



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

EVALUAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO DE *Caesalpinia spinosa* (GUARANGO) EN ETAPA DE VIVERO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, ESPOCH. CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: VANESSA MISHEL CONDOY GIRON

Riobamba-Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

EVALUAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO DE *Caesalpinia spinosa* (GUARANGO) EN ETAPA DE VIVERO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, ESPOCH. CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTORA: VANESSA MISHEL CONDOY GIRON

DIRECTOR: Ing. JUAN EDUARDO LEÓN RUIZ PhD

Riobamba-ecuador
2021

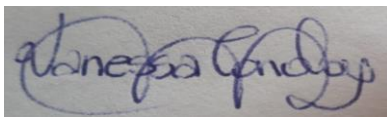
© 2020, Vanessa Mishel Condoy Giron

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Vanessa Mishel Condoy Giron declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 16 de septiembre de 2021

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Vanessa Mishel Condoy Giron'.

Vanessa Mishel Condoy Giron

210112764-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO DE *Caesalpinia spinosa* (Guarango) EN ETAPA DE VIVERO BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI, ESPOCH. CANTÓN RIOBAMBA. PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **VANESSA MISHEL CONDOY GIRON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Rosa Del Pilar Castro Gómez Dra. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	 ROSA DEL PILAR CASTRO GOMEZ	<p>2021-septiembre-16</p>
<p>Ing. Juan Eduardo León Ruiz PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	<p>JUAN EDUARDO LEON RUIZ</p> 	<p>2021-septiembre-16</p>
<p>Ing. Vilma Fernanda Noboa Silva Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p>VILMA FERNANDA NOBOA SILVA</p> 	<p>2021-septiembre-16</p>

DEDICATORIA

Con gran motivación y emoción quiero dedicar este trabajo de investigación al principal pilar en mi vida mi FAMILIA sobre todo a mis padres quienes, con su paciencia y mucho amor, sobre todo esfuerzo me ha permitido cumplir el sueño de lograr esta meta, muchas gracias por ser mi mayor inspiración y ejemplo, por su confianza puesta en mí desde el momento que tuve que salir de la casa para ir a otra ciudad en busca de uno de los sueños de mi vida: A mis hermanas y hermano por haber estado siempre presentes y animarme con sus locuras, en los momentos difíciles y poder sobrellevar las adversidades, a mis tíos, tías, primos y primas por darme palabras de aliento, en especial a mis tías por ser un gran ejemplo de superación por sus consejos durante estos años de vida estudiantil, gracias a toda mi familia que han hecho de mí una gran persona, gracias por confiar en mí, con todo mi corazón los amo. En memoria de mis adorados abuelos, más que mis abuelos fueron como mis padres, les agradezco por sus valores y enseñanzas que sembraron en mi corazón que los mantendré el resto de mi vida, sus recuerdos permanecen en mi corazón y nunca los olvidare, asimismo a mis amigos con los que he compartido ocurrencias, risas y llantos, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Muchas gracias esto es para ustedes

Vanessa

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por darme salud, vida y sabiduría, por guiarme a lo largo de este camino, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos difíciles y por sobre todo darme fuerza en momentos de debilidad.

Agradezco a la ESPOCH y de manera especial a la Carrera de Ingeniería Forestal por sus valiosas enseñanzas compartidas en las aulas, a los docentes quienes con su experiencia y paciencia han logrado impartir sus conocimientos sobre esta gran carrera y de esta manera brindarme la oportunidad de superación para ser una profesional

Al Centro Experimental del Riego (CER) por haberme facilitado la apertura suficiente para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de la investigación y así mismo al personal técnico y de campo quien también me colaboraron en mi proyecto de tesis.

Al Ing. Juan León Ruiz PhD director de mi trabajo de titulación, por su amistad, por impartir sus conocimientos dentro de la presente investigación, por la paciencia que tuvo de orientarme y poder culminar con éxito mi trabajo de titulación. A la Ing. Vilma Noboa Silva Msc, asesora de tesis, le agradezco por el apoyo brindado, por su tiempo, amistad, por los conocimientos impartidos y guiarme en mi trabajo de investigación.

Finalmente agradezco mucho a todas las personas que estuvieron ahí conmigo a lo largo de esta meta, quienes con una sonrisa o palabras de aliento han motivado a obtener mi título.

A todos muchas gracias.

Vanessa

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1.	Origen y distribución de <i>Caesalpinia spinosa</i>	4
1.1.	Descripción taxonómica.....	4
1.2.	Descripción botánica del guarango.....	5
1.2.1.	<i>Semilla</i>	5
1.2.2.	<i>Hojas</i>	5
1.2.3.	<i>Copa</i>	5
1.2.4.	<i>Corteza</i>	6
1.2.5.	<i>Flores</i>	6
1.2.6.	<i>Frutos</i>	6
1.2.7.	<i>Sistema Radicular</i>	6
1.3.	Condiciones de hábitat.....	7
1.3.1.	<i>Variables climáticas</i>	7
1.3.2.	<i>Zonas de vida</i>	7
1.3.3.	<i>Variables edáficas</i>	8
1.4.	Silvicultura y manejo del cultivo.....	8
1.4.1.	<i>Sistemas de propagación</i>	9
1.4.2.	<i>Tratamiento pre germinativo</i>	9
1.5.	Principales plagas y enfermedades.....	12
1.5.1.	<i>Plagas</i>	12
1.5.2.	<i>Enfermedades</i>	13
1.6.	Usos del guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>).....	14
1.7.	Requerimientos de humedad en el suelo.....	15
1.7.1.	<i>Agua en el suelo</i>	15
1.7.2.	<i>Clasificación del agua en el suelo</i>	15
1.7.3.	<i>Medición del agua en el suelo</i>	16
1.8.	Mediciones meteorológicas.....	17
1.8.1.	<i>Temperatura</i>	17

1.8.2.	<i>Humedad relativa</i>	17
1.8.3.	<i>Velocidad del viento</i>	18
1.8.4.	<i>Precipitación</i>	18
1.8.5.	<i>Evaporación</i>	18
1.9.	Requerimiento hídrico	18
1.9.1.	<i>Coefficiente de Cultivo</i>	18
1.9.2.	<i>Evapotranspiración</i>	20
1.9.3.	<i>Medición de la evapotranspiración</i>	21
1.9.4.	<i>Láminas de riego</i>	22

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	26
2.1.	Materiales y Métodos	26
2.1.1.	<i>Características del lugar</i>	26
2.1.2.	<i>Materiales y equipos</i>	27
2.1.3.	<i>Características del campo experimental</i>	27
2.1.4.	<i>Especificación del experimento</i>	28
2.1.5.	<i>Tratamientos</i>	29
2.1.6.	<i>Metodología</i>	29
2.1.7.	<i>Variables a evaluar</i>	32
2.1.8.	<i>Fase de campo</i>	34
2.1.9.	<i>Fase de laboratorio</i>	35

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	37
3.1.	Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) de <i>Caesalpinia spinosa</i> guarango en etapa de vivero	37
3.1.1.	<i>Identificación de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo en etapa de vivero</i>	37
3.1.2.	<i>Requerimientos Hídricos aplicados en el cultivo de guarango en etapa de vivero</i>	42
3.2.	Establecer la evapotranspiración de <i>Caesalpinia spinosa</i> (guarango) en etapa de vivero	43
3.2.1.	<i>Evapotranspiración del cultivo guarango (ETc)</i>	43
3.3.	Valorar el comportamiento biométrico <i>Caesalpinia spinosa</i> (guarango) en etapa de vivero	45
3.3.1.	<i>Porcentaje de prendimiento</i>	45
3.3.2.	<i>Altura de la planta</i>	45
3.3.3.	<i>Diámetro a la altura del cuello</i>	54

3.3.4.	<i>Crecimiento radicular de la planta</i>	64
3.3.5.	<i>Conductividad estomática en las hojas</i>	68
3.3.6.	<i>Potencial hídrico de la planta</i>	73
3.3.7.	<i>Contenido relativo de agua en las hojas</i>	76
3.3.8.	<i>Porcentaje de materia seca de la planta</i>	81
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES		83
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del guarango	4
Tabla 2-1:	Zonas de vida del guarango.....	8
Tabla 3-1:	Punto de marchitez permanente, Capacidad de campo y Capacidad de agua aprovechable	15
Tabla 4-1:	Coefficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque Clase A, para localidades y ambientes de los tanques y valores de velocidad media de viento y de humedad relativa	22
Tabla 1-2:	Características del Ensayo.....	27
Tabla 2-2:	Característica de la parcela experimental para la evaluación del guarango.....	27
Tabla 3-2:	Análisis de varianza (Adeva) para la evaluación del guarango.....	28
Tabla 4-2:	Descripción de los tratamientos en estudio.....	28
Tabla 5-2:	Descripción de los estados fenológicos del cultivo de guarango en etapa de vivero.....	29
Tabla 1-3:	Láminas totales de riego aplicadas en el ciclo del cultivo del guarango (<i>caesalpinia spinosa</i>) en etapa de vivero.....	41
Tabla 2-3:	Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento a los 15 DDR.....	44
Tabla 3-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 15 DDR.....	45
Tabla 4-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 140 DDR.....	45
Tabla 5-3:	Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 140 DDR.....	46
Tabla 6-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 155 DDR.....	47
Tabla 7-3:	Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 155 DDR.....	48
Tabla 8-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 177 DDR.....	49
Tabla 9-3:	Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 177 DDR.....	49
Tabla 10-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 196 DDR.....	50
Tabla 11-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 211 DDR.....	51
Tabla 12-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 211 DDR.....	51
Tabla 13-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 227 DDR.....	52
Tabla 14-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 227 DDR.....	53
Tabla 15-3:	Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 15 DDR	54
Tabla 16-3:	Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 140 DDR	55
Tabla 17-3:	Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 140 DDR.....	55

Tabla 18-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 155 DDR.....	56
Tabla 19-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 155 DDR.....	57
Tabla 20-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 177 DDR.....	58
Tabla 21-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 177 DDR.....	58
Tabla 22-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 196 DDR.....	59
Tabla 23-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 196 DDR.....	60
Tabla 24-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 211 DDR.....	61
Tabla 25-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 211 DDR.....	61
Tabla 26-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 227 DDR.....	62
Tabla 27-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 227 DDR.....	63
Tabla 28-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 15 DDR..	64
Tabla 29-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 140 DDR..	64
Tabla 30-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 155 DDR..	65
Tabla 31-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 177 DDR..	66
Tabla 32-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 196 DDR..	66
Tabla 33-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 196 DDR..	67
Tabla 34-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 227 DDR..	67
Tabla 35-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 15 DDR	68
Tabla 36-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 140 DDR.....	68
Tabla 37-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 155 DDR.....	69
Tabla 38-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 177 DDR.....	69
Tabla 39-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 196 DDR.....	70

Tabla 40-3: Prueba de tukey al 5% para la conductividad estomática de la hoja a los 196 DDR	70
Tabla 41-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 211 DDR	72
Tabla 42-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 227 DDR	72
Tabla 43-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 15 DDR	73
Tabla 44-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 140 DDR	73
Tabla 45-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 155 DDR	74
Tabla 46-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 177 DDR	74
Tabla 47-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 196 DDR	75
Tabla 48-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 211 DDR	75
Tabla 49-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 227 DDR	76
Tabla 50-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 15 DDR	76
Tabla 51-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 140 DDR	77
Tabla 52-3: Prueba de tukey al 5% para el contenido relativo de agua a los 140 DDR	77
Tabla 53-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 155 DDR	79
Tabla 54-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 177 DDR	79
Tabla 55-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 196 DDR	80
Tabla 56-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 211 DDR	80
Tabla 57-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 227 DDR	81
Tabla 58-3: Análisis de varianza para la materia seca a los 227 DDR	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Ubicación geográfica del área del estudio	25
Gráfico 1-3. Duracion de las etapas fenologicas del cultivo de guarango en los diferentes tratamientos.....	36
Gráfico 2-3. Duración total del ciclo de cultivo de guarango en etapa de vivero (<i>Caesalpinia spinosa</i>).....	36
Gráfico 3-3. Lámina de riego total en el guarango en etapa de vivero.....	37
Gráfico 4-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>) para el tratamiento 1 determinado por la fórmula Hargraves.....	38
Gráfico 5-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>) para el tratamiento 2 determinado por la fórmula Hargraves.....	39
Gráfico 6-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (<i>Caesalpinia spinosa</i>) para el tratamiento 3 determinado por la fórmula Hargraves.....	40
Gráfico 7-3. Coeficientes del cultivo (K_c) para los tres tratamientos en estudio.....	40
Gráfico 8-3. Evapotranspiración del cultivo guarango (mm/día) por estado fenológico a través del tanque evaporímetro clase A.....	42
Gráfico 9-3. Altura de la planta a los 140 DDR.....	45
Gráfico 10-3: Altura de la planta a los 155 DDR.....	46
Gráfico 11-3. Altura de la planta a los 177 DDR.....	47
Gráfico 12-3. Altura de la planta entre los tratamientos a los 211 DDR.....	49
Gráfico 13-3. Altura de la planta a los 227 DDR.....	51
Gráfico 14-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) a los 140 DDR.....	53
Gráfico 15-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) a los 155 DDR.....	55
Gráfico 16-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) a los 177 DDR.....	57
Gráfico 17-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) a los 196 DDR.....	58
Gráfico 18-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) los 211 DDR.....	60
Gráfico 19-3. Diámetro a la altura del cuello (D_{ac}) a los 227 DDR.....	61
Gráfico 20-3. Conductividad estomática en las hojas a los 196 DDR	69
Gráfico 21-3. Contenido relativo de agua a los 140 DDR	76

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PREPARACIÓN DEL ÁREA PARA LA INVESTIGACIÓN.
- ANEXO B:** INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.
- ANEXO C:** DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS HIDRICOS DEL SUSTRATO.
- ANEXO D:** LLENADO DE FUNDAS, REPIQUE Y APLICACIÓN DEL ENRAIZANTE.
- ANEXO E:** MUESTRAS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUSTRATO.
- ANEXO F:** OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS.
- ANEXO G:** APLICACIÓN DE RIEGO, FERTILIZACIÓN Y MONITOREO DEL ENSAYO.
- ANEXO H:** MEDICIÓN DE LAS VARIABLES A EVALUAR.
- ANEXO I:** MEDICIÓN DE LAS PLANTAS EN ESTUDIO.
- ANEXO J:** PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE GUARANGO A LOS 15 DDR.
- ANEXO K:** COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) EN LA ETAPA DE VIVERO PARA EL GUARANGO.
- ANEXO L:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c) DEL GUARANGO EN ETAPA DE VIVERO.
- ANEXO M:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 15 DDR.
- ANEXO N:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 140 DDR.
- ANEXO O:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 155 DDR.
- ANEXO P:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 177 DDR.
- ANEXO Q:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 196 DDR.
- ANEXO R:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 211 DDR.
- ANEXO S:** DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 227 DDR.
- ANEXO T:** CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 15 y 140 DDR.
- ANEXO U:** CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 155 y 177 DDR.
- ANEXO V:** CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 196 y 211 DDR.
- ANEXO W:** CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 227 DDR.
- ANEXO X:** CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 15 DDT Y 140 DDR.
- ANEXO Y:** CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 155 DDT Y 177 DDR.
- ANEXO Z:** CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 196 DDT Y 211 DDR.
- ANEXO AA:** CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 227 DDR.
- ANEXO BB:** POTENCIAL HIDRÍCO FOLIAR A LOS 15 Y 140 DDR.

ANEXO CC: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 155 Y 177 DDR.

ANEXO DD: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 196 Y 211 DDR.

ANEXO EE: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 227 DDR.

ANEXO FF: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 15 Y 140 DDR.

ANEXO GG: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 155 Y 177 DDR.

ANEXO HH: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 196 Y 211 DDR.

ANEXO II: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 227 DDR.

ANEXO JJ: PORCENTAJE DE MATERIA SECA A LOS 227 DDR.

RESUMEN

La presente investigación propone evaluar el requerimiento hídrico de Guarango (*Caesalpinia spinosa*), en etapa de vivero bajo condiciones controladas, en la Estación Experimental Tunshi, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Se llevó a cabo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, se adaptó a condiciones de riego por goteo. Según la humedad aprovechable del suelo (T1;100%, T2;75% y T3;50%), los análisis estadísticos se realizaron mediante el software InfoStat y para el análisis de varianza se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Se identificaron 4 estados fenológicos desde el repique hasta la lignificación; número de plantas prendidas, días transcurridos hasta la emergencia de hojas verdaderas-crecimiento foliar, días transcurridos hasta el desarrollo vegetativo, días transcurridos hasta la lignificación, las láminas de riego fueron establecidas mediante el cálculo empírico haciendo uso del Tanque evaporímetro clase A, para evaluar la incidencia en los tratamientos. Como resultado se determinó el coeficiente de cultivo (Kc) los valores fueron; 0,16; 0,85; 0,84 y 0,37 (inicial, desarrollo, intermedia, final), la evapotranspiración del cultivo (ETc) alcanzó valores de 0,63; 2,94; 2,49; 1,40 mm/día (inicial, desarrollo, intermedia, final), en las variables a evaluar se obtuvo un crecimiento en altura de 7,47 cm; diámetro a la altura del cuello 3,90 mm; conductividad estomática 203,0 mmol/ms; contenido relativo de agua 79,93%; demostrando que las diferentes láminas de riego afectaron significativamente en el crecimiento del guarango. Se concluye que a un menor contenido de humedad aprovechable del suelo (T3) se obtiene un mejor desempeño. Se requiere estudios con distintos niveles de humedad en el suelo en relación con *Caesalpinia spinosa* con el propósito de extender estadísticamente diferencias en el crecimiento, que permita obtener una base científica más concreta acerca del requerimiento hídrico en fase de vivero.

Palabras clave: <RIEGO POR GOTEO>, <REQUERIMIENTO HÍDRICO>, <LÁMINA DE RIEGO>, <TANQUE EVAPORÌMETRO CLASE A>, <COEFICIENTE DE CULTIVO>, <EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO>.

SUMMARY

The present research proposes to evaluate the water requirement of Guarango (*Caesalpinia spinosa*), in nursery stage under controlled conditions, at the Tunshi Experimental Station, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba canton, Chimborazo province. A randomized complete block design (RCBD) with three treatments and three replications was carried out and adapted to drip irrigation conditions. According to the usable soil moisture (T1;100%, T2;75% and T3;50%), statistical analyses were carried out using InfoStat software and Tukey's test was used for the analysis of variance with a significance level of 5%. Four phenological stages were identified, from the time of pricking out to lignification; number of plants set, days elapsed until the emergence of true leaves - leaf growth, days elapsed until vegetative development, days elapsed until lignification, the irrigation laminae were established by empirical calculation using a class A evaporimeter tank, to evaluate the incidence in the treatments. As a result, the crop coefficient (Kc) values were determined; 0.16; 0.85; 0.84 and 0.37 (initial, development, intermediate, final), crop evapotranspiration (ETc) reached values of 0.63; 2.94; 2.49; 1.40 mm/day (initial, development, intermediate, final), in the variables to be evaluated, a growth in height of 7.47 cm was obtained, diameter at the height of the neck 3.40 mm/day (initial, development, intermediate, final); diameter at neck height 3.90 mm; stomatal conductivity 203.0 mmol/ms; relative water content 79.93%; demonstrating that the different irrigation levels significantly affected the growth of guarango. It is concluded that the lower soil moisture content (T3), has a better performance. Studies with different levels of soil moisture in relation to *Caesalpinia spinosa* are required in order to statistically extend differences in growth, which will allow to obtain a more concrete scientific basis about the water requirement in the nursery stage.

Key words: <DRIP IRRIGATION>, <WATER REQUIREMENT>, <IRRIGATION LANDING>, <CROP EFFICIENCY>.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes en la producción de plantas, y está relacionada directamente con el crecimiento y desarrollo, al ser un factor fundamental que determina la productividad agrícola, su adecuada disponibilidad o limitación puede representar un manejo exitoso o un ineficiente rendimiento.

Una de las herramientas esenciales en la producción es el riego el cual está enfocado en mantener un apropiado contenido de humedad en el suelo y minimizar el alto costo del agua, por tanto, es necesario conocer los requerimientos hídricos en las plantas para poder suministrar la cantidad de agua que requieren para desempeñar sus funciones fisiológicas (Martínez et al, 2005).

Por otra parte, para determinar la eficiencia del uso del agua para riego es preciso conocer la cantidad de agua que consumen las plantas a través de la evapotranspiración (ET), y a su vez para el coeficiente del cultivo (K_c) se debe de considerar el periodo vegetativo de la planta, entonces estos dos componentes son fundamentales para un buen manejo en los sistemas de riego, es necesario resaltar que estos elementos son la base necesaria para satisfacer las necesidades hídricas en las plantas (Herrera, 2014).

Caesalpinia spinosa es una especie forestal multipropósito que posee un gran potencial ambiental, alimenticio e industrial, siendo de gran utilidad para la producción de gomas, taninos, como alternativa para la curtiembre de cuero de animales, además al ser una especie con gran interés ecológico ideal en la restauración de suelos degradados, en este sentido es oportuno promover la propagación (De La Torre, 2012).

Por tanto, es importante conocer a esta especie forestal en sus distintas etapas, en este caso en la fase de propagación en vivero, y además establecer los requerimientos hídricos necesarios de *Caesalpinia spinosa* y de esta manera se permita utilizar buenas prácticas de irrigación y con ello mejorar la productividad.

IMPORTANCIA

El agua es un recurso natural imprescindible para satisfacer los requerimientos hídricos en las plantas, por ser uno de los componentes básicos para un buen rendimiento, no solo debe ser suministrada en el momento conveniente, en la cantidad requerida, sino que igualmente debe satisfacer con las condiciones de calidad de los que depende la producción agrícola (Quiroz et al., 2009).

Al conocer las necesidades hídricas de una planta, podemos realizar cambios y proporcionar la cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de la planta, mejorando así la programación de los sistemas de riego, permitiendo así un control y gestión apropiados, y reduciendo los altos costos.

A. PROBLEMA

Uno de los inconvenientes más significativos que asumen los agricultores al igual que los viveristas es un inadecuado uso y manejo del recurso hídrico debido a la inexperiencia de la cantidad de agua a regar y a su vez del momento pertinente del riego que la planta necesita en la fase de crecimiento a nivel de vivero, lo que genera bajos rendimientos ocasionando grandes pérdidas económicas.

Por lo mencionado anteriormente ha obligado a reorientar la búsqueda de información sobre los requerimientos hídricos del guarango con la intención de optimizar el uso y ahorro del agua y restar los costos de producción en condiciones de vivero con el objetivo de no dañar su rendimiento.

B. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país los estudios de requerimientos hídricos en especies forestales son escasos, es importante promover el estudio y protección de las especies nativas del Ecuador, una de las más significativas es *Caesalpinia spinosa* al ser una especie multipropósito que no solo genera un valor ambiental sino también un interés económico.

Es por esto que se pueden ver alternativas para determinar los requerimientos hídricos con la finalidad de determinar la cantidad necesaria de agua que se debe contribuir en el momento del riego. El uso de riego técnico puede incrementar la eficiencia del uso del recurso hídrico y de esta forma asegurar una mejor producción para mantener un equilibrio de los recursos naturales.

Por otra parte, es vital estar a la par con nuevas tecnologías en riego y de esto modo utilizar estas técnicas a nivel del campo agrícola con la finalidad de lograr un manejo óptimo tanto del recurso hídrico como de una mejor productividad con una menor inversión.

C. OBJETIVO GENERAL

Objetivo General

Evaluar el requerimiento hídrico de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero bajo condiciones controladas, en la Estación Experimental Tunshi, ESPOCH, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Determinar el coeficiente de cultivo (K_c) de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.
- Establecer la evapotranspiración de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.
- Valorar el comportamiento biométrico de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.

D. HIPÒTESIS

HIPÓTESIS NULA

- Las diferentes láminas de riego no influyen en el crecimiento vegetativo de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.

HIPÓTESIS ALTERNANTE

- Al menos una de las láminas de riego influye en el crecimiento vegetativo de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Origen y distribución de *Caesalpinia spinosa*

El guarango es una especie arbórea proveniente de la familia leguminosa, su nombre científico *Caesalpinia spinosa* mayormente conocido como guarango, tara, proviene del callejón interandino distribuido ampliamente en América del Sur, es una especie nativa del Perú que crece de manera cultivada o silvestre (Játiva, 2011).

Se encuentra distribuida en América del Sur, tiene mayor presencia en zonas occidentales del callejón interandino a una altura promedio de va desde los 800 msnm hasta los 3200 msnm en los países como Venezuela, Colombia, Perú, Bolivia, Chile y Ecuador (Játiva, 2011).

La presencia de esta especie dentro del Ecuador se registra en la región andina en las provincias de Carchi, Pichincha, Loja e Imbabura, este último albergando una gran población. Siendo una especie con pocas exigencias agrícolas pueden desarrollarse fácilmente en áreas semiáridas con una precipitación anual de 800 msnm (Játiva, 2011).

Por otra parte, gracias a sus excelentes potenciales de fijación de nitrógeno atmosférico permite la fertilización de los suelos, contribuyendo en la adición de materia orgánica y contrarrestando la desertificación (Játiva, 2011).

