MM/DIA para distintas combinaciones de Temperatura (° C) y Humedad Relativa (%).

TVHR	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
15,0	3,20	3,13	3,06	2,99	2,93	2,86	2,79	2,72	2,66	2,59	2,52	2,45	2,38	2,32	2,25	2,18	2,11	2,05	1,98	1,91	1,84
15,5	3,38	3,25	3,24	3,17	3,10	3,03	2,96	2,89	2,82	2,75	2,68	2,61	2,54	2,47	2,40	2,33	2,26	2,19	2,12	2,05	1,98
16,0	3,56	3,49	3,42	3,35	3,28	3,20	3,13	3,06	2,99	2,91	2,84	2,77	2,70	2,62	2,55	2,48	2,41	2,34	2,26	2,19	2,11
16,5	3,75	3,67	3,60	3,53	3,45	3,37	3,30	3,23	3,15	3,08	3,00	2,93	2,86	2,78	2,70	2,63	2,56	2,48	2,41	2,34	2,26
17,0	3,94	3,86	3,79	3,71	3,63	3,55	3,48	3,40	3,32	3,25	3,17	3,09	3,02	2,94	2,86	2,78	2,71	2,63	2,55	2,48	2,40
17,5	4,13	4,05	3,97	3,89	3,81	3,73	3,65	3,57	3,49	3,42	3,33	3,25	3,18	3,10	3,03	2,93	2,86	2,78	2,70	2,62	2,54
18,0	4,32	4,24	4,16	4,08	4,00	3,91	3,83	3,75	3,67	3,59	3,50	3,42	3,34	3,26	3,18	3,09	3,01	2,93	2,85	2,77	2,69
18,5	4,52	4,43	4,37	4,27	4,18	4,09	4,01	3,93	3,84	3,76	3,67	3,59	3,50	3,42	3,34	3,25	3,16	3,08	3,00	2,91	2,83
19,0	4,72	4,63	4,54	4,46	4,37	4,28	4,19	4,11	4,02	3,93	3,85	3,76	3,67	3,58	3,50	3,41	3,32	3,23	3,15	3,06	2,98
19,5	4,92	4,83	4,74	4,65	4,56	4,47	4,38	4,29	4,20	4,11	4,02	3,93	3,84	3,75	3,66	3,57	3,48	3,38	3,30	3,21	3,13
20,0	5,12	5,03	4,94	4,85	4,75	4,66	4,57	4,47	4,38	4,29	4,19	4,10	4,01	3,92	3,82	3,73	3,64	3,54	3,45	3,36	3,27
20,5	5,33	5,23	5,14	5,04	4,94	4,85	4,76	4,66	4,56	4,47	4,37	4,27	4,18	4,08	3,99	3,89	3,80	3,70	3,60	3,51	3,42
21,0	5,54	5,44	5,34	5,24	5,14	5,05	4,95	4,85	4,75	4,65	4,55	4,45	4,35	4,25	4,16	4,06	3,96	3,86	3,76	3,66	3,56
21,5	5,75	5,65	5,55	5,44	5,34	5,24	5,14	5,04	4,94	4,83	4,73	4,63	4,53	4,42	4,33	4,22	4,12	4,02	3,91	3,81	3,71
22,0	5,97	5,86	5,76	5,65	5,55	5,44	5,34	5,23	5,13	5,02	4,92	4,81	4,71	4,60	4,50	4,39	4,28	4,18	4,07	3,97	3,87