1.1. Descripción taxonómica

Tabla 1-1: Taxonomía del guarango.

Familia:	Fabaceae	
Género:	Caesalpinia	
Especie:	C. spinosa	
Nombre científico:	Caesalpinia spinosa	
Nombres comunes:	Colombia	Dividí de la tierra fría, guarango,
	Perú	Tara, taya
	Ecuador	Vainillo, guarango,

Fuente: (Fabara y De La Torre 2012)

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021

1.2. Descripción botánica del guarango

El aprovechamiento de este árbol se basa en sus propiedades regenerativas de los suelos, además que sus partes vegetativas son aprovechadas en el consumo alimenticio y en la fabricación de objetos artesanales, cumpliendo multipósitos en su utilización (Salazar, 2011).

Alcanzando una altura aproximada de 2 a 10 metros, esta especie tiene hasta 40 centímetro de diámetro, su tronco de aspecto cilíndrico generalmente es corto caracterizándose por su corteza rugosa de tonalidad marrón claro provisto de aguijones pequeños y gruesos de forma triangular en su etapa madura. Su promedio de vida alcanza a los 100 años de edad y cada árbol ocupa un área aproximada de 10 metros para su desarrollo eficiente (Salazar, 2011).

1.2.1. Semilla

De aspecto ovalado, las semillas alcanzan un diámetro de 0,6 a 0,7 centímetros, su forma aplanada tiene una amplia gama de tonalidades que van desde café hasta negro, cuenta con un mesocarpio transparente del que se pueden extraer una especie de goma blanda comestible, las primeras hojas que aparecen en la etapa temprana de germinación almacenan considerables niveles de proteína los cuales son aprovechados para el consumo alimenticio (Lara y Chasi, 2019).

De acuerdo a (Valladares y Arteaga, 2015) cada fruto tiene un alrededor de 4 a 8 semillas, cuya cubierta tiene un alto porcentaje de tanino entre 40 a 50%, además, su composición generalmente se establece en un 39% de cascara, 37% de germen y 24% de gomas. Estas características lo convierten en una fuente ideal de materia prima tanto para el consumo alimenticio como para su utilización textil en la producción de cuero.

1.2.2. Hojas

Se caracteriza por tener hojas compuestas de 8 a 12 centímetros de largo aproximadamente, cuyas hojuelas se vuelven a dividir en otras hojuelas más pequeñas de pocos milímetros, dispuestas en espiral albergando 6 a 8 pares de pinnas opuestas. Las pinnas son de forma alargada y oval se caracteriza por tener una coloración verde oscuro midiendo un total de 2,5 a 3,5 centímetros de largo por 1 a 1,5 centímetros de ancho, cuenta con una notable presencia de espinas cortas de 4mm de longitud tanto en la parte raquial como en el peciolo (Salazar, 2011).

1.2.3. Copa

La copa del guarango es irregular y poco densa por lo que permite el paso de la luz, cuyas ramas de coloración pardo tiene un aspecto brillante que usualmente tienen fisuras que al tacto da una sensación áspera, mientras que el interior contiene una consistencia suave de coloración amarilla que se vuelve pardo al contacto con el exterior, las cicatrices de tonalidad grisáceo a marrón son dejadas por las espinas al caer, estas ramificaciones son ascendentes alcanzando un diámetro de 15 centímetros (Fabara y De La Torre, 2012).

1.2.4. Corteza

La corteza superficial del tallo se caracteriza por tener fisuras verticales que proporcionan una sensación áspera, puede llegar a medir entre 6 a 10 milímetros de grosor con una coloración externa café oscuro y en la parte interna tiene una tonalidad crema amarillenta (Castillo y Lema, 2011).

1.2.5. Flores

Se caracteriza por ser hermafroditas, estas pueden reproducirse por sí mismas y pueden producir flores de ambos sexos por separado, sus inflorescencias tienen racimos terminales de 15 a 20 centímetros de longitud ubicados en la parte distal media, además de albergar un total de 40 a 100 flores por cada racimo poseen un plano de simetría bilateral, el cáliz de la flor está envuelto por sépalos cuyo largo tiene 1 cm aproximadamente; además la corola posee un alrededor de 5 pétalos de coloración amarillenta con manchas rojizas y 10 estambres presentes en racimos de 8 a 20 cm de largo con péndulos pubescentes de 5 cm de largo articulado debajo de un cáliz pequeño y tubular de 6 cm de longitud (Salazar, 2011).

1.2.6. Frutos

Son vainas arqueadas las cuales no se abren espontáneamente al llegar a su madurez para liberar la semilla, tiene una coloración naranja y su tamaño aproximado es de 8 a 10 cm de largo y 2 cm de ancho albergando usualmente 4 a 7 granos de semillas aplanadas poseen un mesocarpio comestible antes de su madurez, en su etapa adulta son demasiado duras con tonalidad pardo oscuro a negro (Castillo y Lema, 2011).

La semilla de esta especie tiene multipropósitos para el consumo humano, que van desde la utilización de la goma hasta la fabricación de subproductos de esta materia prima. Cada árbol puede producir un total de 20 a 40 kilogramos de vaina cosechándolo dos veces al año, empezando su producción a partir de los tres años de vida cultivado por el ser humano, mientras que en su vida silvestre comienza a partir de los cuatro años de desarrollo (Castillo y Lema, 2011).

1.2.7. Sistema Radicular

Posee un sistema radicular que puede alcanzar hasta los 50 metros de largo, cuyo crecimiento se caracteriza por tener una raíz principal que es pivotante albergando numerosas raíces secundarias que se desarrollan alrededor de la planta de manera circular con una profundidad que oscila entre los 15 y 25 cm, poseen pelos laterales que en zonas áridas le permite conseguir las fuentes de agua relativamente distantes (Caravia, 2013).

1.2.7.1. Método del rhizotrófon

Esta herramienta se utiliza para hacer mediciones y observaciones frecuentes del crecimiento radicular de las plantas in situ, esto se logra a través de cajas de vidrio permitiéndole ver el proceso que realizan los cultivos (Díaz, 2013).

Inicialmente los rizotrones eran cámaras subterráneas con ventanas en uno o ambos lados que facilitaban la observación del crecimiento de las raíces durante su ciclo de cultivo, usualmente eran difíciles de construir y por la misma razón con el transcurrir de los años han ido variando en modernos equipos con pequeños tubos accesibles que registran los datos a través de video (Díaz, 2013).

Además se transforma en un instrumento complementario de gran utilidad para observar y registrar la evolución de un sistema radicular durante el período requerido, en un punto determinado, de este modo el indicador de crecimiento sirve como estructura (Guedea, Arriaga y De la Cruz, 2012).

1.3. Condiciones de hábitat

Gracias a la profundidad de sus raíces pueden acceder a la humedad en diferentes profundidades soportando sequías, así como también plagas y enfermedades, acoplándose fácilmente en diferentes tipos de suelo y resistir diversos cambios climáticos (Játiva, 2011).

1.3.1. Variables climáticas

1.3.1.1. Temperatura:

Puede soportar la variación de climas leves, no tolera temperaturas inferiores de 5°C ya que provocan grandes daños originando su muerte, en cuanto a temperaturas altas tolera como máximo de 45°C en verano (Caravia, 2013).

En cuanto a su temperatura ideal varía entre los 12 a 18°C logrando aceptar hasta 20 °C, en cambio, en los valles interandinos su temperatura fluctúa entre los 16 a 17°C (Salazar, 2011).

1.3.1.2. Precipitación:

Generalmente requiere lugares con una precipitación de 400 a 600 mm, pero también habido casos en los que se encuentran ubicados entre 200 a 750mm de promedio anual (Castillo y Lema, 2011).

1.3.1.3. Luminosidad:

Tolera algo de sombra en sus primeros años (De La Cruz, 2010)

1.3.2. Zonas de vida

Cada zona de vida establece un rango distintivo para cada especie, comprende áreas totalmente equilibradas por los factores climáticos, especialmente por la temperatura, precipitación y

humedad (Holdridge, 1979). A continuación, se introduce en detalle la superficie habitable de Guarango, así como la temperatura y precipitación requerida según el hábitat:

Tabla 2-1: Zonas de vida del guarango

Zona de vida	Precipitaciones promedio (mm)	Temperaturas promedio (°C)	Distribución
Estepa espinosa – montano bajo	250-500	12-18	Toda la zona
Bosque seco – montano bajo	500-700	12-18	Zona de menor precipitación
Matorral desértico – montano bajo	200-250	13-18	Zona de mayor precipitación y lomas
Monte espinoso – pre montano	350-500	18-20	Zona de mayor precipitación
Matorral desértico – pre montano	200-250	18-21	Zona de mayor precipitación y humedad

Fuente: (Játiva, 2011)

Realizado por: Conday Giron Vanessa, 2021.

1.3.3. Variables edáficas

Esta especie es poco exigente en cuanto a la calidad de suelo, pero para su óptimo crecimiento requiere de un pH ligeramente ácido o mediamente alcalino de 6 a 7,7 desarrollándose exitosamente en suelos franco y franco-arenosos e inclusive acepta suelos pedregosos, degradados alcanzando una baja producción. No tolera suelos con alta concentración alcalina, así como también bajas temperaturas con fuertes heladas (Lara y Chasi, 2019).

El guarango se lo encuentra desde los 800 y los 2,800 msnm en la cordillera occidental, a diferencia de la cordillera oriental el cual se ubica en un rango desde los 1,500 hasta los 3000 msnm, así como también se ha evidenciado la existencia de esta especie a los 3,200 msnm con áreas de microclima especial donde crece de manera normal con poblaciones usualmente de menor tamaño (Játiva, 2011).

1.4. Silvicultura y manejo del cultivo

En cuanto al manejo y propagación de las plántulas del guarango usualmente se lo realiza a través de la semilla abarcando un número estimado por kilogramo entre 5,00 a 5,200. Las cuales pueden tener entre un 70 y 80% de germinación dependiendo de la técnica empleada en la siembra (Vega, 2019).

En cuanto a la obtención de las semillas, estas deben proceder de un ejemplar vigoroso, cuya altura mínima sea de 4 metros con ramas ampliamente frondosas, cuya producción sea superior a

los 30 kg de vainas por planta, las mismas que deben ser grandes entre 8 a 9 cm de largo (Vega, 2019).

1.4.1. Sistemas de propagación

Los sistemas de propagación pueden ser clasificados como artificiales, si en este proceso interviene la mano del hombre, esto se lo puede realizar mediante esquejes, injertos o cultivos in vitro; o también se lo puede realizar de manera natural, esto depende de la especie de planta que le permita realizar este proceso por sí misma, reproduciéndose de manera asexual (Fernández, Fernández y Álvarez, 2016).

1.4.1.1. Propagación asexual:

También conocida como propagación indirecta, mediante este método se obtiene órganos de la planta con potencial de generar enraizamiento para crear nuevos individuos, esto se lo puede realizar a través de esquejes, codos aéreos o simplemente injertos (Quinapallo y Vélez, 2013).

Las capacidades de regenerar tejidos a partir de la extracción exacta de los órganos vegetativos recaen solo para algunas especies de plantas, cabe recalcar que no todas pueden realizar este proceso por lo que solo se propagan a través de la semilla (Quinapallo y Vélez, 2013).

1.4.1.2. Propagación sexual:

Mediante esta técnica permite conocer a profundidad el manejo de semillas en cultivos, asimismo la diversidad genética que aporta la reproducción sexual en las poblaciones arbóreas (Quinapallo y Vélez, 2013).

Es necesario controlar el proceso de propagación en viveros ya que las primeras etapas son indispensables para el crecimiento óptimo de la plántula, una vez culminados las primeras fases con presencia de las primeras hojas alcanzando entre 20 a 25 centímetros de altura, estará lista para realizar el traslado a campo definitivo o plantación (Quinapallo y Vélez, 2013).

1.4.2. Tratamiento pre germinativo

Es una técnica utilizada para acelerar el proceso de germinación de las especies vegetativas, hay que tomar en cuenta que no todas pueden realizar este proceso por lo que no se puede recomendar hacerlo para algunas especies mientras que para otras es de carácter obligatorio, se pueden realizar diversas técnicas o clases de tratamiento entre las cuales tenemos por medios mecánicos o físicos, tratamientos en base a la utilización de agua, químicos u hormonales, también se puede realizar combinaciones entre los tratamientos previamente mencionados (Varela y Arana, 2011).

Una vez ya germinada la plántula se requiere aplicar una fase de vivero obligatorio por un periodo de tiempo entre 4 a 6 meses, con el objetivo de controlar las condiciones incidentes en el desarrollo

de la plántula, una vez fortalecida y teniendo un crecimiento alrededor de 15 a 20 centímetros de largo esta apta para trasladarse al lugar definitivo del cultivo (Lara y Chasi, 2019).

1.4.2.1. Almacigo de semillas

El almacigo se define como el instrumento en el cual se siembra temporalmente las plántulas hasta que estas tomen vigor previo al lugar definitivo de su cultivo, estos contenedores pueden ser de materiales como cartón, plástico o madera (Ocaña et al., 1985).

Se debe tomar en cuenta el porcentaje de germinación de la semilla, ya que si esta llega a alcanzar un 80% de factibilidad es recomendable colocar directamente las semillas en bolsas de polietileno evitando el proceso de repique (Ocaña et al., 1985).

Otra manera de cultivo, es mediante la siembra directa en el área determinada cuyas condiciones climatológicas y de suelo sean favorables para su crecimiento, (Ocaña et al., 1985).

1.4.2.2. Desinfección de bandejas

Para la producción de las plántulas se debe decidir en qué tipo de bandejas se van a cultivar, incidiendo el material y calidad de vida útil de este elemento (Lardizábal, 2007).

Para evitar cualquier tipo de enfermedad producida por hongos o bacterias es necesario realizar la desinfección total de los elementos que se van a utilizar, en este caso las bandejas, las cuales deben tener un adecuado aseo previo a la colocación del sustrato o medio para el cultivo (Lardizábal, 2007).

En cuanto a la desinfección se puede recurrir al método clorinado, el cual consiste en el uso sustancial del cloro, este se puede encontrar en estado líquido o sólido, entre los cuales el hipoclorito de calcio (cloro granulado) es el candidato más aconsejable de utilizar con un 65%, este normalmente se lo emplea también para potabilizar el agua (Lardizábal, 2007).

1.4.2.3. Repique

Este proceso es recomendable hacerlo en horas tempranas de la mañana o al atardecer, evitando exponerla a los rayos solares, en un lugar adecuado y con sombra se procede a regar las camas de almacigo con la finalidad de que el sustrato se aligere permitiendo soltar las raíces fácilmente sin ocasionar algún daño, una vez sustraída la planta se procede a ponerla en el nuevo contenedor realizando para ello con una pala u otro instrumento un agujero ancho y profundo en el centro de la bolsa colocando a la planta con las raíces totalmente verticales evitando que quede espacios vacíos. Por último, se deberá regar una cuantiosa cantidad de agua a través de aspersión, cubriendo todo el sustrato evitando mojar las hojas (Oliva et al., 2014).

1.4.2.4. Riego

El riego es uno de los procesos más fundamentales en el desarrollo del cultivo, ya que cualquier ser vivo depende del agua para sobrevivir, para ello debemos disponer de un buen sistema de riego que permita la retención de la humedad en los suelos. Hay que procurar equilibrar la frecuencia y cantidad de agua, ya que el excesivo o escaso riego puede producir problemas o daños irreparables a las plantas generando un estrés hídrico o déficit hídrico (Lardizábal, 2007).

A nivel de vivero los riegos se ejecutan cada 2 o 3 días según la necesidad no es conveniente el riego en exceso, porque en la etapa de vivero la plántula es muy susceptible al ataque de enfermedades fúngicas, principalmente al *damping off* que se caracteriza por la aparición de manchas de color marrón en el cuello (Basantes, 2017).

El guarango se estima que necesita regarse como mínimo 4000 a 6000 m³/ha/año obteniendo hasta dos cosechas, en este contexto, se entiende que a mayor riego y captación del agua mayor será la producción, esto dependerá también la capacidad de retención y manejo del recurso hídrico, las características ambientales y la composición del suelo (Lardizábal, 2007).

1.4.2.5. Nutrientes

La carencia de nutrientes en la planta origina alteraciones o dificultades de crecimiento causando diversas sintomatologías en la planta según el deficiente nutriente que esta tenga. A continuación, se describirá los problemas que acarrear las deficiencias de los nutrimentos más importantes para el desarrollo del guarango (Jordán, 2017).

1.4.2.5.1. Nitrógeno (N):

Su deficiencia produce en las plantas que tengan hojas pequeñas con una coloración amarillento-claro, con presencia de las nervaduras descoloradas, mientras que el exceso puede acarrear un mediocre desarrollo de los tejidos ocasionando a las plantas vulnerabilidad antes el ataque de parásitos.

1.4.2.5.2. Fósforo (P):

Una de las sintomatologías que presenta las plantas por la ausencia del fósforo con las pequeñas coloraciones azules y grises en la hoja, también se puede notar un manchado de tonalidad amarillenta junto con el desarrollo de la necrosis. Además de un limitado desarrollo radicular promoviendo la pequeñez de la planta, en cuanto a su excesiva aplicación produce carencias nutritivas de hierro y zinc.

1.4.2.5.3. Calcio (Ca):

La deficiencia de este elemento provoca una coloración amarillenta en los bordes.

1.4.2.5.4. Potasio (K):

Un síntoma característico de la carencia de este elemento es la necrosis de los bordes de la hoja.

1.4.2.5.5. Magnesio (Mg):

En cuanto la ausencia de magnesio en la planta deriva con problemas vinculadas en la nervadura de las hojas, estas pueden permanecer con una coloración verde, pero con gran presencia de manchas amarillas.

1.4.2.5.6. Hierro (Fe):

Su deficiencia acarrea un amarillento usualmente en toda la hoja, sin incluir las nervaduras y sus contornos

1.4.2.5.7. Manganeso (Mn):

Tiene un color amarillento tanto en hojas terminales como también en los rebrotes (Jordán, 2017).

En cuanto al guarango requiere de 17 elementos imprescindibles que absorben principalmente a través de las raíces, estos elementos se dividen en macronutrientes los cuales son: Nitrógeno(N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y micronutrientes como el Boro (B), Molibdeno (Mo), Hierro (Fe), Cloro (Cl), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni) (Jordán, 2017).

1.5. Principales plagas y enfermedades

1.5.1. Plagas

Las plagas son todos aquellos organismos que ocasionan grandes enfermedades a otros seres vivos, interfiriendo en su desarrollo o crecimiento (Castillo y Lema, 2011). El principal problema de estas plagas es la susceptibilidad de la planta expuesta, entre las principales plagas que afectan al desarrollo del guarango podemos encontrar:

1.5.1.1. Pulgones o áfidos

Uno de los ataques más frecuentes de pulgones corresponde la *Aphis craccivora*, esta plaga causa que el rendimiento de producción de las vainas sea totalmente bajo. Además, estos insectos se caracterizan por producir una sustancia azucarada que genera la propagación de hongos, el más común se lo denomina fumagina, esta relación plaga-hongo causa un problema en el adecuado funcionamiento de la fotosíntesis de las hojas (Castillo y Lema, 2011).

Otra consecuencia que genera esta plaga es la deformación de las vainas, que a simple vista se puede notar un ligero encorvamiento, así como también el encrespamiento de las hojas. Por otra parte, succionan la savia de los brotes más tiernos produciendo poco a poco el debilitamiento de la planta lo cual genera la caída de yemas o frutos pequeños (Castillo y Lema, 2011).

Para controlar la propagación de esta plaga es recomendable realizar trampas de tonalidades amarillas que contengan melaza, se puede también optar por la utilización racional de detergentes y en casos extremos requerir a la utilización de pesticidas (Jordán, 2017).

1.5.1.2. Polillas

Este tipo de plaga perjudican al desarrollo de las plantas a través de sus larvas, ya que estas se alimentan de las hojas y de los principales brotes, por otra parte, los barrenadores de la familia Noctuidae también conocidos como “gusano blanco”, “gusanera”, entre otros, atacan principalmente a la médula del tallo, así como también su follaje (Castillo y Lema, 2011).

1.5.1.3. Hormigas

Estos insectos de la orden himenóptera, conocidas también como “hormiga negra”, “hormiga plomiza” y “coquí”, generalmente causan daño a las hojas, flores, vainas y tallos generando el limitado crecimiento de la planta tras consumir la savia (Castillo y Lema, 2011).

1.5.1.4. Chinchas

Estos insectos se caracterizan por las picaduras que estos ocasionan en las hojas, además, se alimentan de la savia de la planta produciendo un limitado crecimiento en las mismas (Castillo y Lema, 2011).

1.5.2. Enfermedades

Uno de las principales limitantes para la producción del cultivo son las enfermedades, estos organismos patógenos causas entre el 5% y 50% de pérdidas en la producción. Por ello es necesario tener un control adecuado en el manejo de las plagas y enfermedades haciendo uso de los productos necesarios que permitan contrarrestar estos organismos en plantaciones (Játiva, 2011).

Entre las enfermedades más comunes del guarango se encuentran:

1.5.2.1. Oidium sp.

Este microorganismo causa enfermedades foliares en las plantas adultas, así como también en su etapa de vivero, se la reconoce mediante la coloración blanquecina y polvorienta que deja sobre las hojas, además, también afecta principalmente a folíolos y frutos impidiendo que estos alcancen su tamaño y peso ideal (Jordán, 2017).

Para contrarrestar la invasión agresiva de este agente se puede recurrir a la utilización de productos químicos, tales como los fungicidas u otros productos basados en azufre. Es

recomendable aplicarlo de manera moderada antes de la floración para evitar causar algún daño corrosivo a la planta (Jordán, 2017).

1.5.2.2. Rizoctonia sp.

Es un hongo que también se le conoce como damping off, se le ve frecuentando plantas como el guarango y es una especie de plaga que se presenta en los primeros estados de la planta y su aparición se debe al exceso de agua o cuando existe un mal manejo de los viveros en el regadío de la planta, incluso se le puede ver en sustratos o semillas, este hongo tiende a afectar las células de la epidermis y sobre todo la corteza, lo que genera la caída y muerte de las plántulas. La mejor manera de tratar con este tipo de hongo es reduciendo la frecuencia de riego de la planta por lo que se aplica el riego de forma rápida y de manera superficial (Jordán, 2017).

1.5.2.3. Phytophthora sp.

Es un tipo de hongo que se desarrolla en el suelo y tiende a infectar los tejidos de la planta, la cual es conocido por presentarse en un mayor grado en campos que poseen problemas concretos de excesiva humedad debido al mal drenaje o por efecto al uso excesivo del riego, parte de las características de este hongo es que las plantas que sufren de su ataque tienden a disminuir su crecimiento esporádicamente provocando que su follaje cambie a un color más amarillento (Jordán, 2017).

1.6. Usos del guarango (*Caesalpinia spinosa*)

El guarango es considerado una leguminosa forestal multipropósito con gran valor económico y ecológico a nivel mundial, sus semillas y vainas se utilizan para la producción de taninos, además otros compuestos de valor industrial, así mismo es manejada en la protección de suelos erosionados, sirve como cercas vivas entre otros, posee diversas aplicaciones maderables, alimenticias y medicinales.

- Su madera sirve para la elaboración de vigas, construcciones, herramientas de labranza y artesanías, además se usa para leña, medicina y tinturas entre otros.
- Es forrajera, fijadora de nitrógeno, posee un alto contenido calorífico, así mismo muy útil para sistemas agroforestales.
- Sus gomas muy importantes debido a su gran valor en la fabricación de alimentos, helados etc. (De La Cruz, 2010).

1.7. Requerimientos de humedad en el suelo

1.7.1. Agua en el suelo

El agua en el suelo posee características importantes para los ecosistemas terrestres tales como, la nutrición de las plantas, que en base a su estructura permitirá que las especies botánicas puedan desarrollarse de manera correcta en su crecimiento natural (Martínez y Villalejo, 2018).

Para determinar las condiciones favorables en el desarrollo de los cultivos se tomará en cuenta los elementos hídricos mediante su capacidad de campo, el punto de marchitez permanente, permitiendo verificar la humedad requerida para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Martínez y Villalejo, 2018).

1.7.2. Clasificación del agua en el suelo

1.7.2.1. Capacidad de campo (CC)

La capacidad de campo se refiere al volumen de agua que un suelo o terreno puede retener una vez que se haya saturado o encharcarlo para posterior a eso iniciar el drenado o escurrido libremente durante unas 48 horas, esto refiere a que la capacidad de campo corresponde aproximadamente al contenido del agua del suelo (Mariño y Rodríguez, 2010).

1.7.2.2. Punto de marchitez permanente (PMP)

El punto de marchitez permanente determina la capacidad del suelo en absorber el agua y la capacidad de la planta y de sus raíces en retenerla. Para determinar la humedad o resequead del suelo necesitamos un tensiómetro digital de sondas que nos permite las lecturas correspondientes al punto de marchitez permanente del bloque evidenciando la sintomatología de la humedad claro esta varía de acuerdo al tipo de suelo (Mariño y Rodríguez, 2010).

1.7.2.3. Agua útil o agua disponible (AD o AU)

El agua disponible o también conocida como “agua aprovechable” es representada por la humedad del suelo a partir del punto de marchitez permanente y la capacidad de campo, por otro lado, varia por la contextura del suelo expresado en la siguiente tabla (Silva y Munime, 2020).

Tabla 3-1: Punto de marchitez permanente, Capacidad de campo y Capacidad de agua aprovechable

Textura del suelo	Punto de marchitez %	Capacidad de campo %	Capacidad de agua aprovechable %
Arena media	1-7	6-8	5-1

Arena fina	2-3	8-5	6-2
Franco arenoso	3-4	11-3	7-9
Franco arenoso fino	4-5	14-7	10-2
Franco	6-8	18-1	11-3
Franco limoso	7-9	19-8	11-9
Franco arcilloso	10-2	21-5	11-3
Arcilla	14-7	22-6	7-9

Fuente: (Silva y Munime, 2020)

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

Para calcular el agua disponible (AD) del suelo, es necesario conocer los componentes que influyen en la retención de humedad, esto corresponde a la capacidad del campo (CC) y el punto de marchitez (Pm). La disponibilidad de agua almacenada en el suelo por un determinado lapso de tiempo corresponde a una característica particular, esta se la puede expresar mediante láminas de agua por la profundidad del suelo (Calvache, 2002a).

$$AD = \frac{Cc - Pm}{100} * Da * p$$

Fuente: (Calvache, 2002a).

Donde

AD = Agua disponible en mm/m de suelo

CC = Capacidad de campo en % de peso

Pm= Punto de marchitez en % de peso

Da = Densidad aparente del suelo en g/cm³

p = Profundidad del sistema radicular (Calvache, 2002a).

1.7.3. Medición del agua en el suelo

Realizar un adecuado riego en los cultivos es de vital importancia, ya que se controla la cantidad de agua asegurando que no falte o exceda sus límites., para medir el volumen de agua en los campos se basa en los diferentes métodos directos como indirectos que facilitan la obtención de datos en cuento a la humedad retenida por el suelo (Gutiérrez, 2001).

1.7.3.1. Contenido gravimétrico de agua en el suelo

En este método directo el contenido del agua en el suelo se lo expresa en términos de relación masa y volumen, por su facilidad de aplicación este método no requiere de algún equipo pesado, siendo útil su aplicación en cualquier tipo de suelo (Calvache, 2002b).

Para realizar este método se procede a la obtención de muestras, las cuales deben ser tomadas en diferentes profundidades con intervalo de 10 centímetros depositándolos continuamente en un contenedor usualmente de lata, cerrándolo herméticamente. Posterior de haber pesado la muestra, se procede a someterla en contacto directo con el calor en una estufa alrededor de 105 a 110 °C hasta tener una apariencia seca, para continuamente volverla a pesar. Esto permitirá saber la diferencia de peso, debida a la pérdida de agua, dividiéndose por el peso del suelo seco y multiplicada por 100. Esto permite calcular el porcentaje de humedad sobre la base del peso seco, (Calvache, 2002b).

$$\%H = \frac{P. S. H. - P. S. S.}{P. S. S.} * 100$$

Fuente: (Calvache, 2002b)

1.7.3.2. Potencial mátrico del suelo (PMS)

1.7.3.2.1. Bloques de Yeso (Modelo KS – DI)

Mediante este método indirecto se observa la resistencia eléctrica del suelo en base a la cantidad de humedad que retiene, esta herramienta permite obtener datos a través de un sensor de resistencia eléctrica que proporciona valores acerca de la humedad existente en una determinada profundidad del suelo (Hurtado, 2016).

1.8. Mediciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas son un factor incidente en el desarrollo potencial de los cultivos, estas condiciones de entorno generan características distintivas para la creación de vida satisfaciendo particularmente los requerimientos de cada especie. Los elementos más relevantes que se deben tomar en cuenta son: la temperatura, humedad, el viento, la precipitación, así como también la evaporación (Mafla et al., 2011).

1.8.1. Temperatura

Este elemento influye en los procesos fisiológicos de desarrollo y crecimiento del cultivo, que en su mayoría requieren de una temperatura aproximada entre 0°C a 40°C, generalmente requieren un balance sin exceder o disminuir drásticamente los valores independientemente de cada especie vegetal (Mafla et al., 2011).

1.8.2. Humedad relativa

Se denomina humedad relativa a la relación que existe entre la masa real de vapor de agua en el aire (Humedad absoluta) y la mayor cantidad que el aire tenga la capacidad de contener a esa temperatura (humedad absoluta de saturación) (Amaguaña y Llamba, 2013).

Esto quiere decir que la humedad relativa se define como la relación entre la presión de vapor de agua p y la presión de forma saturada del vapor de agua p_w . la humedad relativa es representada por una cifra porcentual que da a conocer el porcentaje de la cantidad posible de vapor existente actualmente en el aire (Pizarro, 2010).

1.8.3. Velocidad del viento

Se le conoce a la velocidad del viento al factor climático que calcula de cierto modo el componente horizontal en base al desplazamiento del aire en un punto y en un momento o instante determinado. Este factor suele tener un método para conseguir su medida y es el anemómetro y es representada como unidad de medida en metros por segundo (m/s) (Amaguaña y Llambda, 2013).

1.8.4. Precipitación

Se le denomina precipitación a cualquier componente de agua recogida sobre la superficie terrestre. Técnicamente se divide en dos tipos, en estado líquido: lluvia y llovizna o en estado sólido: granizo, nieve. La precipitación representa a uno de los procesos meteorológicos más importantes del proceso hidrológicos que en conjunto a la evaporación constituyen el medio mediante la cual la atmosfera interactúa con el agua superficial en el ciclo hidrológico del agua.(Gutiérrez, 2001).

1.8.5. Evaporación

La evaporación se denomina proceso físico en el que el agua tiende a cambiar de estado líquido a gaseoso, durante el cual regresa directamente a la atmósfera en forma de vapor. También aplica al agua en estado sólido (nieve o hielo) que también puede pasar directamente a vapor y a ese proceso se le conoce como sublimación. Esto quiere decir que aproximadamente el 75% de la precipitación total anual que ocurre alrededor del mundo retorna a la atmosfera de la tierra en forma de vapor (López y Hidrobo, 2016).

1.9. Requerimiento hídrico

1.9.1. Coeficiente de Cultivo

El coeficiente de cultivo se denomina influencia de la transpiración de las plantas, y la evaporación del suelo se integra en un único coeficiente llamado coeficiente de cultivo (K_c). Los datos estadísticos que arrojen un K_c van a variar según el ciclo de crecimiento de la planta en conjunto con los factores climáticos correspondientes. Todo esto dependerá del accionar de la capacidad de la planta para el proceso de extracción de agua del suelo de forma independiente (Huertas, 2008).

De acuerdo a (Martínez, 2014) el coeficiente de cultivo (k_c) representa el efecto del cultivo sobre el proceso de transpiración que depende de las características del cultivo: especie, variedad, etapa de desarrollo, etc. Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Para determinar el K_C se utilizó con la fórmula de Hargraves que es $0,01335 + 0,04099 \times (\text{etapa de cultivo}) - 0,0004 \times (\text{etapa del cultivo})^2$ para lo cual fue fundamental conocer la duración del ciclo de cultivo (Cisneros, 2003).

En base a la duración del ciclo de cultivo e identificando los valores en cada etapa de desarrollo se realizó la gráfica.

Dónde

K_C = Coeficiente de cultivo

C= Porcentaje de desarrollo del cultivo en el día en que se calculó (Allen et al., 2006).

1.9.1.1. Etapas de crecimiento del cultivo.

La metodología según el coeficiente de cultivo (K_C) puede constituirse en cuatro etapas:

1.9.1.1.1. Etapa Inicial.

Esto pasa de la siembra a los cultivos que crecen en el campo. En esta etapa, han crecido las primeras hojas verdaderas y los cultivos cubren el 10% del suelo. El consumo de agua por transpiración es limitado. Por otro lado, la pérdida por evaporación puede alcanzar niveles significativos en la superficie del suelo.

1.9.1.1.2. Etapa de Desarrollo.

Ocurre al final de la etapa inicial, hasta que el cultivo cubre efectivamente la superficie del suelo, aproximadamente el 80% del consumo de agua de transpiración aumenta gradualmente, y es una función del aumento en el área de hojas transpiradas, y la evaporación del suelo disminuye con el aumento de la cobertura de cultivos.

1.9.1.1.3. Etapa de Medios de Temporada.

Empieza desde la fase final del crecimiento rápido hasta el inicio de la maduración del cultivo se presenta el momento de máximo consumo de agua, se conoce como periodo crítico del ciclo del cultivo.

1.9.1.1.4. Etapa de Finales de Temporada.

Esta etapa está compuesta por un periodo de madurez fisiológica de la planta, durante la etapa final se observa que el consumo de agua reduce significativamente, el follaje se seca completamente en cultivos no representa necesariamente la muerte de la planta, solo indica el final de un ciclo.

1.9.2. Evapotranspiración

Se le denomina a la evapotranspiración al proceso en la cual la superficie del suelo pierde humedad debido al proceso de evaporación directa al mismo instante que pierde agua por la transpiración de la misma planta (Amaguaña y Llamba, 2013).

Esto da a entender que el proceso de evapotranspiración se logra con el correcto regado del agua en la cual las plantas absorben del suelo el agua suficiente para su desarrollo de este modo existen factores que influyen en su crecimiento, tales como los factores climáticos (radiación solar, temperatura, humedad relativa y viento) (León, 2018).

1.9.2.1. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Se le conoce como evapotranspiración a la suma de la transpiración y evaporación del agua, esto cambia en relación al clima, la característica general del cultivo, los métodos empleados para el manejo de suelos y plantas y el medio de desarrollo, por lo que el conocer correctamente la evapotranspiración de cultivo puede llegar a ser una herramienta fundamental que permite contribuir con una adecuada gestión de los recursos hídricos y así mismo con el mejoramiento del rendimiento de los cultivos (Allen et al., 2006).

El cálculo de la evapotranspiración se lo realiza de la siguiente forma según el cultivo:

$$Etc = Eto * Kc$$

Donde:

ETc= Evapotranspiración del cultivo (mm. día)

Eto= Evapotranspiración de referencia (mm. día)

Kc = Coeficiente de cultivo (a dimensional) (Allen et al., 2006).

1.9.2.2. Evapotranspiración de referencia (ETo)

Se denomina tasa de evapotranspiración superficial de referencia (ETo), es decir, una superficie sin cierto tipo de obstrucción hídrica, este concepto puede introducirse independientemente del tipo y desarrollo de los cultivos, especialmente las prácticas de manejo. Dado que existe una gran cantidad de agua disponible en la superficie de evapotranspiración, los factores del suelo no influyen en ella, el único factor que realmente afecta el proceso de evapotranspiración es el factor climático, los datos meteorológicos se pueden obtener mediante cálculo. Permite comprender el clima y la capacidad de evaporación de la atmósfera en un lugar específico o en una época específica del año (Allen et al., 2006).

La evapotranspiración de referencia depende exclusivamente de las condiciones del medio ambiente por lo que en relación a esto se utiliza la siguiente fórmula para obtener datos precisos de ETo.

$$E_{to} = E_v * K_p$$

Dónde:

ETo = Evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/día)

Ev = Evaporación acumulada (mm)

Kp= Es calculado a partir de datos climáticos de la zona (humedad relativa y viento) (Allen et al., 2006).

1.9.3. Medición de la evapotranspiración

El método para establecer la evapotranspiración del cultivo se divide en método directo y método indirecto. El método directo proporciona información directa sobre la cantidad total de agua requerida por el cultivo mediante el uso de herramientas que brindan valores muy cercanos a la realidad, y al mismo tiempo ayuda a ajustar los métodos empíricos, incluidos los métodos gravimétricos. Los métodos indirectos utilizan fórmulas empíricas basadas en datos meteorológicos y climáticos para estimar la demanda de agua (Bannister et al., 2015).

1.9.3.1. Método para instaurar requerimientos hídricos de los cultivos

1.9.3.1.1. Tipo A de tanque evaporímetro

La evapotranspiración potencial (Ep) de los cultivos se puede medir utilizando tanques de evapotranspiración tipo "A", en los que se registran regularmente las diferencias de nivel de agua. El tanque de agua proporciona una medida de los efectos combinados del viento, la temperatura, la radiación y la humedad en el proceso de evaporación de aguas abiertas (Mariño, Rodríguez y Ramírez, 2006).

Aunque el tanque del evaporador responde de manera similar a los mismos factores climáticos que afectan la transpiración del cultivo, existen varios factores que pueden causar diferencias significativas en la pérdida de agua entre las superficies de evaporación libre y las superficies de cultivo.

La evaporación del tanque está relacionada con la evapotranspiración de referencia por un coeficiente empírico derivado del mismo tanque:

$$E_{to} = K_p * E_{vap}$$

Donde:

ETo: evapotranspiración de referencia (mm/día)

Kp: coeficiente del tanque evaporímetro (adimensional)

Evap: evaporación del tanque evaporímetro (mm/día)

Tabla 4-1: Coeficientes del tanque evaporímetro (Kp) para el tanque Clase A, para localidades y ambientes de los tanques y valores de velocidad media de viento y de humedad relativa

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en suelo desnudo			
	HR media	Baja < 40	Media 40 -70	Alta > 70	Baja < 40	Media 40 -70	Alta > 70	
Baja	Distancia del viento (m/s)	Distancia del cultivo a barlovento (m)			Distancia del cultivo a barlovento (m)			
	1	0,55	0,65	0,75	1	0,7	0,8	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,6	0,7	0,8
	100	0,7	0,8	0,85	100	0,55	0,65	0,75
Moderada 2 - 5	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,5	0,6	0,7
	1	0,5	0,6	0,65	1	0,65	0,75	0,8
	10	0,6	0,7	0,75	10	0,55	0,65	0,7
	100	0,65	0,75	0,8	100	0,5	0,6	0,65
Alta 5 - 8	1000	0,7	0,8	0,8	1000	0,45	0,55	0,6
	1	0,45	0,5	0,6	1	0,6	0,65	0,7
	10	0,55	0,6	0,65	10	0,5	0,55	0,65
	100	0,6	0,65	0,7	100	0,45	0,5	0,6
Muy alta >8	1000	0,65	0,7	0,75	1000	0,4	0,45	0,55
	1	0,4	0,45	0,5	1	0,5	0,6	0,65
	10	0,45	0,55	0,6	10	0,45	0,5	0,55
	100	0,5	0,6	0,65	100	0,4	0,45	0,5
	1000	0,55	0,6	0,65	1000	0,35	0,4	0,45

Fuente: (Allen et al., 2006)

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021

1.9.4. Láminas de riego

Podemos definir como una determinada cantidad de agua necesaria que se debe aplicar a la superficie del suelo, para que compense las necesidades del cultivo, va a depender de la capacidad

de almacenamiento de agua y del peso específico del suelo como también de la profundidad radicular del cultivo (CONGOPE, 2014, p. 103).

1.9.4.1. Lamina neta de riego (L_n)

Es la cantidad de agua que debe retenerse en la zona radicular de la planta para que el suelo pueda alcanzar la capacidad de retención de agua del campo después del riego, y es la cantidad de agua que el cultivo puede consumir entre dos riegos consecutivos. es necesario comprender la humedad disponible del suelo y el umbral de riego y la profundidad del sistema de raíces que se mojará (León, 2012, p. 20).

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_n = UR(\%) * AU$$

Dónde:

UR = Umbral de riego (50%),

AU = agua útil o lámina total de agua, disponible para las plantas, en raíces (mm).

Cabe señalar que el umbral depende en particular de la sensibilidad del cultivo a la reducción del agua superficial disponible, así como de factores climáticos y económicos (León, 2012, p. 21).

1.9.4.2. Lamina bruta o total de riego

Finalmente, el cálculo de la lámina de riego que se debe aplicar será según lo siguiente:

$$L_b = \frac{E_{tc} * FR}{E_f}$$

Dónde:

L_b = lamina bruta de riego (mm)

FR= frecuencia de riego (días)

ET_c= evapotranspiración del cultivo (mm/día)

E_f= eficiencia de aplicación del agua (fracción) (León, 2012)

1.9.4.3. Volumen de riego

El volumen de riego se determina con la siguiente ecuación:

$$V = L_b * Area$$

Donde:

V= Volumen de riego a aplicar (litros)

Lb= Lámina bruta de riego (mm)

Área cultivada (m²) (León, 2012)

1.9.4.4. Tiempo de riego

La fórmula para el tiempo de riego está determinada:

$$Tr = Vr/Q$$

T= Tiempo de riego (horas)

Vr= Volumen de riego (Litros)

Q = caudal (L/hora/gotero) (León, 2012).

1.9.4.5. Frecuencia de riego

Conociendo la superficie de agua que se puede retener y definiendo el umbral de riego según el tipo de cultivo, continuamos calculando la frecuencia máxima de riego mediante la siguiente ecuación (León, 2008, p.10).

$$FR \max = \frac{Ln}{Etc}$$

Dónde:

FR max= Frecuencia de riego máxima (días)

Ln= Lamina neta de riego (mm)

ETc= Evapotranspiración de cultivo (mm/día) (León, 2008).

El valor de la frecuencia máxima está representado por el intervalo máximo de riego permitido para cumplir con los requisitos de evapotranspiración del cultivo, que depende del tipo de composición del suelo y del umbral de riego utilizado.

1.9.4.6. Determinación del agua útil para el riego

Para determinación del agua que realmente es útil para el riego, es importante porque este permitirá establecer los requerimientos hídricos que requiera la especie de planta, el agua útil también depende de una infinidad de componentes que deberían ser evaluados (Rubio et al., 2017).

$$AU = (CC - PMP) * Da * Z$$

Dónde:

AU= Agua útil o lámina total de agua, disponible para las plantas, en la zona radicular (mm)

Z= Profundidad de la zona radicular (mm)

CC= Contenido de humedad a capacidad de campo (m^3/m^3)

PMP= Contenido de humedad a punto de marchitez permanente (m^3/m^3)

Da= Densidad aparente del suelo (gr/m^3) (León, 2012, p. 21).

1.9.4.7. Riego por goteo

En este proceso el agua se traslada a partir del depósito o la fuente de abastecimiento a través de cintas o tuberías y en su utilización se libera gota a gota en la planta justo en el lugar donde se ubica, este proceso tiene como finalidad conservar un nivel de agua necesaria en la zona del sistema radicular de la planta, permitiendo que solamente se moje en el área requerida dando como resultado raíces fuertes y bien desarrolladas y por consiguiente se minimice el alto costo del agua (Zurita, 2016).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1. Características del lugar

2.1.1.1. Localización

La investigación se llevó a cabo en los predios de la Estación Experimental de Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo situada en la Parroquia Licto perteneciente al Cantón Riobamba en la Provincia de Chimborazo.



Gráfico 1-2. Ubicación geográfica del área del estudio

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

2.1.1.2. Ubicación geográfica

Altitud: 2720 m.s.n.m.

Latitud: 9807000 UTM

Longitud: 764600 UTM

Fuente: Datos registrados con GPS

2.1.1.3. Condiciones meteorológicas

Temperatura media: 14.9 °C

Precipitación media anual: 635.4 mm / año

Humedad relativa: 85,0 %

Fuente: (Centro Experimental Riego, 2019)

2.1.2. Materiales y equipos

2.1.2.1. Material biológico

Semillas de guarango (*Caesalpinia spinosa*)

2.1.2.2. Materiales de campo

Herramientas de labranza, piola, flexómetro, sarán, sustrato, bolsas de polietileno (5*7”), rizotrones, etiquetas de identificación, calibrador pie de rey digital, fundas ziplock, cajas petri, barreno, sistema de riego por goteo (cintas de riego no autocompensadas Q=1,6 L/h distancia entre goteros=0,15 m), pluviómetro, tanque evaporímetro tipo A.

2.1.2.3. Materiales de oficina

Libreta de campo, computadora, GPS, Software estadístico (weather capture advance)

2.1.2.4. Equipos

Cámara Scholander (PMS1), porómetro (SC-1 Leaf Porometer), bloque de yeso (Delmhorst KS-D1), balanza analítica (marca Radwag; modelo AS.X2), balanza de precisión (marca Radwag; modelo PS 4500.R2) estufa, estación Meteorológica Portátil.

2.1.3. Características del campo experimental

Tabla 1-2: Características del Ensayo

Características del ensayo	
Número de tratamientos	3
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	9
Área total del ensayo	36m ²
Largo del ensayo	12m
Ancho del ensayo	3m
Distancia entre repeticiones	30cm

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

Tabla 2-2: Característica de la parcela experimental para la evaluación del guarango

Características de la parcela	
Forma	Cuadrada
Largo	1 m
Ancho	1 m
N.º de camas por tratamiento	3
Distancia entre hileras	15cm
Distancia entre plantas	15cm
Número de plantas a evaluar	5
Área neta de la parcela	0,7m ²
Área total de la parcela	1m ²

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

2.1.4. Especificación del experimento

2.1.4.1. Diseño experimental

El diseño aplicado fue al azar con tratamientos y repeticiones respectivamente a bloques completos.

2.1.4.2. Esquema de análisis de varianza

Tabla 3-2: Análisis de varianza (Adeva) para la evaluación de guarango

Fuente. de Variación	Formula	GL
Bloques	B-1	2
Tratamiento	T-1	2
Error	(B-1) (T-1)	4
Total	(B*T)-1	8

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

2.1.4.3. Análisis funcional

Se realizó la prueba de Tukey al 5% cuando se presenta diferencia significativa entre los tratamientos.

2.1.4.4. Factores en estudio

Los factores en estudio se establecieron por las láminas de riego aplicadas en el cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*)

2.1.5. Tratamientos

Tabla 4-2: Descripción de los tratamientos en estudio

Tratamientos	Descripción
T1	Lámina de riego con el 100% de agua útil en el suelo-CC
T2	Lámina de riego con el 75% de agua útil en el suelo-CC
T3	Lámina de riego con el 50% de agua útil en el suelo-CC

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

2.1.6. Metodología

El presente estudio fue experimental, estableciendo los requerimientos hídricos de guarango por tratamientos, partiendo del uso de variables cuantitativas continuas, empleando formulas establecidas en este caso la formula Hargraves para establecer el coeficiente de cultivo (K_c) y para determinar la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se hizo mediante la determinación directa por medio del tanque evaporímetro clase A, conjuntamente se realizó la valoración de los parámetros biométricos en las plantas durante el ciclo del guarango en etapa de vivero.

Las láminas de riego están dadas a partir del establecimiento de los parámetros hídricos del suelo y la puesta a capacidad de campo en todo el estudio, esto dependió del comportamiento climatológico y la disponibilidad del agua, las frecuencias de riego fueron hechas en función del seguimiento del contenido hídrico en el suelo utilizando el método directo (gravimétrico) e indirecto (bloques de yeso).

2.1.6.1. Metodología para determinar el coeficiente de cultivo (K_c) de guarango en etapa de vivero

Según (Allen et al., 2006) para determinar el K_C una de las metodologías a utilizar es la fórmula de Hargraves que es $0,01335 + 0,04099 \times (\text{etapa de cultivo}) - 0,0004 \times (\text{etapa del cultivo})^2$ para lo cual fue fundamental conocer la duración de cada etapa del cultivo.

Dónde

K_c = Coeficiente de cultivo

c = Porcentaje de desarrollo del cultivo en el día en que se calculó (Allen et al., 2006).

Luego de calcular el K_c , se graficó la curva de coeficiente de cultivo del guarango, colocando en el eje de las abscisas los días de cada estado fenológico y en el eje de las ordenadas el valor de K_c obtenido en cada fase fenológica.

2.1.6.1.1. Identificación y determinación de los estados fenológicos del cultivo de guarango.

Durante el ciclo de cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*) se determinaron cuatro estados fenológicos, a continuación, el detalle de la tabla 5-2 son: etapa inicial, etapa de desarrollo, etapa intermedia y etapa final mediante una visualización directa.

Tabla 5-2: Descripción de los estados fenológicos del cultivo de guarango en etapa de vivero

Estados fenológicos	Descripción
Etapa inicial	El inicio de la etapa se considera desde el día de repique hasta que las plantas empiezan su prendimiento en un 30%.
Etapa de desarrollo	Continúa luego de la etapa inicial, hasta cuando el 30% de plantas empieza con la emergencia de las nuevas hojas verdaderas y crecimiento del área foliar.

Etapa intermedia

Continúa luego de la etapa de desarrollo, empieza con el desarrollo vegetativo hasta cuando el 30% de las plantas estén listas.

Etapa Final

Luego de culminar la etapa intermedia, las plantas presentan el 70% de la lignificación encontrándose en la etapa final.

Realizado por: Condoy Giron Vanessa, 2021.

2.1.6.2. Metodología para establecer la evapotranspiración de cultivo (ETc) de guarango en etapa de vivero.

Para determinar la evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtuvo la información de las lecturas en el tanque evaporímetro tipo A de la estación meteorológica de Tunshi de la ESPOCH, desde el día del repique hasta la lignificación, se aplicó directamente las láminas de riego dependiendo de la evaporación acumulada además la reposición hídrica se hizo cuando el 100%, 75%, 50% del agua útil en el suelo se ha consumido de la zona radicular.