22,5	6,19	6,08	5,97	5,86	5,75	5,64	5,54	5,43	5,32	5,21	5,10	4,99	4,89	4,77	4,67	4,56	4,45	4,34	4,23	4,12	4,01
23,0	6,41	6,30	6,18	6,07	5,96	5,85	5,74	5,63	5,51	5,40	5,29	5,18	5,07	4,95	4,84	4,73	4,62	4,51	4,40	4,28	4,17
23,5	6,63	6,52	6,40	6,28	6,17	6,06	5,94	5,83	5,71	5,59	5,48	5,36	5,25	5,13	5,02	4,90	4,79	4,67	4,56	4,44	4,32
24,0	6,86	6,74	6,62	6,50	6,38	6,27	6,15	6,03	5,91	5,79	5,67	5,55	5,43	5,32	5,20	5,08	4,96	4,84	4,72	4,60	4,48
24,5	7,09	6,97	6,84	6,72	6,60	6,48	6,36	6,23	6,11	5,99	5,86	5,74	5,62	5,50	5,38	5,25	5,13	5,01	4,89	4,76	4,64
25,0	7,32	7,20	7,07	6,95	6,82	6,69	6,57	6,44	6,32	6,19	6,06	5,94	5,81	5,69	5,56	5,43	5,31	5,18	5,06	4,93	4,81
25,5	7,56	7,43	7,31	7,17	7,04	6,91	6,78	6,65	6,52	6,39	6,26	6,13	6,00	5,87	5,74	5,61	5,48	5,35	5,23	5,09	4,96
26,0	7,80	7,67	7,54	7,40	7,27	7,13	7,00	6,87	6,73	6,60	6,47	6,33	6,20	6,06	5,93	5,80	5,66	5,53	5,40	5,26	5,11
26,5	8,05	7,91	7,77	7,63	7,50	7,36	7,22	7,08	6,94	6,81	6,67	6,53	6,39	6,25	6,12	5,98	5,84	5,70	5,57	5,43	5,28
27,0	8,30	8,16	8,01	7,87	7,73	7,59	7,45	7,30	7,16	7,02	6,88	6,74	6,59	6,45	6,31	6,17	6,03	5,88	5,74	5,60	5,45
27,5	8,55	8,40	8,25	7,96	7,96	7,82	7,67	7,52	7,38	7,23	7,09	6,94	6,79	6,65	6,50	6,36	6,21	6,06	5,92	5,77	5,62
28,0	8,81	8,65	8,50	8,35	8,20	8,05	7,90	7,75	7,60	7,45	7,30	7,15	7,00	6,85	6,70	6,55	6,40	6,25	6,10	5,95	5,80
28,5	9,07	8,91	8,75	8,60	8,44	8,29	8,18	7,98	7,82	7,67	7,51	7,36	7,21	7,05	6,90	6,74	6,59	6,43	6,26	6,12	5,95
29,0	9,33	9,17	9,01	8,85	8,69	8,53	8,37	8,21	8,05	7,89	7,73	7,57	7,42	7,26	7,10	6,94	6,78	6,62	6,46	6,30	6,14
29,5	9,60	9,43	9,27	9,10	8,94	8,77	8,61	8,45	8,28	8,12	7,95	7,79	7,63	7,46	7,30	7,13	6,97	6,81	6,64	6,48	6,32
30,0	9,87	9,70	9,53	9,36	9,19	9,02	8,86	8,69	8,52	8,35	8,18	8,01	7,84	7,67	7,50	7,33	7,17	7,00	6,83	6,66	6,49