Para establecer el requerimiento hídrico mediante la utilización de las lecturas del tanque de evaporación se aplicó la siguiente fórmula:

El ETc se basa en la siguiente ecuación

$$Etc = Eto * Kc$$

Dónde:

ETc= Corresponde a la evapotranspiración del cultivo, o requerimientos netos de agua, expresado en mm/día.

ETo= Corresponde a la evapotranspiración de referencia o demanda climática por agua, también expresada en mm/día.

K_c= Corresponde a un factor de corrección, que permite transformar la ETo en consumo de agua por el cultivo (Allen et al., 2006).

De la misma manera para determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) se recogieron los parámetros meteorológicos y fueron registrados diariamente desde el día del repique hasta la lignificación de evaporación. La evaporación se la registró de manera diaria mediante los valores medidos del tanque evaporímetro tipo A, en el coeficiente del tanque evaporímetro clase A, se determina los datos climáticos como: humedad relativa, velocidad del viento y barlovento para

diferentes localidades y diversas condiciones ambientales (tabla 4-1), según el modelo de la (FAO, 2006) se obtuvo el K_p con la siguiente fórmula.

$$E_{to} = E_v * k_p$$

Dónde:

E_{To} = Evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/día)

E_v = Evaporación acumulada (mm)

K_p = coeficiente del tanque evaporímetro clase A (Allen et al., 2006).

Los datos obtenidos de la aplicación de los tratamientos correlacionando con la duración de cada estado fenológico se obtuvo la lámina de riego total que se aplicó por etapa. Al final del ciclo con la suma de acumulada de los riegos se obtuvo un volumen total del recurso hídrico aplicado (mm) para cada tratamiento.

2.1.6.3. Metodología para valorar el comportamiento biométrico de guarango en etapa de vivero.

Al correlacionar la cantidad de agua aplicada en cada tratamiento con los parámetros biométricos (prendimiento, altura, diámetro a la altura del cuello, crecimiento radicular, conductancia estomática, potencial hídrico, contenido relativo de agua y materia seca) lo cual permitió una visualización directa de cómo influye la aplicación de las láminas de riego en el crecimiento y desarrollo del guarango.

2.1.7. Variables a evaluar

2.1.7.1. Porcentaje de prendimiento

Corresponde al cálculo del número de plantas prendidas a los 15 días después del repique, expresado como porcentaje (%).

2.1.7.2. Altura de planta (cm)

Se seleccionaron al azar cinco plantas del estudio cada 15, 140, 155, 177, 196, 211, 227 días después del repique, y se midió la altura de las plantas desde el cuello hasta la punta del tallo con un flexómetro en cm.

2.1.7.3. Diámetro a la altura del cuello de la planta (mm)

El diámetro a la altura del cuello de la planta se tomó en mm con el uso del calibrador pie de rey digital en las 5 plantas alzar a los 15, 140, 15, 177, 196, 211, 227 días después del repique.

2.1.7.4. *Crecimiento radicular (cm)*

Los rizotrones son herramientas que se utilizan para hacer mediciones y observaciones frecuentes del crecimiento del sistema radicular de las plantas.

Estos fueron contruidos de vidrio los lados y las bases de metal, posteriormente se instaló los rizotrones en cada tratamiento a cada uno se les colocó una cuadrícula para poder medir su crecimiento radicular y una cubierta de color negra para evitar que la raíz se oculte y dificulte la toma de datos, por lo cual mediante la utilización de rizotrones se tomó la longitud de la raíz a los 15, 140, 155, 177, 196, 211, 227 días luego del repique.

2.1.7.5. *Conductividad estomática (mmol/m²s)*

Se utilizó el porómetro (SC-1 Leaf Porometer), para conocer el estado de estrés hídrico de las 5 plantas escogidas a los 15, 140, 155, 177, 196, 211, 227 días luego del repique, además se valoró la velocidad del viento dentro del umbráculo con la utilización del anemómetro.

2.1.7.6. *Potencial hídrico (bares)*

Empleando la cámara de Scholander (PMS1), se determinó el potencial hídrico de las 5 plantas escogidas a los 15, 140, 155, 177, 196, 211, 227 días después del repique, esta técnica se ejecutó en campo y al medio día.

2.1.7.7. *Contenido relativo de agua en las hojas (% WRC)*

Corresponde al porcentaje de agua en referencia al contenido en la hoja cuando está completamente hidratada, siendo el estrés por agua la respuesta de la planta. Para calcular se hace un muestreo de plantas sanas con la finalidad de obtener un contenido relativo de agua (WRC) en buenas condiciones.

Para evaluar el contenido relativo de agua (WRC), se seleccionó aleatoriamente una muestra representativa (hoja) de la planta de cada tratamiento y se determinó el peso fresco, y luego se remojó en agua destilada durante un tiempo prolongado (aproximadamente 12 horas) para obtener el peso de hidratación. Colocar en horno a 65 ° C durante 48 horas hasta que alcance un peso constante y determinar el peso seco, se utilizó la fórmula (Hurtado, 2016).

$$WRC(\%) = \frac{Pf - Ps}{PT - Ps} * 100$$

Donde:

Pf = Peso fresco de las muestras

PT = Peso turgente de la muestra

Ps = Peso seco de la muestra

2.1.7.8. *Materia seca de la planta (%MS)*

Se eligió una planta intacta representativa para cada tratamiento, registre el peso fresco y seco de cada órgano (hoja, tallo, raíz). El proceso de preparación para el pesaje fresco se completa rápidamente bajo sombra, y cada órgano es separado. Se registra el peso total: Peso fresco (PFT). Posteriormente, los órganos se colocan en papel etiquetado, y se colocan en un horno a 100 °C durante 24 horas o hasta alcanzar un peso constante para obtener el peso seco (PSM) de la muestra para estimar el peso seco total de cada órgano (PST). La fórmula utilizada (Silva et al., 2015)

$$PST = \frac{PFT * PSM}{PFM}$$

Donde:

PST= Peso seco total

PFT= Peso fresco total

PSM= Peso seco de la muestra

PFM= Peso fresco de la muestra

Finalmente, para conocer el porcentaje de materia seca, se utilizó la siguiente ecuación (Silva et al., 2015)

$$\% \text{ de materia seca} = \frac{\text{Peso materia seca}}{\text{Peso materia húmeda}} * 100$$

2.1.8. *Fase de campo*

2.1.8.1. *Labores pre-culturales*

2.1.8.1.1. *Preparación del área en estudio.*

Se realizó el deshierbe del área en estudio con apoyo de las herramientas de labranza se procedió a delimitar el área de las nueve parcelas, para colocar los tres tratamientos cada uno con tres repeticiones.

2.1.8.1.2. *Instalación del riego a goteo.*

Se instaló un sistema de riego a goteo, está compuesto por una cinta de goteo no auto compensada con una distancia entre goteros de 0,15 m y con un caudal de Q=1,6 lt/h.

2.1.8.2. *Labores culturales*

2.1.8.2.1. Repique y aplicación de los tratamientos

Después de las labores pre-culturales se procedió al repique de las plántulas de guarango cuando presentaron los dos pares de hojas verdaderas, el sustrato utilizado estuvo compuesto por el 50% de tierra negra y el 50% de turba. El largo del ensayo como parcela neta fue de 12 m por 3 m de ancho, dando una totalidad de 36 m² con 324 plantas en el ensayo.

Para determinar la humedad en el suelo se hizo con el método gravimétrico (directo) y los bloques de yeso (indirecto), para la aplicación de las láminas de riego se realizó en función a los requerimientos de cada tratamiento cuando el 100%(T1), 75%(T2), 50%(T3) del agua útil se ha consumido.

2.1.8.2.2. Fertilización foliar.

Se aplicó un fertilizante foliar soluble denominado protón (25-16-12) + MICROELEMENTOS, agregado con micronutrientes que estimula el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas con dosis de fertilización de 4 gramos/litro con una frecuencia de aplicación cada 7 días (Jordán, 2017).

2.1.8.2.3. Control de malezas.

El control de malezas se efectuó dentro y fuera del área en estudio utilizando los materiales de labranza sacando las malas hierbas y otros restos de desecho, de la misma forma se realizó la limpieza manualmente a las plántulas repicadas retirando matorrales y otros residuos para evitar la competencia y destrucción de las plantas.

2.1.8.2.4. Control fitosanitario.

Los productos preventivos (de contacto) o curativos (sistémicos) fueron aplicados como medidas fitosanitarias luego del primer síntoma.

2.1.9. Fase de laboratorio

2.1.9.1. Determinación del contenido de humedad inicial del suelo.

Se realiza muestreando el suelo con un hoyo de 5 cm de profundidad en cada bolsa donde se ubican las plántulas, y este muestreo se realiza de forma aleatoria en cada tratamiento estudiado. Teniendo en cuenta la profundidad del impacto de la zona radicular del cultivo. Las muestras obtenidas se llevan al laboratorio, donde se introducen en el horno para comparar los pesos seco y húmedo para poder determinar el contenido de humedad en el suelo.

2.1.9.2. Aplicación de láminas de agua hasta alcanzar a capacidad de campo en cada tratamiento

Para la aplicación de las láminas de riego establecidas para cada tratamiento, se establecen en base a la capacidad de campo (CC) a lo largo del estudio y en base al muestreo de superficie a ser repicado el guarango, básicamente depende de los parámetros meteorológicos, usando los siguientes métodos para determinar la disponibilidad de agua en la superficie.

2.1.9.2.1. *El riego preliminar para alcanzar a Capacidad de Campo (Método gravimétrico)*

El riego inicial se efectuó a capacidad de campo para lo cual fue necesario conocer el contenido de humedad, como tal se determinó mediante procedimientos volumétricos.

Según (León, 2012) se puede utilizar la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad inicial contenida en la superficie del suelo, haciendo un muestreo para cada tratamiento estudiado:

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} * 100$$

Dónde: La muestra se colocó en un horno a una temperatura constante de 105 ° C durante 24 horas para obtener un peso seco constante.

2.1.9.2.2. *Potencial mátrico del suelo (Bloques de yeso)*

Los bloques de yeso (sensores de resistencia eléctrica) permiten determinar el potencial matricial del suelo y su contenido de agua a partir de las lecturas de resistencia obtenidas en los bloques.

Los bloques de yeso fueron enterrados en el perfil del suelo en cada uno de los tratamientos, a una profundidad donde el sistema radicular del cultivo tiene influencia, con la finalidad de obtener las lecturas de la tensión de la humedad en la superficie para correlacionar con los datos obtenidos del método gravimétrico que permiten estimar el contenido hídrico en el suelo.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) de *Caesalpinia spinosa* guarango en etapa de vivero.

3.1.1. Identificación de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo en etapa de vivero.

En el ciclo de cultivo del guarango (*Caesalpinia spinosa*) se establecen cuatro etapas fenológicas: número de plántulas prendidas (etapa inicial), aparición de hojas verdaderas y crecimiento del área foliar (etapa de desarrollo), desarrollo vegetativo (etapa intermedia) y lignificación (etapa final). En cada etapa, desde cuando inició el repique hasta la lignificación, todas las variables estudiadas cambiaron. El estado fenológico se determina mediante la visualización directa del cultivo estudiado en función de su desarrollo y crecimiento.

La duración de cada etapa fenológica se presenta en la siguiente figura:

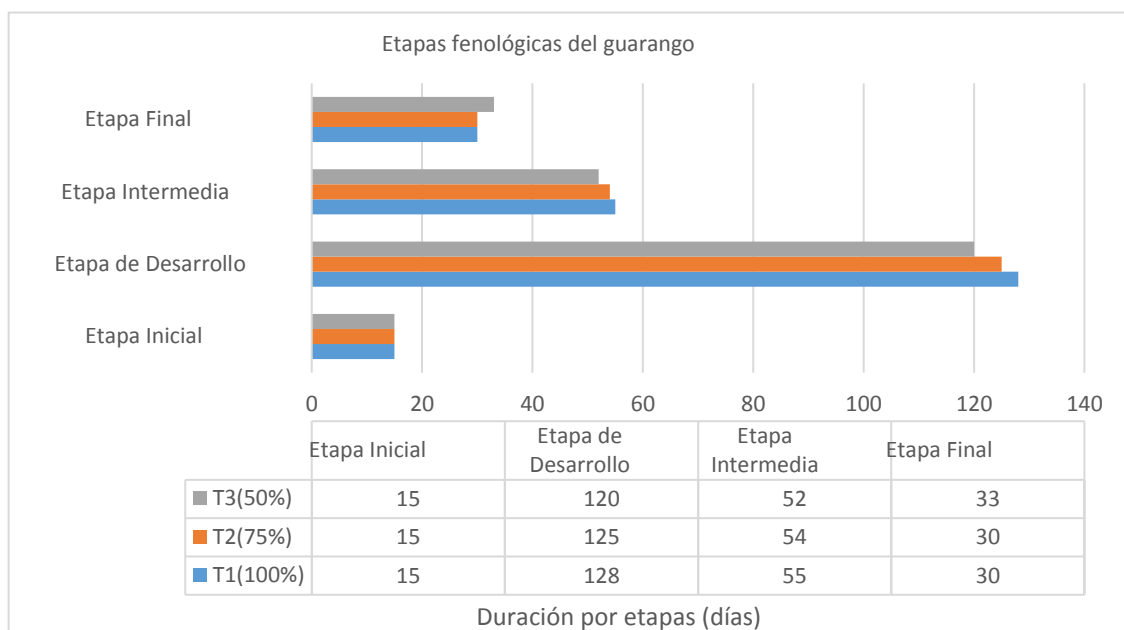


Gráfico 1-3. Duración de las etapas fenológicas del cultivo de guarango en los diferentes tratamientos.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En el Gráfico 1-3 se presentan las etapas fenológicas del cultivo de guarango en los tres tratamientos en la etapa inicial del cultivo tuvo una duración de 15 días después del repique, la

etapa de desarrollo presentó una duración de 120, 125 y 128 para el T3(50% de agua útil), T2(75% agua útil) y T1(100% de agua útil) respectivamente. La etapa intermedia presentó una duración de 52 días para el T3, mientras que para T2 y T1 se obtuvo valores de 54 y 55 días, en la etapa final se obtuvo una duración para T3 T2, T1 con 33, 30 y 30 días respectivamente.

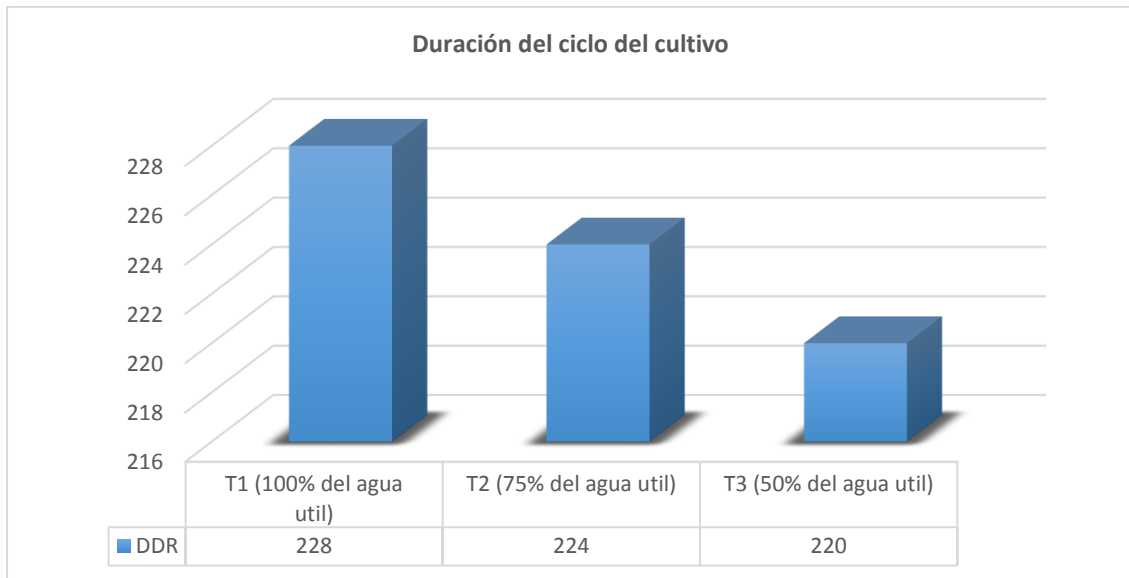


Gráfico 2-3. Duración total del ciclo de cultivo de guarango en etapa de vivero (*Caesalpinia spinosa*).

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Como resultado final se obtuvo que el ciclo total de cultivo para el T1 fue de 228 DDR, para el T2 de 224 DDR y para T3 de 220 DDR como se observa en el gráfico 2-3. Dicha diferencia se da debido a las diferentes láminas de riego aplicadas en cada tratamiento, además es necesario resaltar lo expuesto por (Allen, 2006) donde sustenta que dentro de un mismo cultivo hay diferencias en el consumo de agua, que son por aspectos de tamaño, aerodinámica, como también por su lado anatómica dando como resultado, variabilidad en el crecimiento, desarrollo y por tanto diferencias en la culminación de los estados fenológicos del cultivo.

3.1.1.1. Coeficiente del cultivo (Kc) de guarango mediante la fórmula de Hargraves (100% de agua útil en el suelo).

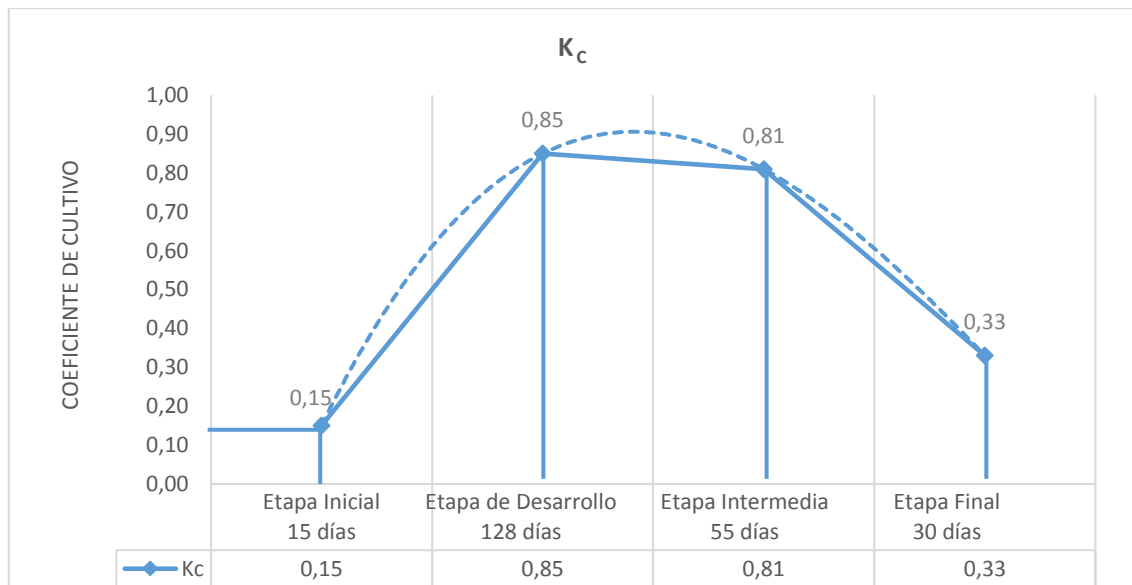


Gráfico 3-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*) para el tratamiento 1 determinado por la fórmula Hargraves.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En el Gráfico 3-3 se aprecia el coeficiente de cultivo (K_c) para el guarango (*Caesalpinia spinosa*), determinada por la fórmula de Hargraves con el 100% de agua útil en el suelo, reflejando los siguientes valores: etapa inicial;0,15 alcanzando una duración de 15 días, desarrollo;0,85 con una duración de 128 días, intermedia;0,81 alcanzando una duración de 55 días y Final;0,33 durando 30 días, el total de días en este tratamiento fue de 228 DDR, con una lámina de riego de 474,7 mm.

3.1.1.2. Coeficiente del cultivo (K_c) de guarango mediante la fórmula de Hargraves (75% de agua útil en el suelo).

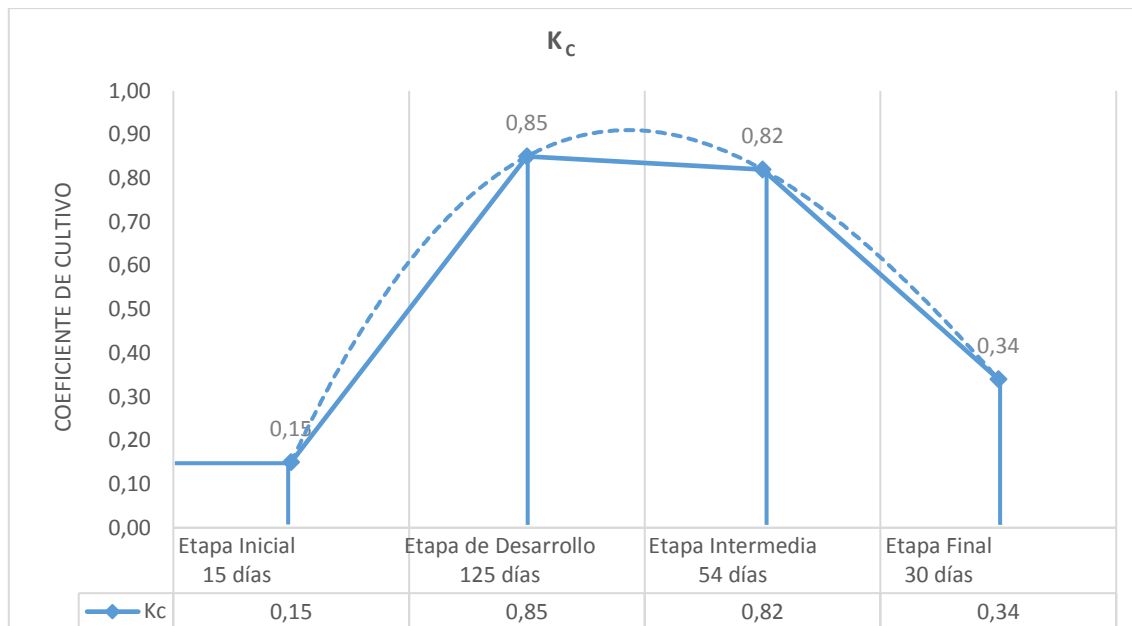


Gráfico 4-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*) para el tratamiento 1 determinado por la fórmula Hargraves.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En el Gráfico 4-3 se visualiza el coeficiente de cultivo (K_c) para el guarango (*Caesalpinia spinosa*) determinada por la fórmula de Hargraves con el 75% de agua útil en el suelo, alcanzando valores para la etapa inicial; 0,15, desarrollo; 0,85, intermedia; 0,82, final 0,34 adquiriendo una duración de 15, 125, 54 y 30 días respectivamente, aplicando 432,2 mm de agua durante todo el cultivo concluyendo una duración total en este tratamiento de 224 DDR.

3.1.1.3. *Coeficiente del cultivo (K_c) de guarango mediante la fórmula de Hargraves (50% de agua útil en el suelo).*

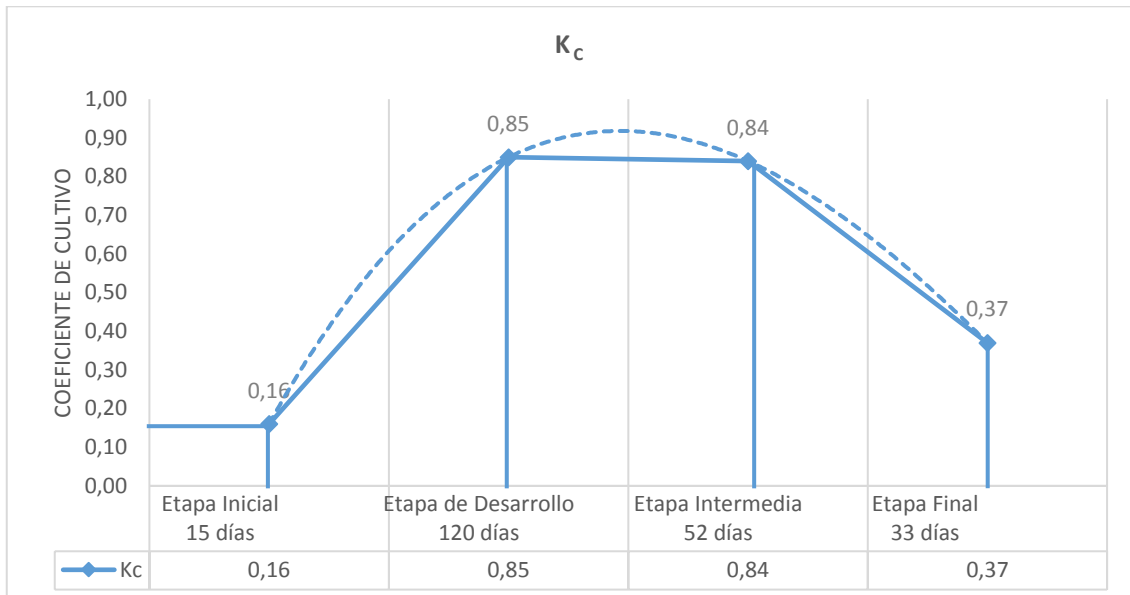


Gráfico 5-3. Coeficiente de cultivo (K_c) por etapa fenológica del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*) para el tratamiento 3 determinado por la fórmula Hargraves.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Se puede apreciar en el gráfico 5-3 el coeficiente del cultivo (K_c) para el guarango (*Caesalpinia spinosa*) determinada por la fórmula de Hargraves con el 50% de agua útil en el suelo, cuyos valores conseguidos fueron: etapa inicial; 0,16 durando 15 días, desarrollo; 0,85, durando 120 días, intermedia; 0,84 con una duración de 52 días y final; 0,37 durando 33 días, concluyendo una duración total en este tratamiento de 220 DDR, con una lámina de riego de 423,1 mm.

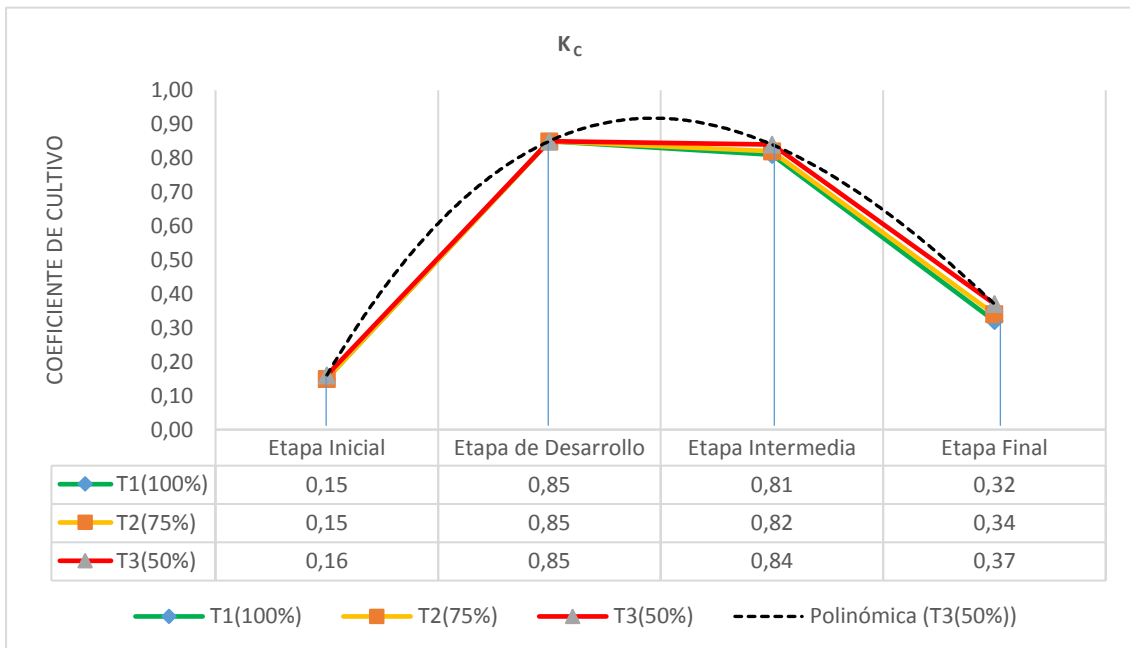


Gráfico 6-3. Coeficientes del cultivo (K_c) para los tres tratamientos en estudio.

En el gráfico 6-3, se visualizan los valores promedios de K_c versus los estados fenológicos del cultivo de guarango (gráfico 1-3), la variabilidad que se observa en los coeficientes de cultivo (K_c), hace relato a todo el periodo del cultivo en los tres tratamientos, en tal sentido se estima que los valores del K_c aumentan conforme al crecimiento del cultivo, de manera similar (Valverde, 2007) manifiesta que el K_c varía con la fase de crecimiento de la especie y con las condiciones climáticas, al mismo tiempo depende de la capacidad que tiene la planta para extraer agua de la superficie.

De manera similar (Allent et al., 2006) indica que K_c aumenta a medida que crece el área foliar del cultivo, ya que existe una mayor área foliar expuesta a la radiación solar, así es como el cultivo demanda una mayor cantidad de recursos para realizar sus funciones fisiológicas. Por otro lado (Adriani, 2009) sostiene que el K_c depende directamente de tipo de especie vegetal, del área foliar desarrollada y de la cobertura vegetal que esta hace sobre la superficie, en relación al tipo de cultivo, varias especies muestran diferencias en altura, así como las estructuras de los estomas y como tal sus características anatómicas de sus hojas y el área foliar provocan variaciones en los valores del coeficiente de cultivo (K_c).

El estudio realizado por (Vergara et al., 2017) el cual estableció que el coeficiente de cultivo (K_c) para *Gmelina arborea* es 0,6 en la fase de vivero, infiriéndolo como un valor medio, por lo tanto, insinúa que para esta especie forestal en las primeras fases de crecimiento el requerimiento hídrico es menor, estos resultados concuerdan en parte con lo obtenido con el presente estudio en donde se determinó que el coeficiente de cultivo (K_c) para *Caesalpinia spinosa* es 0,6 en la etapa de vivero, lo cual indica que el requerimiento hídrico de esta especie es bajo.

3.1.2. *Requerimientos Hídricos aplicados en el cultivo de guarango en etapa de vivero.*

Tabla 1-3: Láminas totales de riego aplicadas en el ciclo del cultivo del guarango (*Caesalpinia spinosa*) en etapa de vivero

Tratamientos	Láminas de agua (mm)	Agua útil en el suelo (%)
T1	474,7	100%
T2	432,2	75%
T3	423,1	50%

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

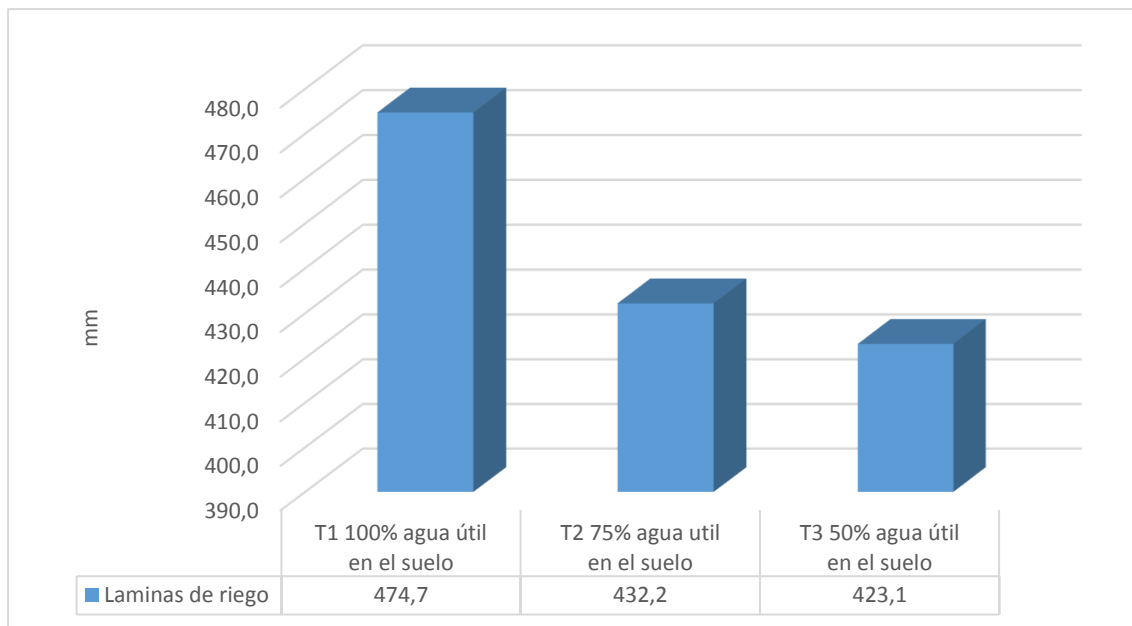


Gráfico 7-3. Lámina de riego total en el guarango en etapa de vivero.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En la tabla 7-3 y en el gráfico 3-3 se pueden apreciar los resultados que indican diferentes láminas de riego aplicadas en el ciclo del cultivo de guarango (*Caesalpinia spinosa*). El Tratamiento 1 (100% de agua útil en el suelo) con una lámina total de 474,7 mm, el Tratamiento 2 (75% de agua útil en el suelo) una lámina total de 432,2 mm y el Tratamiento 3 (50% de agua útil en el suelo) con una lámina total de 423,1 mm, analizando el grafico 3-3 se deduce que para el 100% de agua útil para el suelo (T1) con una lámina de 474,7 mm, mientras tanto el 50% de agua útil en el suelo (T3) fue de 423,1 mm. En los resultados alcanzados en la presente investigación se requiere láminas de riego menores para el crecimiento del guarango a nivel de vivero.

3.2. Establecer la evapotranspiración de *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero.

3.2.1. Evapotranspiración del cultivo guarango (ETc)

Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) se obtuvo las lecturas directas y diarias del consumo de agua en el tanque evaporímetro clase A, con la finalidad de establecer la evapotranspiración del cultivo para las diferentes etapas de crecimiento.

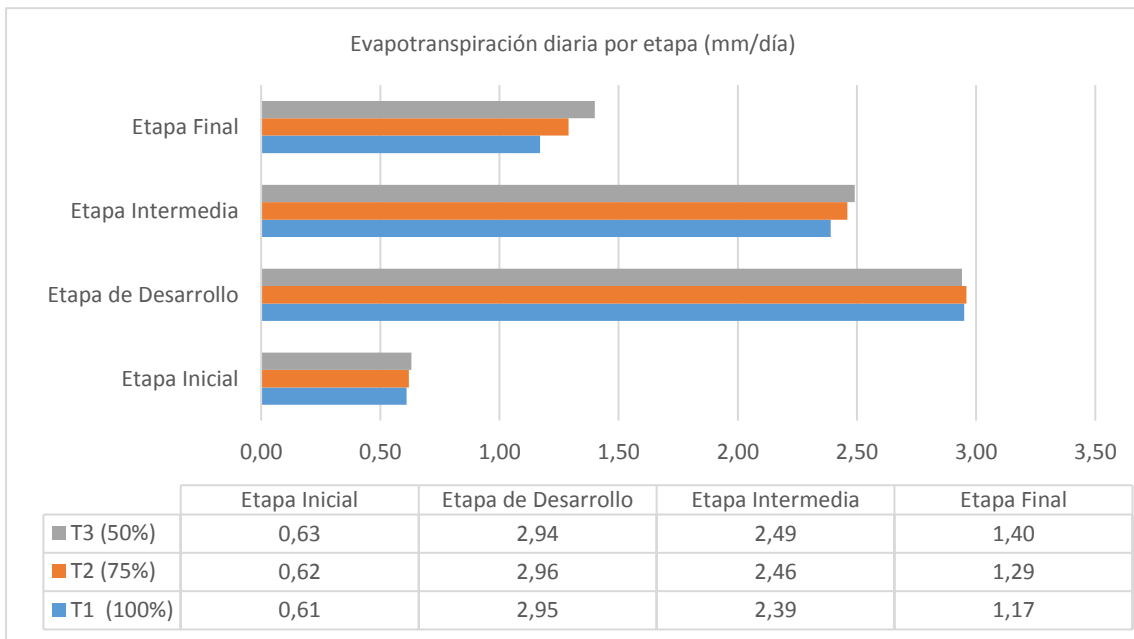


Gráfico 8-3. Evapotranspiración del cultivo guarango (mm/día) por estado fenológico a través del tanque evaporímetro clase A.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

De acuerdo a la Figura 8-3, se puede observar que la evapotranspiración de los cultivos es en mm/día y cambia con las estaciones, se observa que el valor máximo aparece en la etapa de desarrollo. El valor es para T3 (50% del suelo tiene agua), T2 (el 75% del suelo tiene agua) y T1 (el 100% del suelo tiene agua), respectivamente (2,94; 2,96; 2,95 mm / día). A nivel fenológico, la Evapotranspiración (ETc) ha ido disminuyendo, por lo que, debido a la demanda hídrica de las plantas, la reposición diaria de agua reduce, además el cambio climático y la suficiente disponibilidad de agua en el suelo afectará el desarrollo de la cobertura vegetal. Por otro lado (Vásquez et al., 2009) señalaron que la evapotranspiración es un proceso complejo en el que no solo se involucran elementos físicos (meteorológicos) que inciden en la evaporación, sino que también depende de las características morfológicas, fisiología y cobertura vegetal de cada especie, variedad y suelo, al igual que las características de los elementos del suelo y sus niveles de contenido de agua.

En lo referente a la evapotranspiración del cultivo fue establecida a nivel de vivero con variaciones de agua útil en el suelo, del 100% (T1), 75% (T2) y 50% (T3), se presentó una mínima evapotranspiración en la etapa inicial de 0,61; 0,62; 0,63 mm/día y una máxima en la etapa de desarrollo de 2,95; 2,96; 2,94 mm/día. Por otra parte (Medri *et al.*, 2011) manifiesta que algunas

plantas son sensibles bajo condiciones de sobre oferta de agua, ocasionando que la planta reduzca la transpiración y, constantemente el metabolismo es afectado, habiendo un descenso en su capacidad de extraer agua del suelo dando como resultado un bajo crecimiento, por otro lado (Carvalho et al., 2011) sostiene que, una adecuada y suficiente cantidad de agua en el suelo, refleja un mejor comportamiento en la evapotranspiración. Por tanto, con un 50% de agua útil en el suelo la evapotranspiración sobresalió entre los demás tratamientos.

3.3. Valorar el comportamiento biométrico *Caesalpinia spinosa* (guarango) en etapa de vivero

3.3.1. Porcentaje de prendimiento

3.3.1.1. Porcentaje de prendimiento a los 15 DDR.

El prendimiento según el análisis de varianza a los 15 DDR (Tabla 2-3), no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,49%.

Tabla 2-3: Análisis de varianza para porcentaje de prendimiento a los 15 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,87	0,6944	ns
Repetición	2	3,48	0,3086	ns
Error	4	2,18		
Total	8			
C.V	1,49%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.2. Altura de la planta

3.3.2.1. Altura de la planta (cm) a los 15 DDR.

Referente a la altura la varianza a los 15 DDR (Tabla 3-3), no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 1,60 %.

Tabla 3-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 15 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,01	0,25	ns
Repetición	2	3,30E-03	0,64	ns
Error	4	0,01		
Total	8			
C.V	1,60%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.2.2. Altura de la planta (cm) a los 140 DDR.

El análisis de varianza para la altura a los 140 DDR (Tabla 4-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 0,82%.

Tabla 4-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 140 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,12	0,0012	**
Repetición	2	2,20E-03	0,4444	ns
Error	4	2,20E-03		
Total	8			
C.V	0,82%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamientos

Tabla 5-3: Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 140 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T3	5,90	A
T2	5,69	B
T1	5,50	C

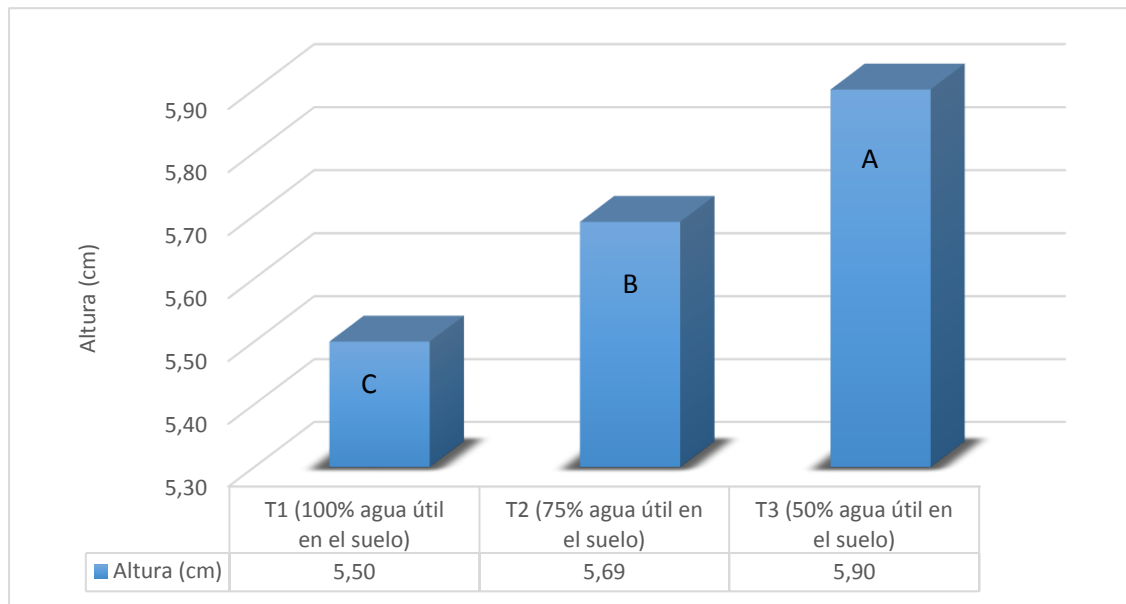


Gráfico 9-3. Altura de la planta a los 140 DDR.

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 9-3 sobre altura de la planta a los 140 DDR, presentan rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 3 (T3= 50% de agua útil en el suelo) con una media de 5,90 cm, seguido el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2= 75% de agua útil en el suelo) con una media de 5,69 cm y el Tratamiento 1 (T1= 100% de agua útil en el suelo) con una media de 5,50 cm respectivamente.

3.3.2.3. *Altura de la planta (cm) a los 155 DDR.*

El análisis de varianza para la altura a los 155 DDR (Tabla 6-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 0,66%.

Tabla 6-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 155 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,12	0,0007	**
Repetición	2	0,01	0,1326	ns
Error	4	1,60E-03		
Total	8			
C.V	0,66%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamientos

Tabla 7-3: Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 155 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T3	6,25	A
T2	6,03	B
T1	5,86	C

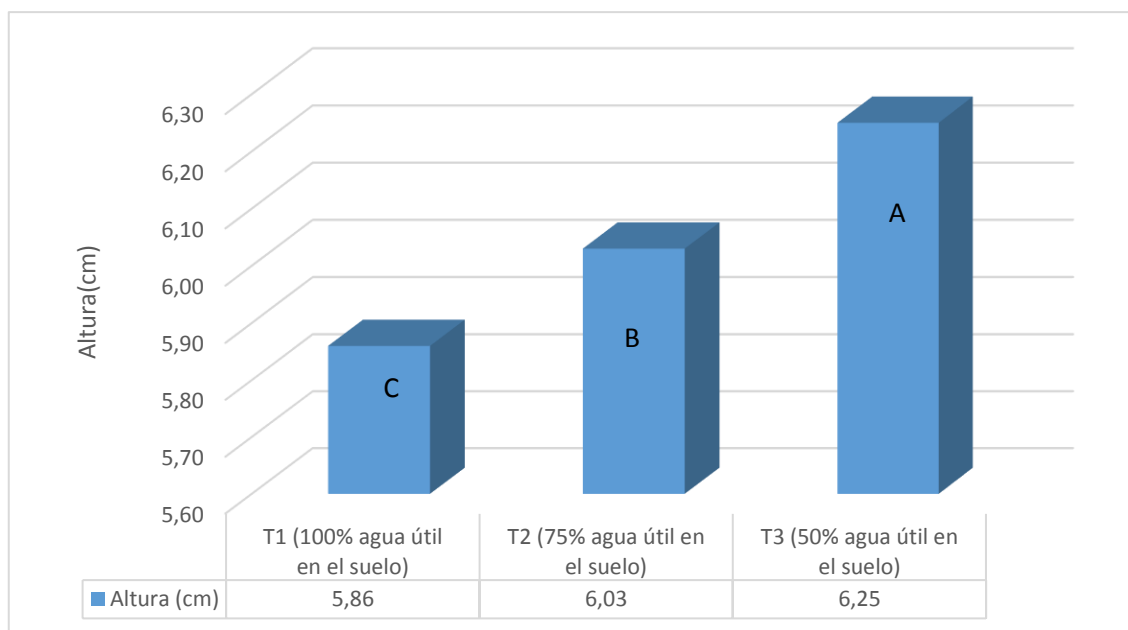


Gráfico 10-3: Altura de la planta a los 155 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados obtenidos en el Gráfico 10-3 para la altura de la planta a los 155 DDR, presenta rangos; en el rango “A” sobresale el Tratamiento 3 (T3= 50% de agua útil en el suelo) con una media de 6,25 cm, y en el rango “B” se ubican el Tratamiento 2 (T2= 75% de agua útil en el suelo) con una media de 6,03 cm y el Tratamiento 1 (T1= 100% de agua útil en el suelo) con una media de 5,86 cm respectivamente.

3.3.2.4. Altura de la planta (cm) a los 177 DDR.

El análisis de varianza para la altura a los 177 DDR (Tabla 8-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 0,74%.

Tabla 8-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 177 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,1	0,0019	**
Repetición	2	0,01	0,1477	ns
Error	4	2,20E-03		
Total	8			
C.V	0,74%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 9-3: Prueba de tukey al 5% para altura de planta a los 177 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T3	6,54	A
T2	6,32	B
T1	6,19	B

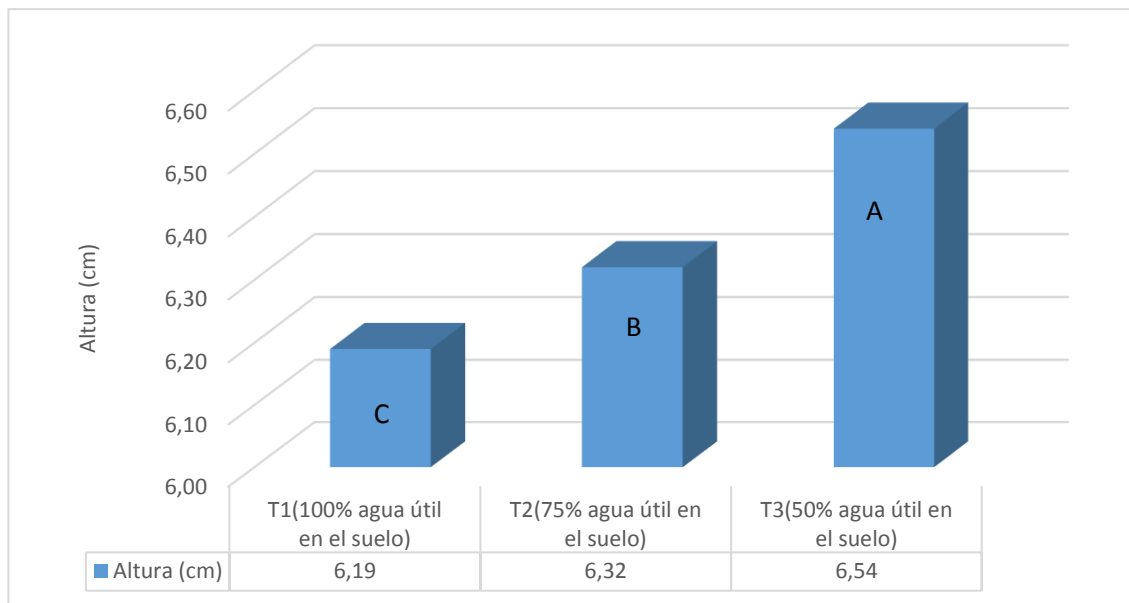


Gráfico 11-3. Altura de la planta a los 177 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 11-3 para la altura de la planta a los 177 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 3 (T3= 50% de agua útil en el suelo) con una media de 6,54 cm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 1 y 2, con una media de 6,32 cm para el Tratamiento 2 (T2= 75% de agua útil en el suelo) y 6,19 cm para el Tratamiento 1 (T1= 100% de agua útil en el suelo).

3.3.2.5. Altura de la planta (cm) a los 196 DDR.

El análisis de varianza para la altura a los 196 DDR (Tabla 10-3), no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 2,11 %.

Tabla 10-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 196 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,04	0,2663	ns
Repetición	2	4,10E-03	0,8156	ns
Error	4	0,02		
Total	8			
C.V	2,11%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.2.6. Altura de la planta (cm) a los 211 DDR.

El análisis de varianza para la altura a los 211 DDR (Tabla 11-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 0,69%.