Anexo 3: Presupuesto

Nº	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
PRIMERA FASE					
1	Equipos e Insumos de Campo				
2	Semilla certificada de Frijol INTA Rojo	Libras	5	C\$ 150.00	C\$ 750.00
3	Pie de Rey	Unidad	1	C\$ 900.00	C\$ 900.00
4	Cinta métrica	Unidad	1	C\$ 300.00	C\$ 300.00
5	Cinta amarilla de delimitación	Rollo	7	C\$ 150.00	C\$ 1,050.00
6	Rótulos de tratamientos	Unidad	7	C\$ 250.00	C\$ 1,750.00
7	Recipientes	Unidad	350	C\$ 50.00	C\$ 17,500.00
8	Formato de Toma de datos	Unidad	50	C\$ 3.00	C\$ 150.00
9	Tabla de campo	Unidad	1	C\$ 120.00	C\$ 120.00
10	Lápiz	Unidad	5	C\$ 5.00	C\$ 25.00
11	Recipiente milimetrado de 1 L	Unidad	2	C\$ 50.00	C\$ 100.00
12	Pesa de campo	Unidad	1	C\$ 1,200.00	C\$ 1,200.00
22	Sub-Total				C\$ 23,845.00
SEGUNDA FASE					
23	Informe Final de Monografía				
24	Impresión Blanco/Negro	Páginas	720	C\$ 4.00	C\$ 2,880.00
25	Impresión Color	Páginas	50	C\$ 15.00	C\$ 750.00
26	Encolchado	Páginas	9	C\$ 60.00	C\$ 540.00
27	Empastado	Unidad	3	C\$ 800.00	C\$ 2,400.00
28	Fotocopias	Unidad	600	C\$ 1.00	C\$ 600.00
29	Honorarios Tutor	Honorarios	1	C\$ 4,000.00	C\$ 4,000.00
30	Sub-Total				C\$ 11,170.00
INVERSIÓN FINAL					
31	Total				C\$ 35,015.00