Tabla 11-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 211 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,15	0,0031	**
Repetición	2	0,01	0,2096	ns
Error	4	4,6E-03		
Total	8			
C.V	0,97%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 12-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 211 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T3	7,19	A
T2	6,95	B
T1	6,73	C

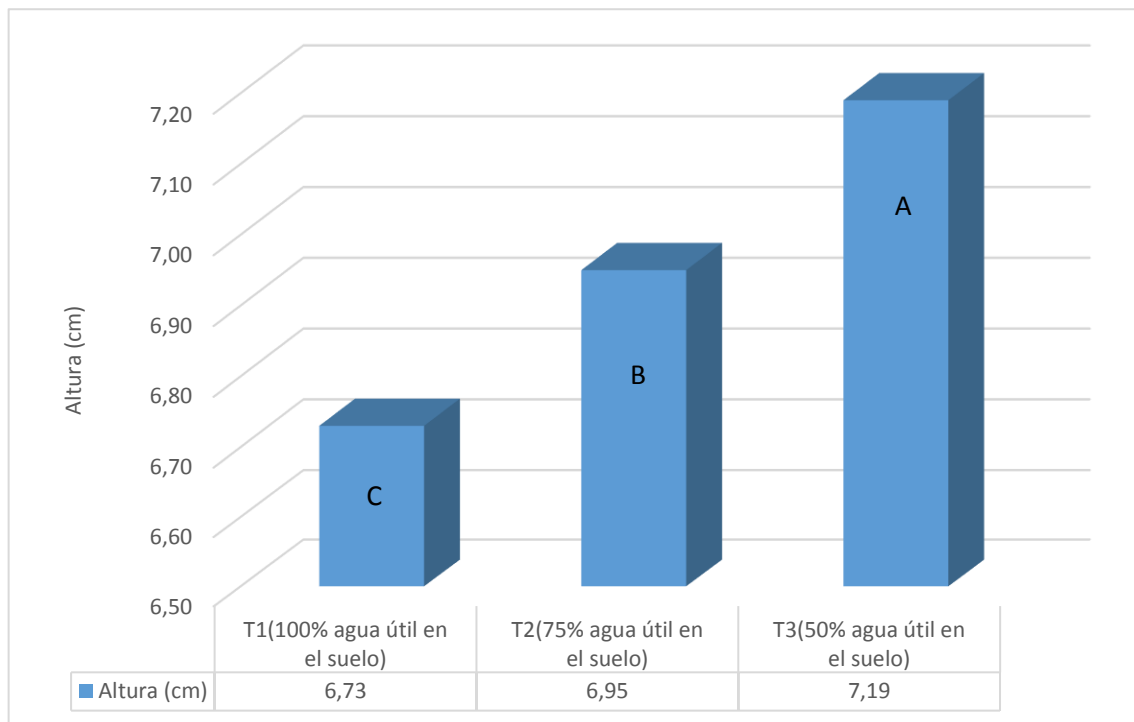


Gráfico 12-3. Altura de la planta entre los tratamientos a los 211 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 12-3 sobre altura de la planta entre los tratamientos a los 211 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 3 (T3= 50% de agua útil en el suelo) con una media de 7,14 cm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2= 75% de agua útil en el suelo) con una media de 6,94 cm y por último el Tratamiento 1 (T1= 100% de agua útil en el suelo) con una media de 6,87 cm respectivamente.

3.3.2.7. *Altura de la planta (cm) a los 227 DDR.*

El análisis de varianza para la altura a los 227 DDR (Tabla 13-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 1,01 %.

Tabla 13-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 227 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,15	0,0047	**
Repetición	2	0,01	0,357	ns
Error	4	0,01		

Total 8
C.V 1,01%

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 14-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 227 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T3	7,47	A
T2	7,27	A
T1	7,03	B

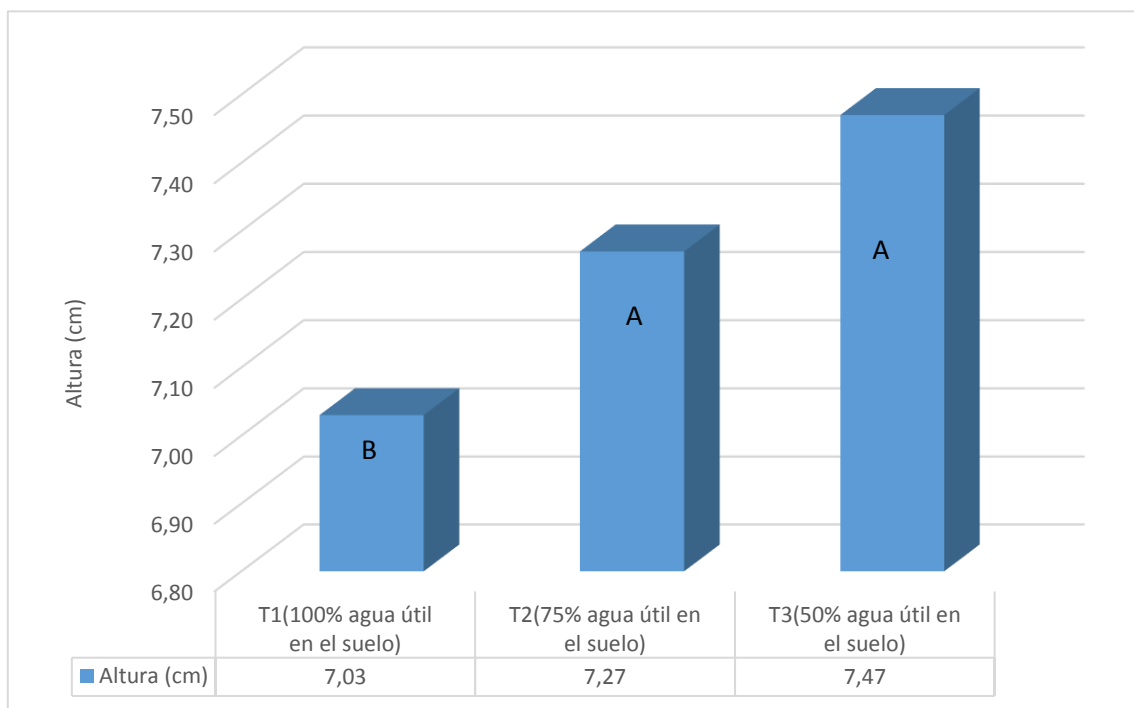


Gráfico 13-3. Altura de la planta a los 227 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 13-3 para la altura de la planta a los 227 DDR, el Tratamiento 3 y Tratamiento 2 se ubican en el rango “A” con una media de 7,47 cm el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) mientras que el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el

suelo) con una media de 7,27 cm y por último el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) se ubica en el rango “B” con una media de 7,03 cm respectivamente.

En cuanto al incremento en altura a nivel de vivero, se obtuvo valores de 7,47 cm, con una aplicación de riego del 50% de agua útil en el suelo, deduciendo que en condiciones de vivero, no son necesarias laminas altas de riego, en relación a esto es oportuno considerar el estudio desarrollado por (Mondragón, 2016) quien al concluir su estudio encontró un mayor promedio en cuanto altura (7,30 cm) con un sustrato tradicional y compost agrícola con una frecuencia de riego cada 15 días, aseverando que altos contenidos de humedad en el sustrato favorece la propagación de hongos que afectan al desarrollo y cuello de la planta, resultados que poseen algo de similitud con los obtenidos en la presente investigación, sin embargo *Caesalpinia spinosa* al igual que otras especies nativas tiene crecimiento lento (De la Cruz, 2004).

Los resultados alcanzados concuerdan con los reportados por (Pérez, 2008) el cual manifiesta que el proceso de mayor crecimiento no siempre está asociado con regar volúmenes altos de agua, ya que al tener una adecuada humedad y una buena disponibilidad de oxígeno en el suelo ayuda al desarrollo y crecimiento, además (Fox y Montague, 2009) afirman que el mayor crecimiento en altura no siempre está vinculado con altos contenidos de agua en el suelo. De manera similar (Vergara et al., 2017) quienes determinaron que el requerimiento hídrico en plántulas de *Gmelina arborea* es bajo en etapa de vivero, obteniendo un mayor crecimiento en altura cuando se aplica menores dosis de riego.

3.3.3. Diámetro a la altura del cuello

3.3.3.1. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 15 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 15 DDR (Tabla 15-3), no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 0,54%.

Tabla 15-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 15 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	4,10E-04	0,1231	ns
Repetición	2	7,80E-05	0,5487	ns
Error	4	1,10E-04		
Total	8			
C.V		0,54%		

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.3.2. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 140 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 140 DDR (Tabla 16-3), presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación 2,55%.

Tabla 16-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 140 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,07	0,0152	*
Repetición	2	0,01	0,3735	ns
Error	4	4,8E-03		
Total	8			
C.V	2,55%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 17-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 140 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	2,90	A
T2	2,69	B
T1	2,60	B

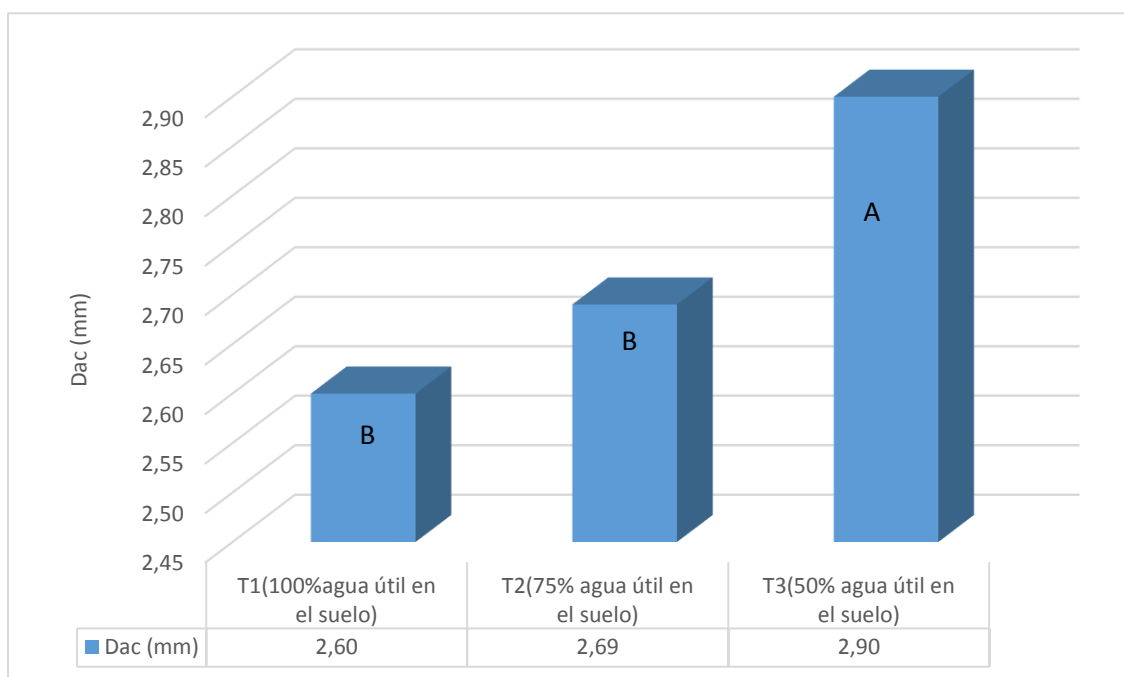


Gráfico 14-3. Diámetro a la altura del cuello (Dac) a los 140 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados obtenidos en el Gráfico 14-3 para el diámetro a la altura del cuello de la planta entre los tratamientos a los 140 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 2,90 mm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 2,65 mm y por último el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 2,50 mm respectivamente.

3.3.3.3. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 155 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 155 DDR (Tabla 18-3), se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 1,88%.

Tabla 18-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 155 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,09	0,0049	**
Repetición	2	0,01	0,1172	ns
Error	4	3,40E-03		
Total	8			
C.V	1,88%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

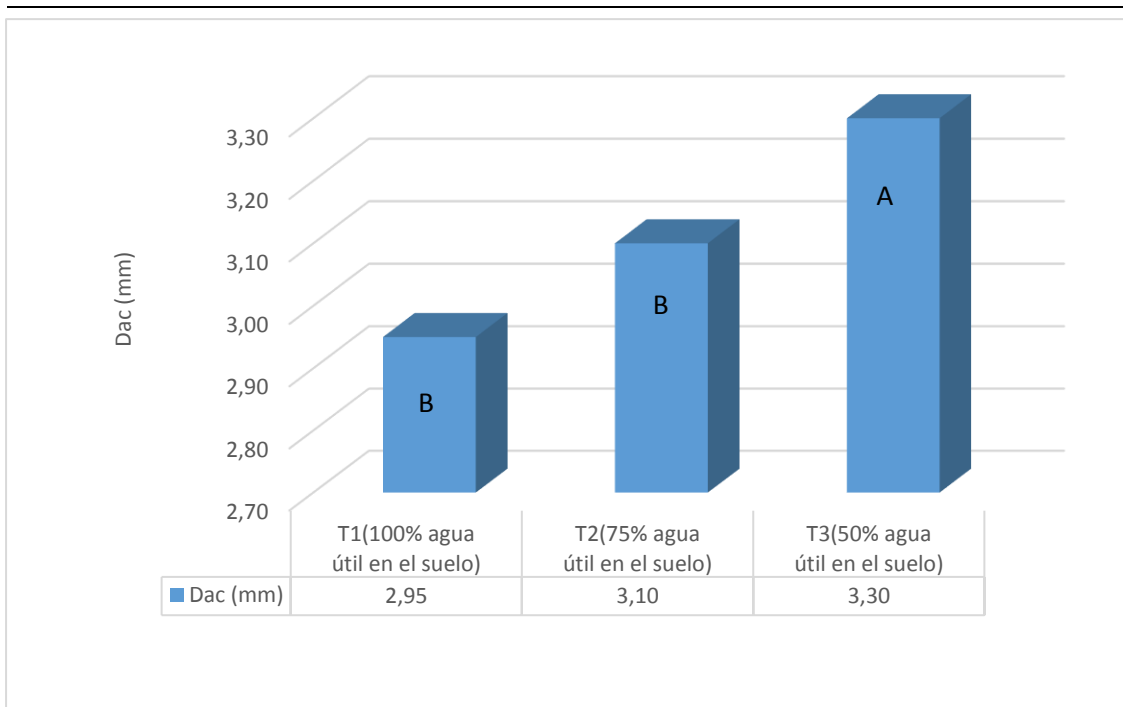
p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 19-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 155 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	3,30	A
T2	3,10	B
T1	2,95	B



Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 15-3 para el diámetro a la altura del cuello de la planta a los 155 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 3,30 mm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 3,10 mm y por último el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 2,95 mm respectivamente.

3.3.3.4. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 177 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 177 DDR (Tabla 20-3), se presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 3,03%.

Tabla 20-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 177 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,11	0,0272	*
Repetición	2	0,02	0,2478	ns
Error	4	0,01		
Total	8			
C.V	3,03%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 21-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 177 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	3,57	A
T2	3,35	A B
T1	3,20	B

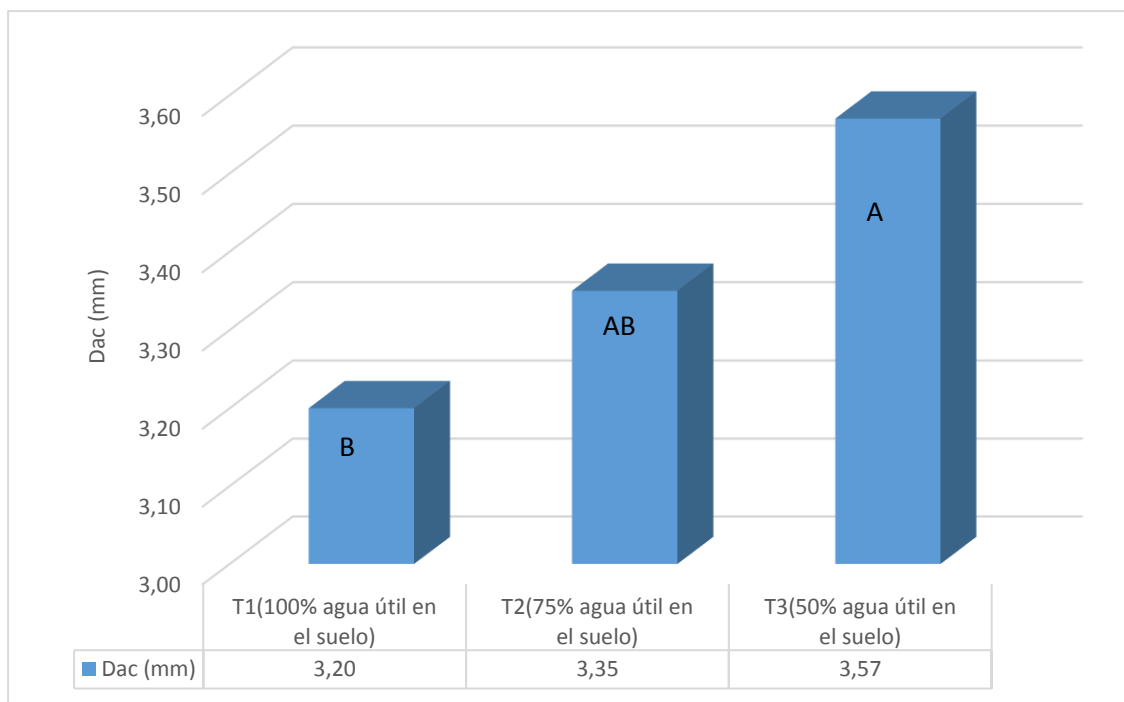


Gráfico 16-3. Diámetro a la altura del cuello (Dac) a los 177 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados presentados en el Gráfico 16-3 para el diámetro a la altura del cuello a los 177 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 3,57 mm, en el rango “AB” se ubica el tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 3,35 mm y en el rango “B” se ubica el tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 3,20 mm respectivamente.

3.3.3.5. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 196 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 196 DDR (Tabla 22-3), se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 1,22%.

Tabla 22-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 196 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,1	0,0013	**
Repetición	2	3,90E-03	0,2348	ns
Error	4	1,80E-03		
Total	8			
C.V	1,22%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

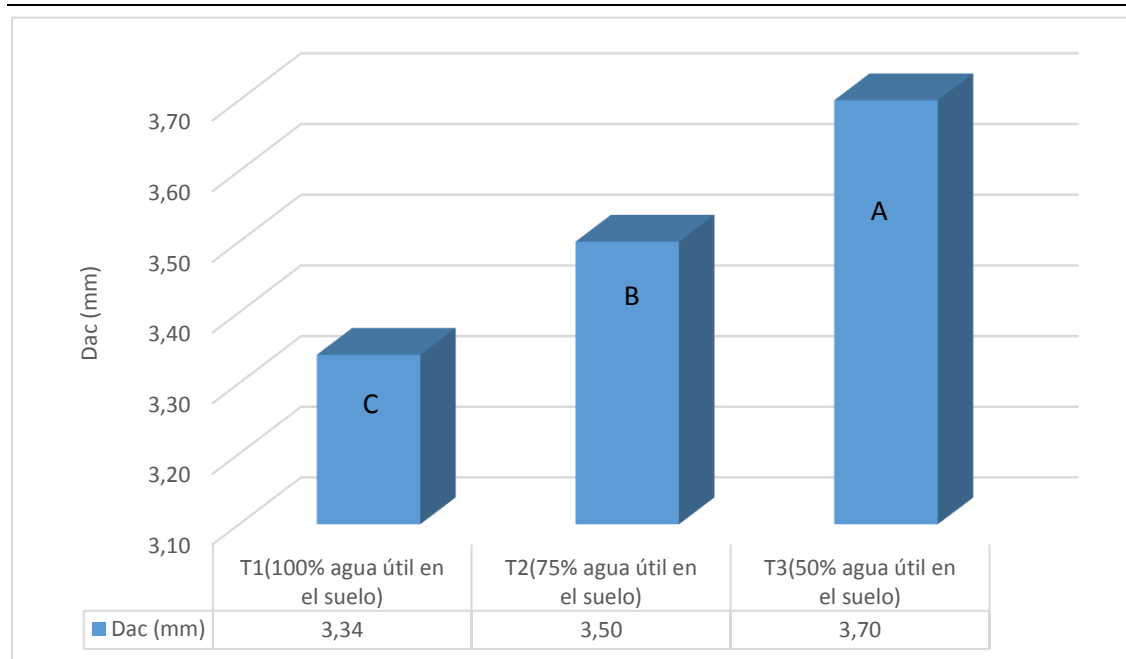
p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento.

Tabla 23-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 196 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	3,70	A
T2	3,50	B
T1	3,34	C



Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados obtenidos en el Gráfico 17-3 para el diámetro a la altura del cuello a los 196 DDR, presenta rangos; en el rango “A” sobresale el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 3,70 mm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 3,50 mm y el rango “C” se ubica el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 3,34 mm respectivamente.

3.3.3.6. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 211 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 211 DDR (Tabla 24-3), se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 0,69%.

Gráfico 17-3. Diámetro a la altura del cuello (Dac) a los 196 DDR

Tabla 24-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 211 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,12	0,0001	**
Repetición	2	2,20E-03	0,1267	ns
Error	4	6,10E-04		
Total	8			
C.V		0,69%		

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento

Tabla 25-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 211 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	3,81	A
T2	3,60	B

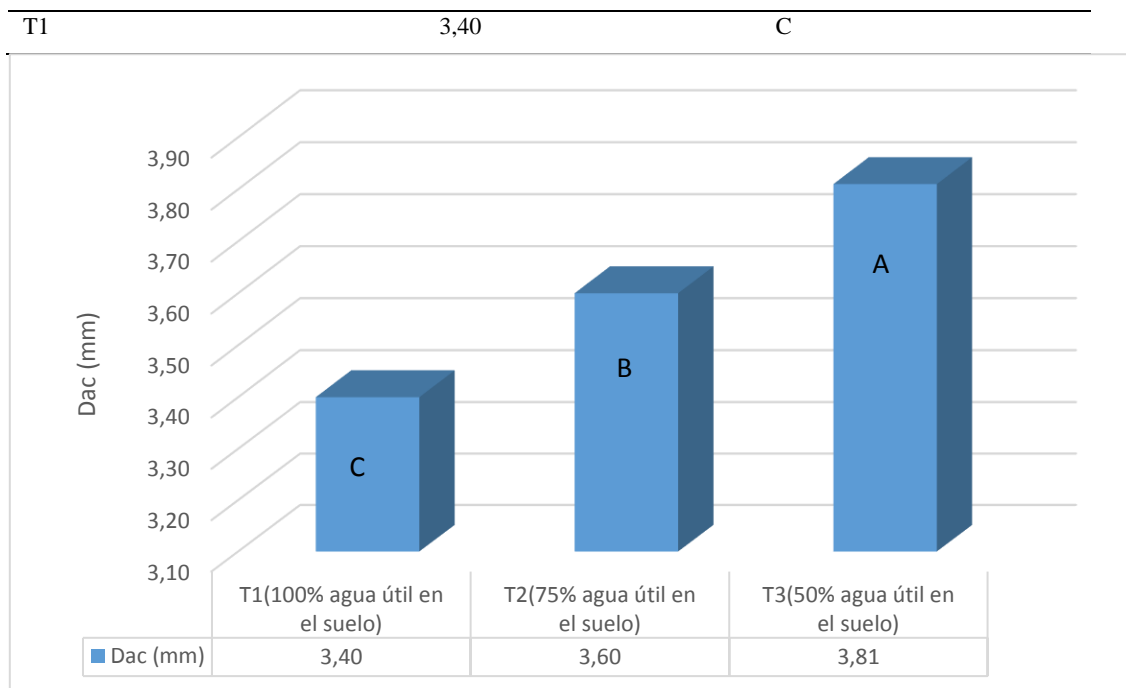


Gráfico 18-3. Diámetro a la altura del cuello (Dac) los 211 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados obtenidos en el Gráfico 18-3 para el diámetro a la altura del cuello de la planta a los 211 DDR, presenta rangos; en el rango “A” sobresale el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 3,81mm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 3,60 mm y el rango “C” se ubica el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 3,40 mm respectivamente.

3.3.3.7. Diámetro a la altura del cuello (mm) a los 227 DDR

El análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello a los 227 DDR (Tabla 26-3), se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 0,52%.

Tabla 26-3: Análisis de varianza para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 227 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,15	<0,0001	**
Repetición	2	1,50E-03	0,1078	ns
Error	4	3,60E-04		
Total	8			
C.V	0,52%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento

Tabla 27-3: Prueba de tukey al 5% para el diámetro a la altura del cuello (Dac) de la planta a los 227 DDR

Tratamiento	Media (mm)	Rango
T3	3,90	A
T2	3,65	B
T1	3,45	C

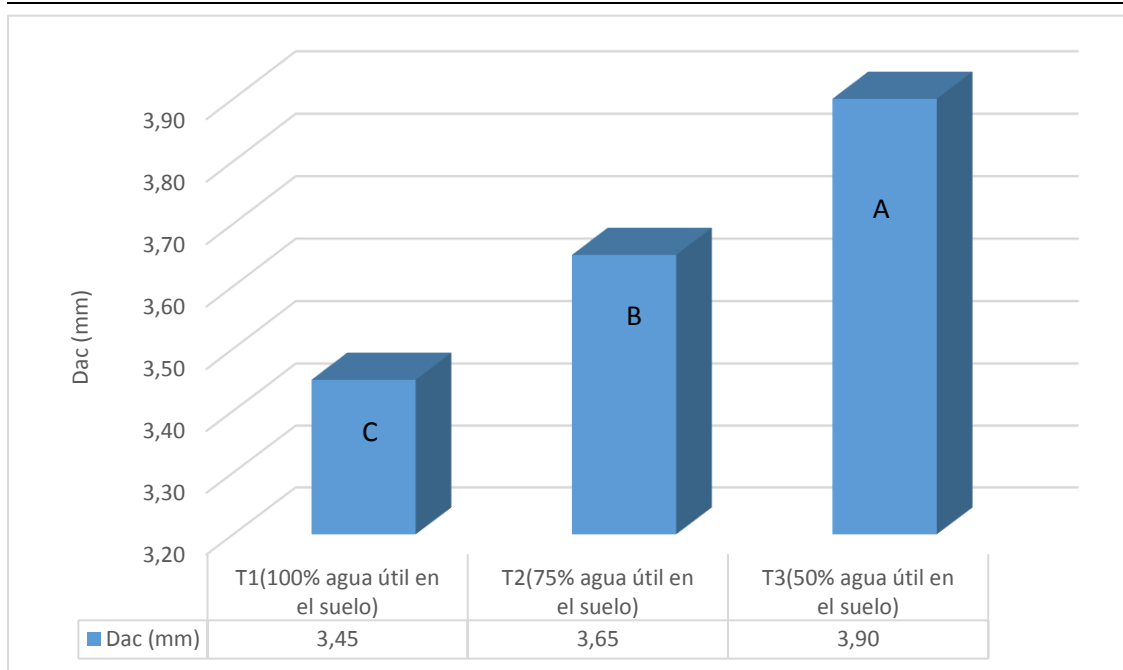


Gráfico 19-3. Diámetro a la altura del cuello (Dac) a los 227 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Los resultados obtenidos en el Gráfico 19-3 para el diámetro a la altura del cuello de la planta a los 227 DDR, presenta rangos; en el rango “A” resalta el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 3,90 mm, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 3,65 mm y el rango “C” se ubica el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 3,45 mm respectivamente.

Los diferentes diámetros a la altura del cuello que se muestran en el gráfico 19-3 se deben a las diferentes láminas aplicadas en cada uno de los tratamientos, En relación a esto (Martinelli, 2012) quien en investigaciones con la leguminosa (algarrobo) reportó valores mayores de diámetro en la planta con la aplicación de menores láminas de riego y frecuencia de riego, puesto que volúmenes mayores de agua en el suelo, se reflejan en un menor desarrollo en la planta.

Por otra parte (Steduto et al., 2012) quienes reportan que el exceso de agua puede causar daños en las relaciones hídricas de plantas de aguacate y con ello afectaciones en su funcionamiento tales como bajos niveles de oxígeno en el suelo, provocando afectaciones en el cuello de la planta y en sus funciones metabólicas.

3.3.4. *Crecimiento radicular de la planta*

3.3.4.1. *Crecimiento de la raíz (cm) a los 15 DDR.*

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 15 DDR (Tabla 28-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 5,77%.

Tabla 28-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 15 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,11	0,4444	ns
Repetición	2	0,44	0,1111	ns
Error	4	0,11		
Total	8			
C.V		5,77 %		

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.2. *Crecimiento de la raíz (cm) a los 140 DDR.*

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 140 DDR (Tabla 29-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 13,39%.

Tabla 29-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 140 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	11,44	0,1068	ns
Repetición	2	11,11	0,1111	ns
Error	4	2,78		
Total	8			
C.V	13,39%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.3. Crecimiento de la raíz (cm) a los 155 DDR.

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 155 DDR (Tabla 30-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 14,84%.

Tabla 30-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 155 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	12,44	0,2588	ns
Repetición	2	8,11	0,3767	Ns
Error	4	6,44		
Total	8			
C.V	14,84%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.4. Crecimiento de la raíz (cm) a los 177 DDR.

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 177 DDR (Tabla 31-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 14,61%.

Tabla 31-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 177 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	21,44	0,1941	ns
Repetición	2	20,11	0,2084	ns
Error	4	8,44		
Total	8			
C.V	14,61%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.5. Crecimiento de la raíz (cm) a los 196 DDR.

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 196 DDT (Tabla 32-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 14,07%.

Tabla 32-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 196 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	21,78	0,2238	ns
Repetición	2	37,44	0,1177	ns
Error	4	9,78		
Total	8			
C.V	14,07%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.6. Crecimiento de la raíz (cm) a los 211 DDR.

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 196 DDT (Tabla 33-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 12,61%

Tabla 33-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 196 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	40,78	0,1244	ns
Repetición	2	27,11	0,2029	ns
Error	4	11,11		
Total	8			
C.V	12,61%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.4.7. Crecimiento de la raíz (cm) a los 227 DDR.

El análisis de varianza para el crecimiento de la raíz a los 227 DDR (Tabla 34-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 12,74%

Tabla 34-3: Análisis de varianza para el crecimiento radicular de la planta a los 227 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	109,78	0,0624	ns
Repetición	2	34,74	0,2626	Ns
Error	4	18,28		
Total	8			
C.V	12,74%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.5. Conductividad estomática en las hojas

3.3.5.1. Conductividad estomática (mmol/m2s) a los 15 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 15 DDR (Cuadro 35-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 14,59%

Tabla 35-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 15 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	3097,03	0,1792	Ns
Repetición	2	27,45	0,9763	ns
Error	4	1137,06		
Total	8			
C.V	14,59%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.5.2. Conductividad estomática (mmol/m2s) a los 140 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 140 DDR (Tabla 36-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 16,59%

Tabla 36-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 140 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	2342,55	0,2082	Ns
Repetición	2	400,44	0,6902	ns
Error	4	982,89		
Total	8			
C.V	16,59%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y $<0.05 = *$ (significativo)

p-valor: <0.01 y $<0.05 = **$ (altamente significativo)

3.3.5.3. Conductividad estomática (mmol/m2s) a los 155 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 155 DDR (Tabla 37-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 11,85%.

Tabla 37-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 155 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	2989,44	0,0883	Ns
Repetición	2	983,02	0,3164	ns
Error	4	860,41		
Total	8			
C.V	11,85%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y $>0.05 = ns$ (no significativo)

p-valor: >0.01 y $<0.05 = *$ (significativo)

p-valor: <0.01 y $<0.05 = **$ (altamente significativo)

3.3.5.4. Conductividad estomática (mmol/m2s) a los 177 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 177 DDR (Tabla 38-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 12,51%.

Tabla 38-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 177 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	3474,99	0,1038	Ns
Repetición	2	252,49	0,7524	Ns
Error	4	825,80		
Total	8			
C.V	12,51%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.5.5. Conductividad estomática (mmol/m²s) a los 196 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 196 DDT (Tabla 39-3), se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 7,25%.

Tabla 39-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 196 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	4189,61	0,0151	*
Repetición	2	1062,72	0,1700	ns
Error	4	297,45		
Total	8			
C.V	7,25%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para tratamiento

Prueba de tukey al 5% para la conductividad estomática de la hoja a los 196 DDR.

Tabla 40-3: Prueba de tukey al 5% para la conductividad estomática de la hoja a los 196 DDR

Tratamiento	Media (mmol/m ² s)	Rango
T1	275,50	A
T2	237,23	A B
T3	200,77	B

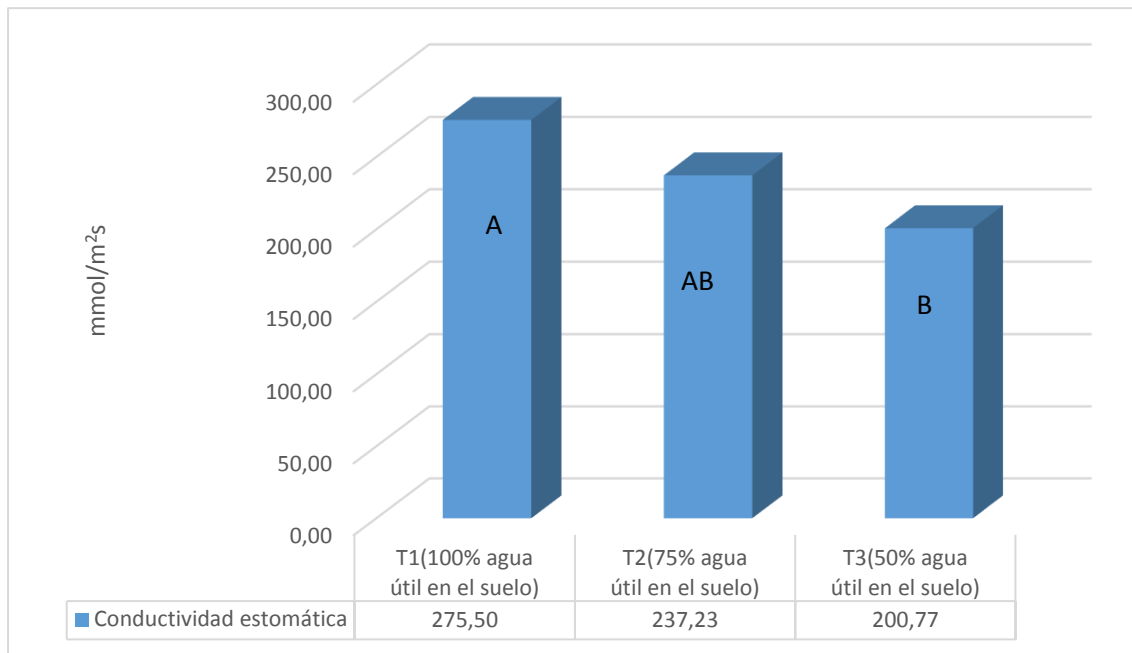


Gráfico 20-3. Conductividad estomática en las hojas a los 196 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En el gráfico 20-3 se visualiza los valores para la conductancia estomática en las hojas a los 196 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 275,50 (mmol/m²s), y en el rango “AB” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 237,23 (mmol/m²s), y el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) ocupa el rango “B” con una media de 200,77 (mmol/m²s), dichos valores se vieron influenciados por las láminas de riego aportadas en cada tratamientos

Dichos resultados difieren por los reportados por (Yetisir et al., 2006), donde sostienen que algunos procesos fisiológicos pueden ser afectados por limitación hídrica, uno de ellos la conductividad estomática se disminuye a medida que reduce la turgencia en las hojas a causa del cierre estomático (Rada et al., 2005). Por otra parte (Riveros, 2002), quien señala que a medida que las estomas se mantengan abiertos la velocidad de la conductividad estomática será mayor, caso contrario al presentarse una disminución de humedad en el suelo, los estomas tienden a cerrarse paulatinamente, provocando un descenso rápido en la conductividad estomática, aun así, los valores de conductividad estomática obtenidos en la presente investigación muestran lecturas altas, dando a entender que las plantas de guarango no entraron en un estrés hídrico, a su vez se conservaron dentro del rango de condiciones hídricas óptimas.

3.3.5.6. Conductividad estomática (mmol/m²s) a los 211 DDR.

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 211 DDR (Tabla 41-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 15,23%.

Tabla 41-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 211 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	5477,71	0,0903	Ns
Repetición	2	52,10	0,9566	ns
Error	4	1176,41		
Total	8			
C.V	15,23%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.5.7. Conductividad estomática (mmol/m2s) a los 227 DDR

El análisis de varianza para la conductividad estomática en las hojas a los 227 DDR (Tabla 42-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 18,65%.

Tabla 42-3: Análisis de varianza para la conductividad estomática de la hoja a los 227 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	3946,84	0,2406	ns
Repetición	2	5559,33	0,1648	ns
Error	4	1899,95		
Total	8			
C.V	18,65%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6. *Potencial hídrico de la planta*

3.3.6.1. *Potencial hídrico (bares) a los 15 DDR*

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 15 DDR (Tabla 43-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 15,43%.

Tabla 43-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 15 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	3,10	0,2154	ns
Repetición	2	1,07	0,5120	ns
Error	4	1,34		
Total	8			
C.V		15,43%		

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.2. *Potencial hídrico (bares) a los 140 DDR.*

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 140 DDR (Tabla 44-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 14,21%.

Tabla 44-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 140 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	1,48	0,4091	ns
Repetición	2	0,64	0,6452	ns
Error	4	1,31		
Total	8			
C.V		14,21%		

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.3. Potencial hídrico (bares) a los 155 DDR.

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 155 DDR (Tabla 45-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 7,85%.

Tabla 45-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 155 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	1,69	0,0922	ns
Repetición	2	0,64	0,2850	ns
Error	4	0,37		
Total	8			
C.V	7,85%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.4. Potencial hídrico (bares) a los 177 DDR.

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 177 DDR (Tabla 46-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 4,99%.

Tabla 46-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 177 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,92	0,0776	ns
Repetición	2	0,40	0,2189	ns
Error	4	0,18		
Total	8			
C.V	4,99%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.5. Potencial hídrico (bares) a los 196 DDR.

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 196 DDR. (Tabla 47-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 6,33%.

Tabla 47-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 196 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	1,55	0,0747	ns
Repetición	2	0,03	0,9011	ns
Error	4	0,29		
Total	8			
C.V	6,33%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.6. Potencial hídrico (bares) a los 211 DDR.

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 211 DDR (Tabla 48-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 9,51%.

Tabla 48-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 211 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	1,27	0,2374	ns
Repetición	2	0,58	0,4544	ns
Error	4	0,60		
Total	8			
C.V	9,51%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.6.7. Potencial hídrico (bares) a los 227 DDR.

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 227 DDR (Tabla 49-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 3,14%.

Tabla 49-3: Análisis de varianza para el potencial hídrico a los 227 DDR

F. V	gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	0,16	0,2020	Ns
Repetición	2	0,25	0,1189	ns
Error	4	0,07		
Total	8			
C.V	3,14%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7. Contenido relativo de agua en las hojas

3.3.7.1. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 15 DDR

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua en las hojas a los 15 DDR (Tabla 50-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 10,30%.

Tabla 50-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 15 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	122,08	0,2947	ns
Repetición	2	93,83	0,3685	ns
Error	4	72,48		
Total	8			
C.V	10,30%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7.2. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 140 DDR.

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 140 DDR (Tabla 51-3), se presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 1,98%.

Tabla 51-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 140 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	43,14	0,0166	*
Repetición	2	13,77	0,1002	ns
Error	4	3,19		
Total	8			
C.V	1,98%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

Se procede a realizar la prueba TUKEY al 5% para los tratamientos

Tabla 52-3: Prueba de tukey al 5% para el contenido relativo de agua a los 140 DDR

Tratamiento	Media (%)	Rango
T1	93,91	A
T2	90,22	A B
T3	86,33	B

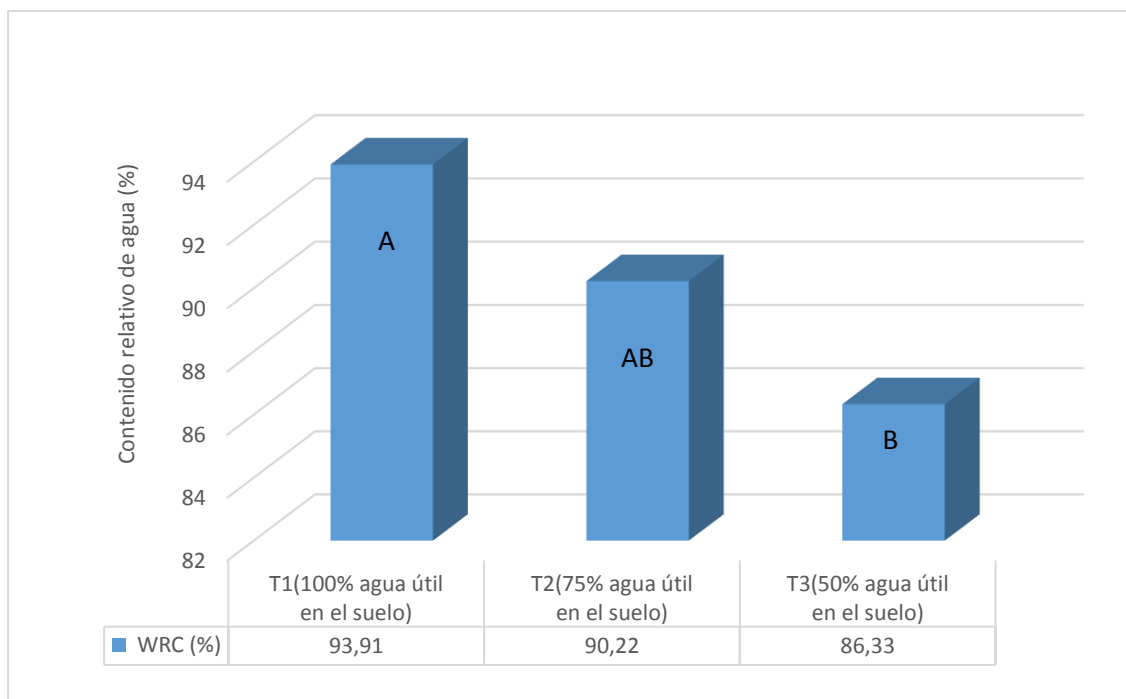


Gráfico 21-3. Contenido relativo de agua a los 140 DDR

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

En el Gráfico 21-3 se muestra que para el contenido relativo de agua a los 140 DDR, presenta rangos; en el rango “A” se ubica el Tratamiento 1 (T1=100% de agua útil en el suelo) con una media de 93,91%, en el rango “AB” se ubica el Tratamiento 2 (T2=75% de agua útil en el suelo) con una media de 90,22%, y en el rango “B” se ubica el Tratamiento 3 (T3=50% de agua útil en el suelo) con una media de 86,33%.

Las diferencias del contenido relativo de agua (WRC) estuvieron influenciadas por la aplicación de las diferentes láminas de riego que fueron aplicadas en cada uno de los tratamientos, el mayor porcentaje del contenido relativo de agua fue para las plantas con el 100% de agua útil en el suelo con 93,91%, mientras que el menor porcentaje lo obtuvieron las plantas con el 50% de agua útil en el suelo con un 86,33% respectivamente, los resultados obtenidos difieren con lo sustentado por (Kramer, 1974) quien afirma que con un déficit de agua en la superficie del suelo, reduce sustancialmente el contenido relativo de agua en las hojas. Sin embargo, los valores del contenido hídrico obtenidos en la presente investigación muestran porcentajes altos, indicando que las plantas de guarango no entraron a un estrés, es decir se conservaron dentro del rango de situaciones hídricas óptimas.

3.3.7.3. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 155 DDR

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 155 DDR (Tabla 53-3), no se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 13,28%.

Tabla 53-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 155 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	56,77	0,6148	Ns
Repetición	2	45,11	0,6732	Ns
Error	4	103,07		
Total	8			
C.V	13,28%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7.4. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 177 DDR

El análisis de varianza para el potencial hídrico a los 177 DDR (Tabla 54-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 6,55%.

Tabla 54-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 177 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	44,33	0,2948	ns
Repetición	2	16,94	0,5725	ns
Error	4	26,33		
Total	8			
C.V	6,55%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7.5. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 196 DDR

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 196 DDR (Tabla 55-3), no se presentó diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación 12,72%.

Tabla 55-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 196 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	82,79	0,4885	Ns
Repetición	2	31,37	0,7390	Ns
Error	4	96,06		
Total	8			
C.V	12,72%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7.6. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 211 DDR.

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 211 DDR (Tabla 56-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 7,44%.

Tabla 56-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 211 DDR

F. V	GI	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	38,5	0,3758	ns
Repetición	2	148,93	0,0856	Ns
Error	4	30,53		
Total	8			
C.V	7,44%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.7.7. Contenido relativo de agua (%WRC) a los 227 DDR.

El análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 227 DDR (Tabla 57-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 2,66%.

Tabla 57-3: Análisis de varianza para el contenido relativo de agua a los 227 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	11,71	0,1960	ns
Repetición	2	14,09	0,1581	ns
Error	4	4,65		
Total	8			
C.V	2,66%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

3.3.8. Porcentaje de materia seca de la planta

3.3.8.1. Materia seca de la planta (%MS) a los 227 DDR

El análisis de varianza para la materia seca a los 227 DDR (Tabla 58-3), no se presentó diferencias estadísticamente significativas, con un coeficiente de variación 4,63%.

Tabla 58-3: Análisis de varianza para la materia seca a los 227 DDR

F. V	Gl	CM	p-valor	Significancia
Tratamiento	2	12,89	0,2470	ns
Repetición	2	21,15	0,1413	ns
Error	4	6,37		
Total	8			
C.V	4,63%			

Realizado por: Condoy Giron, Vanessa, 2021.

Nota:

p-valor: >0.01 y >0.05 = ns (no significativo)

p-valor: >0.01 y <0.05 = * (significativo)

p-valor: <0.01 y <0.05 = ** (altamente significativo)

CONCLUSIONES

El ciclo total del cultivo para el guarango obtuvo una duración para el tratamiento 3 (50% de agua útil en el suelo) de 220 días después del repique, podemos destacar que, con un menor contenido de humedad en el suelo, se reflejó un mejor comportamiento en el crecimiento y desarrollo en la fase de vivero.

El coeficiente de cultivo (K_c) para *Caesalpinia spinosa* (guarango), bajo condiciones controladas en la Estación Experimental Tunshi, presentan los siguientes valores obtenidos de 0,16; 0,85; 0,84; 0,37 para la etapa inicial, desarrollo, intermedia y final respectivamente, bajo riego por goteo resultado del 50% de agua útil en el suelo para el periodo de 220 días en condiciones de vivero (T3).

Los valores de la evapotranspiración del cultivo de guarango (ET_c) establecidos mediante el método del tanque clase A, con un 50% de agua útil en el suelo, se reflejó los siguientes valores de 0,63; 2,94; 2,49; 1,40 mm/día para el periodo de 220 días en condiciones de vivero (T3).

Estadísticamente se demostró la presencia de diferencias significativas entre los parámetros biométricos: altura, diámetro a la altura del cuello, conductividad estomática en las hojas, contenido relativo de agua, señalando que en el tratamiento 3 con un 50% del agua útil en el suelo se logró un desempeño apreciable, destacándose el valor más alto registrado de altura de 7,47 cm, el diámetro a la altura del cuello registro un valor de 3,90 mm, así mismo el comportamiento en la conductividad estomática de las hojas presento un valor de 203,0 mmol/cm²s y el contenido relativo de agua en hojas alcanzo un valor alto de 79,93%, encontrándose influencia directa para los parámetros biométricos.

En cuanto al porcentaje de prendimiento, crecimiento radicular, potencial hídrico y el porcentaje de materia seca, en función a las diferentes láminas irrigadas (100,75, 50% de agua útil en el suelo) se demostró que no existe diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio. Sin embargo, los valores promedios más sobresalientes para estas variables se consiguieron con el tratamiento 3 con el 50% de agua útil en el suelo.

RECOMENDACIONES

Es necesario que se extienda el periodo de evaluación en etapa de vivero, y de este modo se puedan identificar diferencias en los crecimientos del guarango y su interacción con las láminas de riego utilizadas, ya que según en el marco bibliográfico esta especie posee un crecimiento lento en fases juveniles.

En base a los resultados logrados en el presente trabajo de investigación, sería provechoso realizar el mismo trabajo a nivel de plantación en campo abierto en situaciones controladas, y de esta manera establecer el requerimiento hídrico en otras zonas de producción de guarango.

Se requiere el establecimiento de coeficientes de cultivo en el guarango para tener optimas estimaciones sobre el requerimiento hídrico de *Caesalpinia spinosa* en la fase de vivero.

En otras investigaciones estimar más niveles en las variaciones de agua disponible para *Caesalpinia spinosa* con el propósito de extender estadísticamente las diferencias en el crecimiento y desarrollo en etapa de vivero.

Ejecutar trabajos de investigación que permitan determinar los requerimientos hídricos (ET_c, K_c) para otras especies forestales de interés comercial en etapa de vivero, para otras zonas con diferentes condiciones climatológicas y de esta manera poder estipular las necesidades hídricas con mayor precisión.

GLOSARIO

Rhizotrón: es un contenedor de pared transparente que le permite al investigador observar las raíces de la misma planta y su rizósfera durante su crecimiento, las plantas son cultivadas en el espacio adyacente a la ventana del rizotrón, de manera tal que una cierta cantidad de las raíces interceptan la ventana y pueden ser observadas.

Almácigo o Semillero: es un sitio donde generalmente se almacenan y se siembran las semillas de los cultivos. Esta especialmente diseñada para que la semilla germine sin dificultad y crezca lo suficiente para que pueda ser trasplantada exitosamente.

Capacidad de campo (CC): es el contenido de agua con que queda un suelo, después de haber sido regado abundantemente y haber drenado libremente por 24 a 48 horas.

Punto de marchitez permanente (PMP): es la condición de humedad de suelo en que las plantas no logran absorber el agua o bien lo hacen con extrema dificultad, experimentando una marchitez irreversible.

Umbral de riego: es un criterio de riego convencional que consiste en regar cada vez que se agotado un porcentaje de la humedad aprovechable del suelo.

Porómetro de hoja: es un dispositivo que se usa para medir la conductancia estomática de las hojas, esta técnica mide la presión de vapor y el flujo de vapor sobre la superficie de la hoja.

Cámara de Scholander: Una bomba de presión o bomba Scholander es un instrumento utilizado para medir el potencial hídrico aproximado de los tejidos de una planta.

Contenido hídrico relativo (WRC): es la expresión más usada para medir el nivel de agua de un tejido. Es una medida del contenido de agua respecto al total de agua que este puede almacenar, se expresa como porcentaje y permite conocer el estado hídrico de la planta.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., y SMITH, M., *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* [en línea]. Roma: FAO, 2006. vol. 56, pp. 322. ISSN 0254-5293.