Anexo 4: Cronograma

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES														
No.	Actividades	Año 2018												2019
		meses del Año												
		enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
1	Idea de la investigación													
2	Revisión de la literatura o fuentes bibliográficas													
3	Construcción del Protocolo													
4	Contacto para la compra de equipos y materiales de campo													
5	Revisión del protocolo													
6	Entrega del protocolo e inscripción													
7	Recolección de datos de campo													
8	ordenación y análisis de datos													
9	Borrador del informe													
10	Entrega del informe de investigación y comunicación													
11	Gestión del Título Profesional													

Anexo 5. Datos Meteorológicos

Día	Temperatura	Humedad	Precipitación	Evaporación	HRD	Ft	ETP	T ₁ =20%	T ₂ =50%	T ₃ =80%	T ₄ =Festigo	T ₅ =120%	T ₆ =150%	T ₇ =180%
01/04/2018	27.20	77.00	0.00	10.20	77.00	0.77	5.06	1.01	2.53	4.05	5.06	6.08	7.60	9.12
02/04/2018	28.20	68.00	0.00	9.20	68.00	0.80	6.06	1.21	3.03	4.85	6.06	7.27	9.09	10.91
03/04/2018	28.20	70.00	0.00	10.10	70.00	0.80	5.91	1.18	2.95	4.73	5.91	7.09	8.86	10.63
04/04/2018	28.30	77.00	0.00	11.10	77.00	0.80	5.41	1.08	2.70	4.32	5.41	6.49	8.11	9.73
05/04/2018	26.30	89.00	25.40	12.70	89.00	0.75	3.97	0.79	1.99	3.18	3.97	4.77	5.96	7.15
06/04/2018	25.50	90.00	3.40	8.80	90.00	0.73	3.70	0.74	1.85	2.96	3.70	4.45	5.56	6.67
07/04/2018	26.30	89.00	0.00	9.00	89.00	0.75	3.97	0.79	1.99	3.18	3.97	4.77	5.96	7.15
08/04/2018	27.50	82.00	0.00	7.60	82.00	0.78	4.79	0.96	2.40	3.83	4.79	5.75	7.19	8.62
09/04/2018	26.10	89.00	2.70	5.20	89.00	0.75	3.92	0.78	1.96	3.14	3.92	4.71	5.88	7.06
10/04/2018	26.60	87.00	11.10	7.90	87.00	0.76	4.19	0.84	2.09	3.35	4.19	5.03	6.28	7.54
11/04/2018	25.90	92.00	3.50	6.00	92.00	0.74	3.67	0.73	1.84	2.94	3.67	4.41	5.51	6.61
12/04/2018	27.30	87.00	0.00	6.30	87.00	0.78	4.37	0.87	2.19	3.50	4.37	5.25	6.56	7.87
13/04/2018	26.60	89.00	3.50	3.80	89.00	0.76	4.05	0.81	2.02	3.24	4.05	4.86	6.07	7.29
14/04/2018	24.60	94.00	1.50	0.00	94.00	0.71	3.24	0.65	1.62	2.59	3.24	3.88	4.85	5.82
15/04/2018	26.00	87.00	0.00	0.00	87.00	0.74	4.03	0.81	2.02	3.22	4.03	4.84	6.05	7.25
16/04/2018	26.80	88.00	0.50	0.00	88.00	0.76	4.17	0.83	2.09	3.34	4.17	5.00	6.26	7.51
17/04/2018	26.50	89.00	25.10	0.00	89.00	0.76	4.02	0.80	2.01	3.22	4.02	4.83	6.04	7.24
18/04/2018	26.50	89.00	0.30	4.40	89.00	0.76	4.02	0.80	2.01	3.22	4.02	4.83	6.04	7.24
19/04/2018	26.50	90.00	0.40	10.20	90.00	0.76	3.95	0.79	1.98	3.16	3.95	4.75	5.93	7.12
20/04/2018	26.10	89.00	12.30	10.20	89.00	0.75	3.92	0.78	1.96	3.14	3.92	4.71	5.88	7.06
21/04/2018	25.30	92.00	57.70	9.20	92.00	0.72	3.53	0.71	1.76	2.82	3.53	4.23	5.29	6.35
22/04/2018	26.60	90.00	0.00	10.10	90.00	0.76	3.98	0.80	1.99	3.18	3.98	4.78	5.97	7.16
23/04/2018	27.30	89.00	0.00	11.10	89.00	0.78	4.23	0.85	2.11	3.38	4.23	5.07	6.34	7.61
24/04/2018	26.80	94.00	18.20	12.70	94.00	0.76	3.75	0.75	1.87	3.00	3.75	4.50	5.62	6.75
25/04/2018	25.90	93.00	0.80	12.10	93.00	0.74	3.60	0.72	1.80	2.88	3.60	4.33	5.41	6.49
26/04/2018	27.70	87.00	0.00	12.80	87.00	0.79	4.48	0.90	2.24	3.58	4.48	5.37	6.72	8.06
27/04/2018	26.60	88.00	0.00	10.00	88.00	0.76	4.12	0.82	2.06	3.29	4.12	4.94	6.18	7.41
28/04/2018	26.00	96.00	5.20	0.00	96.00	0.74	3.43	0.69	1.71	2.74	3.43	4.11	5.14	6.17
29/04/2018	0.00	0.00	0.00	10.20	0.00	0.00	1.09	0.22	0.55	0.87	1.09	1.31	1.64	1.96
30/04/2018	26.00	96.00	5.20	11.40	96.00	0.74	3.43	0.69	1.71	2.74	3.43	4.11	5.14	6.17
Media mensual	25.70	85.00	176.80	10.40	85.00	0.74	4.08	0.82	2.04	3.27	4.08	4.90	6.13	7.35
Máxima media mensual	30.40	99.00	57.70	12.80										
Mínima media mensual	23.30	68.00	0.00	9.80										
Máxima absoluta mensual	32.50	100.00	57.70	10.00										
Mínima absoluta mensual	22.00	46.00	0.00	10.60										
Mínima absoluta mensual	22.00	37.00	37.00	37.00										

Día	Temperatura	Humedad	Precipitación	Evaporación	HRD	Ft	ETP	T ₁ =20%	T ₂ =50%	T ₃ =80%	T ₄ =Testigo	T ₅ =120%	T ₆ =150%	T ₇ =180%
01/05/2018	29.8	66.00	0.00	10.20	66.00	0.84	6.80	1.36	3.40	5.44	6.80	8.16	10.20	12.24
02/05/2018	29.3	70.00	0.00	9.20	70.00	0.83	6.29	1.26	3.14	5.03	6.29	7.55	9.43	11.32
03/05/2018	28.2	77.00	0.00	10.10	77.00	0.80	5.37	1.07	2.69	4.30	5.37	6.45	8.06	9.67
04/05/2018	27.8	79.00	0.00	11.10	79.00	0.79	5.10	1.02	2.55	4.08	5.10	6.12	7.65	9.18
05/05/2018	27.9	75.00	0.00	12.70	75.00	0.79	5.43	1.09	2.72	4.34	5.43	6.52	8.15	9.78
06/05/2018	28.4	70.00	0.00	12.10	70.00	0.80	5.98	1.20	2.99	4.78	5.98	7.17	8.96	10.76
07/05/2018	28.3	73.00	15.50	12.80	73.00	0.80	5.71	1.14	2.86	4.57	5.71	6.85	8.57	10.28
08/05/2018	28.3	72.00	0.30	10.00	72.00	0.80	5.79	1.16	2.89	4.63	5.79	6.95	8.68	10.42
09/05/2018	29.5	66.00	0.00	11.40	66.00	0.83	6.69	1.34	3.34	5.35	6.69	8.03	10.03	12.04
10/05/2018	29.7	65.00	0.00	10.40	65.00	0.84	6.85	1.37	3.42	5.48	6.85	8.21	10.27	12.32
11/05/2018	29.8	61.00	0.00	12.80	61.00	0.84	7.22	1.44	3.61	5.77	7.22	8.66	10.83	12.99
12/05/2018	29.8	59.00	0.00	9.80	59.00	0.84	7.39	1.48	3.69	5.91	7.39	8.86	11.08	13.29
13/05/2018	29.9	60.00	0.00	10.00	60.00	0.84	7.34	1.47	3.67	5.87	7.34	8.81	11.01	13.22
14/05/2018	29.4	67.00	0.00	10.60	67.00	0.83	6.57	1.31	3.28	5.26	6.57	7.88	9.85	11.83
15/05/2018	29.7	69.00	0.00	9.50	69.00	0.84	6.51	1.30	3.26	5.21	6.51	7.82	9.77	11.72
16/05/2018	29.1	70.00	0.00	9.50	70.00	0.82	6.22	1.24	3.11	4.98	6.22	7.46	9.33	11.19
17/05/2018	28.4	75.00	0.00	8.80	75.00	0.80	5.59	1.12	2.80	4.47	5.59	6.71	8.39	10.06
18/05/2018	27.5	77.00	0.00	9.00	77.00	0.78	5.16	1.03	2.58	4.13	5.16	6.19	7.74	9.28
19/05/2018	26.8	80.00	61.10	7.60	80.00	0.76	4.73	0.95	2.37	3.79	4.73	5.68	7.10	8.52
20/05/2018	27.8	75.00	0.00	5.20	75.00	0.79	5.40	1.08	2.70	4.32	5.40	6.48	8.10	9.72
21/05/2018	28.4	71.00	0.00	7.90	71.00	0.80	5.90	1.18	2.95	4.72	5.90	7.08	8.85	10.62
22/05/2018	28	74.00	24.00	6.00	74.00	0.79	5.54	1.11	2.77	4.43	5.54	6.65	8.31	9.97
23/05/2018	27.7	77.00	0.00	6.30	77.00	0.79	5.22	1.04	2.61	4.18	5.22	6.26	7.83	9.39
24/05/2018	28.1	77.00	0.00	3.80	77.00	0.80	5.34	1.07	2.67	4.27	5.34	6.41	8.01	9.62
25/05/2018	28.2	72.00	0.00	0.00	72.00	0.80	5.76	1.15	2.88	4.60	5.76	6.91	8.63	10.36
26/05/2018	28	78.00	0.80	0.00	78.00	0.79	5.24	1.05	2.62	4.19	5.24	6.28	7.86	9.43
27/05/2018	26.6	82.00	8.80	0.00	82.00	0.76	4.53	0.91	2.27	3.63	4.53	5.44	6.80	8.16
28/05/2018	26	87.00	1.80	0.00	87.00	0.74	4.03	0.81	2.02	3.22	4.03	4.84	6.05	7.25
29/05/2018	27	85.00	23.00	4.40	85.00	0.77	4.44	0.89	2.22	3.55	4.44	5.32	6.65	7.98
30/05/2018	26	89.00	20.30	6.40	89.00	0.74	3.90	0.78	1.95	3.12	3.90	4.68	5.84	7.01
31/01/2018	27.3	82.00	0.00	2.90	82.00	0.78	4.73	0.95	2.37	3.79	4.73	5.68	7.10	8.52
Media mensual	28.3	73.00	155.60	240.50										
Máxima media mensual	33.5	93.00	93.00	93.00										
Mínima media mensual	23.8	46.00	46.00	46.00										
Máxima absoluta mensual	35	98.00	61.10	12.80										
Mínima absoluta mensual	22	37.00	37.00	37.00										

Anexo 6. Fotografías



Fotografía 1. Preparación del terreno



Fotografía 2. Elementos del sustrato mejorado



Fotografía 3. A) Vainas de frijol del T₇. B) Medición de variables morfométricas.



Fotografía 3.

- A) Diámetro de las Vainas de frijol del T₃.
- B) Medición del peso de las Vainas de frijol del T₈.