AMAGUAÑA, S., & LLAMBA, E. Diseño e implementación de la fase inicial de un sistema de manejo sustentable para suelo y agua en el sector sur oeste de la UPS. [en línea] (Tesis de grado). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana. 2013. [Consulta: 25 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5172>.

BANNISTER, J., DONOSO, P., & MUJICA, R. La silvicultura como herramienta para la restauración de bosques templados-Bosque (Valdivia) [en línea], 2016. vol. 37, no. 2, pp. 229-235. [Consulta: 31 diciembre 2020] ISSN 0717-9200. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163346307>.

BASANTES, E. Silvicultura y fisiología vegetal aplicada [en línea]. 2016. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. [Consulta: 30 enero 2020] ISBN 978-9978-301-36-4. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11686/1/Silvicultura.pdf>.

CALVACHE, M. Manejo del Agua: Principios Fundamentales. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo [en línea] (Tesis de grado). (Maestría) Universidad Central del Ecuador, Ecuador-Manabí. 2002. pp. 25. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES.

CALVACHE, M. Manejo del Agua: Principios Fundamentales. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo [en línea] (Tesis de grado). (Maestría) Universidad Central del Ecuador, Manabí-Ecuador. 2002. pp. 28-30. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303691521_MANEJO_DEL_AGUA_PRINCIPIOS_FUNDAMENTALES.

CARAVIA, E. Evaluación de medios de cultivo para la micro propagación de algarrobo tropical (*prosopis pallida*) h.b.k. Quito, Pichincha. [en línea] (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 2013. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/989/1/T-UCE-0004-14.pdf>.

CASTILLO, M., & LEMA, L. Determinación del proceso para la obtención de taninos a partir del fruto del guarango para la utilización en curtiembre [en línea] (Tesis de grado). Universidad

Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2011. [Consulta: 28 noviembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/389>.

CISNEROS, R. Apuntes de la materia de riego y drenajes. centro de Investigación y estudios de Posgrado y Área Agrogeodésica [en línea] Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2003. [consulta: 29 diciembre 2020]. disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/hablemos-de-riego-low.pdf>.

CONGOPE. *Hablemos de Riego*. [en línea]. Quito-Ecuador, 2014. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>.

DE LA CRUZ, P. "Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa* - *Caesalpinia tinctoria*". Revista del Instituto de Investigación de la facultad de ingeniería geológica, minera, metalúrgica y geográfica [en línea]. 2010, vol. 7, no. 1561-0888, pp. 64-73. [Consulta: 29 noviembre 2020]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/733>.

DÍAZ, M. Desarrollo de metodologías para el estudio de raíces (Tesis de grado) (Maestría). [en línea]. Universidad de Chile. Santiago-Chile. 2013. [Consulta: 29 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/147946/Di%CC%81az-%20Desarrollo%20metodologi%CC%81as%20%282013%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FABARA, V., & DE LA TORRE, R. Estudio de factibilidad para la producción de guarango (*Caesalpinia spinosa*) en el cantón de Guano - Chimborazo - Ecuador (Tesis de grado). [en línea] Universidad de San Francisco de Quito. Quito-Ecuador. 2012. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2350>.

FERNANDEZ, H., FERNANDEZ, A., & ALVAREZ, A.F. Manual de propagación de plantas superiores [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Metropolitana. México, 2016. ISBN 978-607-28-1054-9. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/manual_plantas.pdf.

GUEDEA, G., ARRIAGA, A. & DE LA CRUZ, G. "El efecto de Maceta y el Rizotróf: Una herramienta para la investigación y docencia". Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente [en línea], 2001, vol. (2), pp. 115-121. [Consulta: 20 diciembre 2020]. Disponible en: idalc.net/cgi-

bin/wxis.exe/?IsisScript=TEMAS.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mf=004193.

GUTIÉRREZ, J. Comparación de Cinco Métodos para la Determinación del Contenido de Humedad del Suelo (Tesis de grado). [en línea] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 2001. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5490/T12906%20GUTIERREZ%20MU%C3%B1OZ,%20JUSTINO%20TESIS.pdf?sequence=1>.

HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida [en línea]. San José-Costa Rica: IICA, 1979. ISBN 92-9039-131 6. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3Vm2TCjM_MC&oi=fnd&pg=PR9&dq=zonas+de+vida+holdridge&ots=oO8HYyZIEI&sig=YIEJOMTTFs1aoC4X8HFeB0hsQqI#v=onepage&q=zonas%20de%20vida%20holdridge&f=false.

HUERTAS, L. "El control ambiental en invernaderos: humedad relativa" [en línea]. Hortícola, 2008, vol. (205), pp. 52-54.

HURTADO, L. FUNDAMENTOS DEL RIEGO [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Lima-Perú, 2016. p.72.

JÁTIVA, S. Determinación del contenido de tanino procedente del guarango (*Caesalpinia spinosa*) y evaluación de su uso como fungicida (Tesis de grado). [en línea] Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. 2011. [Consulta: 27 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4372>.

JORDÁN, A. Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante foliar 25-16-12 en el crecimiento de plantas de *caesalpinia spinosa* (guarango), parroquia la península, cantón Ambato, provincia de Tungurahua (Tesis de grado). [en línea] Universidad Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2017. p. 20. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/7666/1/33T0172.pdf>.

LARA, R., & CHASI, W. Evaluación de métodos de producción de plántulas de Guarango (*caesalpinia spinosa*), en el vivero experimental CEASA de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Tesis de grado). [en línea] Universidad Técnica de Cotopaxi. Cotopaxi-Ecuador. 2019. [Consulta: 28 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5269>.

LARDIZABAL, R. Producción de plántulas en bandejas. Cuenta del Desafío del Milenio de Honduras: MCA-Honduras, 2007. [Consulta: 28 de diciembre 2020]. Disponible en:

http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/75/EDA_Manual_Produccion_Plantulas_08_07.pdf?sequence=1.

LEÓN, J. *Texto básico riego tecnificado*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Chimborazo –Ecuador, 2008, pp. 20-25.

LEÓN, J. *Riegos y drenajes*. Riobamba-Ecuador: Copycenter, 2012, p. 10.

LEÓN, J. Determinación de requerimientos hídricos en el cultivo de lechuga (*lactuca sativa*) var. Winterhaven en base al tanque de evaporación tipo a y fórmulas empíricas (FAO) en Macaji, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (Tesis de grado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba- Ecuador. 2018. [Consulta: 29 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8729/1/13T0861.pdf>.

LÓPEZ, M., & HIDROBO, J. Determinación de la confiabilidad de los métodos de ollas isobáricas y centrífugas para la determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Tesis de grado). [en línea] Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 2016. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8068>.

MAFLA, H., MORENO, D., SANTIAGO, L., & NIETO, J. Manejo e interpretación de variables del clima y de agro-meteorología desde la finca del agricultor, ante los efectos de la ola invernal, 2011. pp. 36.

MARIÑO, Y., & RODRÍGUEZ, M. Vista del punto de marchitez permanente (PMP) en melina (*Gmelina arborea* L. Roxb) para la Costa Caribe colombiana: ¿una característica para la selección de clones?, *Ciencia y Tecnología agropecuaria*, 2010, vol. (11), no. 2, pp. 6.

MARTÍNEZ, A. “Necesidades hídricas en cultivos hortícolas”. *Industria Hortícola*, 2014, vol. 2, pp. 34-40.

MARTÍNEZ, Y., & VILLALEJO, V. "La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos". *Ingeniería hidráulica y ambiental*. [en línea], (2018), Cuba vol. (39), pp. 58-72. [Consulta: 15 de febrero 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en.

MITMA, S. Requerimiento hídrico y programación de riego en el cultivo de tara (*Caesalpinia spinosa*). Pacaycasa - Ayacucho 2760 msnm (Tesis de grado). [en línea] Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho-Perú. 2015. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/3121/TESIS%20AG1197_Mit.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MONDRAGÓN, G. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Caesalpinia spinosa*, *Sapindus saponaria* y *Tecoma stans* en diferentes sustratos durante su propagación en vivero (Tesis de grado). [línea] Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2641/K10-M6553-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OCAÑA, D., JAP, R., BARAHONA, E., & PRETELL, J. Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana. [en línea]. FAO, 1985. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/12c422c8aa414da8fe966053bdf73f9.pdf>.

OLIVA, A., OLIVA, M., VACALLA, F., PÉREZ, D., TUCTO, A., & PINEDO, G. Vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa para producción en viveros forestales [en línea]. Amazonas - Perú IIAP. 2017. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL1419.pdf>.

PIZARRO, J. Gestión de la demanda y oferta de agua de riego en el ámbito de la irrigación Sisa – San Martín (Tesis de grado) (Doctorado). [en línea] Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú. 2010. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5587/Tesis%20Doctorado%20-%20Jos%c3%a9%20del%20Carmen%20Pizarro%20Baldera.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

QUINAPALLO, T., & VÉLEZ, N. Propagación sexual y asexual de cuatro especies forestales promisorias del bosque seco del cantón Zapotillo, provincia de Loja (Tesis de grado). [en línea] Universidad Nacional de Loja. Loja - Ecuador. 2013. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/5245/1/TESIS%20PROPAGACI%C3%92N%20SEXUAL%20Y%20ASEXUAL%20QUINAPALLO%20-%20VELEZ.pdf>.

RUBIO, H., OCHOA, J.M., ORTIZ, R.C., QUINTANA, R.M., SAUCEDO, R.A. & VILLALBA, M. de L. "Calidad de agua en términos físico-químico-metales en tres sitios contrastantes del río Conchos en Chihuahua". Investigación y Ciencia [en línea], 2017, (México) vol. (25), no. 70. [Consulta: 15 julio 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/674/67451351002/html/index.html>.

SALAZAR, A. Inventariación evolución de árboles de guarango (*Caesalpinia spinosa*) y determinación de áreas potenciales para su cultivo en cuatro comunidades del cantón Guano (Tesis de grado). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.

2011. [Consulta: 20 julio 2020]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/777/1/33T0082.pdf>.

SANTANA, R. Efecto de cuatro láminas de riego en la producción de limón sutil (*Citrus aurantifolia*) en el sector de la ponga, parroquia Colonche, provincia de Santa Elena (Tesis de grado). [en línea] Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena-Ecuador. 2020. [Consulta: 25 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5535/1/UPSE-TIA-2020-0016.pdf>.

SILVA, R., & MUNIME, H. Capacidad de retención del agua disponible en suelos agrícolas de acuerdo a la textura y al contenido de materia orgánica, transecto Huaura-Mazo (Tesis de grado). [en línea] Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima-Perú. 2020. [Consulta: 25 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucss.edu.pe/handle/UCSS/837>.

VALLADARES, S., & ARTEAGA, B. Estudio de factibilidad para la implementación de una finca productora de guaranga (*Caesalpinia spinosa*) en el sector de San Guillermo, Imbabura, Ecuador (Tesis de grado). [en línea] Universidad Politécnica Salesiana. Quito-Ecuador. 2015. [Consulta: 29 julio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9830/1/UPS-YT00240.pdf>.

VARELA, S., & ARANA, V. "Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pre germinativos". INTA EEA Bariloche. [en línea], 2011, p. 10. [Consulta: 10 agosto 2021]. ISSN 1853-4775. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf.

VEGA, C. Silvicultura y comercialización de la tara (*Caesalpinia spinosa*- *feuillée ex molina kuntze*) (Tesis de grado). [en línea] Universidad Nacional de Cajamarca. Jaén-Perú. 2019. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3203/M016_42487222_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

VERGARA, A., MERCADO, T., JARMA, A., & GATTI, K. "Requerimiento hídrico de *Gmelina arborea* en etapa de vivero bajo condiciones controladas". *Floresta e Ambiente*, 24 [en línea], 2017, (Colombia). [Consulta: 28 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/floram/a/bW5X7nRnns9C4SX3gDZmQDG/?lang=es&format=html>.

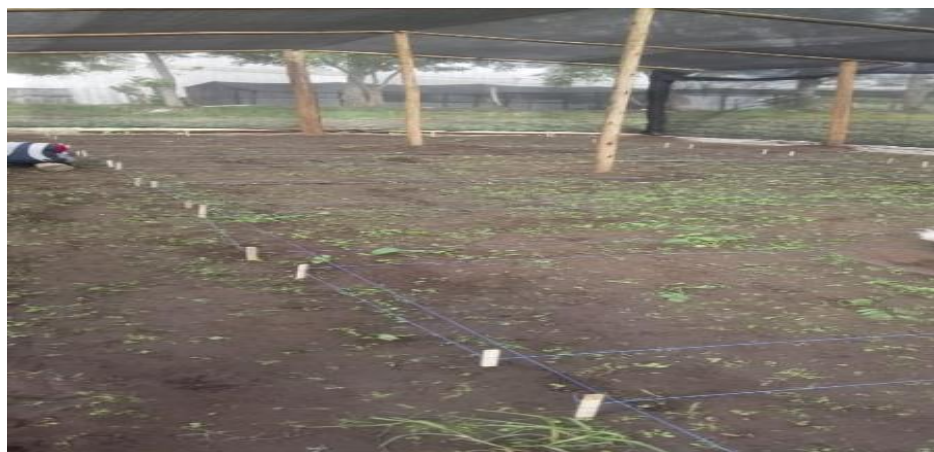
ZURITA, S. Producción del cultivo de pepino (*cucumis sativus*) aplicando diferentes láminas de riego por goteo bajo invernadero en la finca la María de la UTEQ (Tesis de grado). [en línea] Universidad Técnica Estatal de Quevedo. (Quevedo-Ecuador). 2016. [Consulta: 31 agosto 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4611>.

ANEXOS

ANEXO A: PREPARACIÓN DEL ÁREA PARA LA INVESTIGACIÓN.



ANEXO B: INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.





ANEXO C: DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS HIDRICOS DEL SUSTRATO.



ANEXO D: LLENADO DE FUNDAS, REPIQUE Y APLICACIÓN DEL ENRAIZANTE.



ANEXO E: MUESTRAS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUSTRATO.

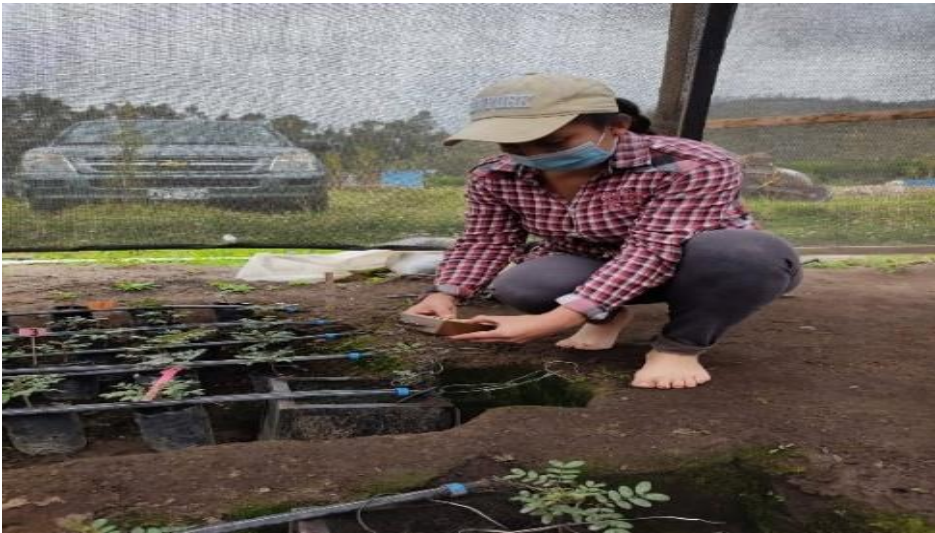




ANEXO F: OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS CLIMÁTICOS.



ANEXO G: APLICACIÓN DE RIEGO, FERTILIZACIÓN Y MONITOREO DEL ENSAYO.



ANEXO H: MEDICIÓN DE LAS VARIABLES A EVALUAR.





ANEXO I: MEDICIÓN DE LAS PLANTAS EN ESTUDIO.





ANEXO J: PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO DE GUARANGO A LOS 15 DDR.

		TRATAMIENTO 1			
Total, plantas/Repetición	100% agua útil	R1	R2	R3	
36		35	36	35	
		TRATAMIENTO 1			
		R1	R2	R3	% Prendimiento
tratamiento 1		97,2%	100%	97,2%	98,15%
		TRATAMIENTO 2			
Total, plantas/Repetición	75% agua útil	R1	R2	R3	
36		35	36	36	
		TRATAMIENTO 2			
		R1	R2	R3	% Prendimiento
tratamiento 2		97,2%	100%	100,0%	99,07%
		TRATAMIENTO 3			
Total, plantas/Repetición	50% agua útil	R1	R2	R3	
36		36	36	35	
		TRATAMIENTO 3			
		R1	R2	R3	% Prendimiento
tratamiento 3		100%	100,0%	97,2%	99,07%

ANEXO K: COEFICIENTES DE CULTIVO (KC) EN LA ETAPA DE VIVERO PARA EL GUARANGO.

Coeficiente de cultivo (Kc)				
Tratamiento	Etapas Inicial	Etapas de Desarrollo	Etapas Intermedia	Etapas Final
T1 (100% agua útil)	0,15	0,85	0,81	0,32
T2(75% agua útil)	0,15	0,85	0,82	0,34
T3 (50% agua útil)	0,16	0,85	0,84	0,37

ANEXO L: EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c) DEL GUARANGO EN ETAPA DE VIVERO.

ET _c (mm/día)				
Tratamientos	Etapas Inicial	Etapas de Desarrollo	Etapas Intermedia	Etapas Final
T1(100% agua útil)	0,63	2,95	2,49	1,40
T2(75% agua útil)	0,62	2,96	2,46	1,29
T3(50% agua útil)	0,61	2,94	2,39	1,17

ANEXO M: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 15 DDR.

Altura 15 DDR				Dac 15 DDR			
Tratamiento	Repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	Repetición	Dac (mm)	Media
T1	1	5,0	5,03	T1	1	1,95	1,95
T1	2	5,1		T1	2	1,95	
T1	3	5,0		T1	3	1,96	
T2	1	5,0	5,10	T2	1	1,97	1,96
T2	2	5,1		T2	2	1,97	
T2	3	5,2		T2	3	1,95	
T3	1	5,2	5,17	T3	1	1,97	1,97
T3	2	5,2		T3	2	1,99	
T3	3	5,1		T3	3	1,97	

ANEXO N: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 140 DDR.

Altura 140 DDR				Dac 140 DDR			
Tratamiento	Repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	Repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	5,5	5,5	T1	1	2,66	2,60
T1	2	5,5		T1	2	2,50	
T1	3	5,5		T1	3	2,65	
T2	1	5,7	5,7	T2	1	2,70	2,68
T2	2	5,8		T2	2	2,64	
T2	3	5,6		T2	3	2,72	
T3	1	5,9	5,9	T3	1	2,81	2,90
T3	2	5,9		T3	2	2,92	
T3	3	5,9		T3	3	2,96	

ANEXO O: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 155 DDR.

Altura 155 DDR				Dac 155 DDR			
Tratamiento	repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	5,8	5,9	T1	1	2,9	2,95
T1	2	5,9		T1	2	2,9	
T1	3	5,9		T1	3	3,1	
T2	1	6,0	6,0	T2	1	3,1	3,10
T2	2	6,1		T2	2	3,1	
T2	3	6,0		T2	3	3,1	
T3	1	6,2	6,3	T3	1	3,3	3,30
T3	2	6,3		T3	2	3,3	
T3	3	6,3		T3	3	3,3	

ANEXO P: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 177 DDR.

Altura 177 DDR				DAC 177 DDR			
Tratamiento	repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	6,1	6,2	T1	1	3,0	3,20
T1	2	6,2		T1	2	3,3	
T1	3	6,2		T1	3	3,3	
T2	1	6,3	6,3	T2	1	3,3	3,35
T2	2	6,4		T2	2	3,4	
T2	3	6,3		T2	3	3,3	
T3	1	6,5	6,5	T3	1	3,6	3,57
T3	2	6,5		T3	2	3,6	
T3	3	6,6		T3	3	3,6	

ANEXO Q: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 196 DDR.

Altura 196 DDR				Dac 196 DDR			
Tratamiento	repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	6,3	6,5	T1	1	3,3	3,34
T1	2	6,5		T1	2	3,4	
T1	3	6,5		T1	3	3,3	
T2	1	6,6	6,6	T2	1	3,5	3,50
T2	2	6,6		T2	2	3,5	
T2	3	6,7		T2	3	3,5	
T3	1	6,8	6,6	T3	1	3,7	3,70
T3	2	6,5		T3	2	3,7	
T3	3	6,6		T3	3	3,7	

ANEXO R: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 211 DDR.

Altura 211 DDR				Dac 211 DDR			
Tratamiento	repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	6,6	6,7	T1	1	3,4	3,40
T1	2	6,7		T1	2	3,5	
T1	3	6,9		T1	3	3,4	
T2	1	6,9	7,0	T2	1	3,6	3,60
T2	2	7,0		T2	2	3,6	
T2	3	7,0		T2	3	3,6	
T3	1	7,2	7,2	T3	1	3,8	3,81
T3	2	7,2		T3	2	3,8	
T3	3	7,2		T3	3	3,8	

ANEXO S: DATOS DEL DESARROLLO DE LAS PLÁNTULAS A LOS 227 DDR.

Altura 227 DDR				Dac 227 DDR			
Tratamiento	repetición	Altura (cm)	Media	Tratamiento	repetición	DAC (mm)	Media
T1	1	6,9	7,0	T1	1	3,4	3,45
T1	2	7,1		T1	2	3,5	
T1	3	7,1		T1	3	3,4	
T2	1	7,2	7,29	T2	1	3,7	3,65
T2	2	7,3		T2	2	3,7	
T2	3	7,3		T2	3	3,6	
T3	1	7,5	7,47	T3	1	3,9	3,90
T3	2	7,4		T3	2	3,9	
T3	3	7,5		T3	3	3,9	

ANEXO T: CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 15 y 140 DDR.

Raíz 15 DDR				Raíz 140 DDR			
Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media	Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media
T1	1	5	5,7	T1	1	9	11,00
T1	2	6		T1	2	15	
T1	3	6		T1	3	9	
T2	1	5	5,7	T2	1	11	11,67
T2	2	6		T2	2	14	
T2	3	6		T2	3	10	
T3	1	6	6,0	T3	1	14	14,67
T3	2	6		T3	2	15	
T3	3	6		T3	3	15	

ANEXO U: CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 155 y 177 DDR.

Raíz 155 DDR				Raíz 177 DDR			
Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media	Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media
T1	1	13	15,33	T1	1	15	17,33
T1	2	19		T1	2	21	
T1	3	14		T1	3	16	
T2	1	15	16,67	T2	1	21	19,67
T2	2	20		T2	2	23	
T2	3	15		T2	3	15	
T3	1	21	19,33	T3	1	26	22,67
T3	2	18		T3	2	22	
T3	3	19		T3	3	20	

ANEXO V: CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 196 y 211 DDR.

Raíz 196 DDR				Raíz 211 DDR			
Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media	Tratamiento	repetición	raíz (cm)	Media
T1	1	16	19,33	T1	1	20	23,00
T1	2	25		T1	2	28	
T1	3	17		T1	3	21	
T2	1	23	22,67	T2	1	28	26,00
T2	2	28		T2	2	30	
T2	3	17		T2	3	20	
T3	1	26	24,67	T3	1	32	30,33
T3	2	25		T3	2	30	
T3	3	23		T3	3	29	

ANEXO W: CRECIMIENTO RADICULAR DE LAS PLÁNTULAS A LOS 227 DDR.

Raíz 227 DDR			
Tratamiento	Repeticion	raíz (cm)	Media
T1	1	27	28,00
T1	2	31	
T1	3	26	
T2	1	32	32,67
T2	2	39	
T2	3	27	
T3	1	46	40,00
T3	2	38	
T3	3	36	

ANEXO X: CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 15 DDT Y 140 DDR.

Conductividad estomática 15 DDR				Conductividad estomática 140 DDR			
Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media	Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media
1	1	249,40	264,2	1	1	198,60	216,6
1	2	260,40		1	2	265,30	
1	3	282,70		1	3	185,80	
2	1	258,50	229,0	2	1	210,30	189,7
2	2	195,70		2	2	180,34	
2	3	232,80		2	3	178,50	
3	1	195,50	200,0	3	1	145,80	160,7
3	2	233,90		3	2	160,46	
3	3	170,60		3	3	175,82	

ANEXO Y: CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 155 DDT Y 177 DDR.

Conductividad estomática 155 DDR				Conductividad estomática 177 DDR			
Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media	Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media
1	1	209,70	248,43	1	1	266,40	267,27
1	2	237,40		1	2	280,10	
1	3	298,20		1	3	255,30	
2	1	203,90	197,20	2	1	225,90	220,77
2	2	188,50		2	2	197,80	
2	3	199,20		2	3	238,60	
3	1	177,60	190,87	3	1	178,90	200,97
3	2	195,70		3	2	242,80	
3	3	199,30		3	3	181,20	

ANEXO Z: CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 196 DDT Y 211 DDR.

Conductividad estomática 196 DDR				Conductividad estomática 211 DDR			
Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media	Tratamiento	repetición	mmol/cm ² s	Media
1	1	268,50	275,5	1	1	263,50	273,6
1	2	283,00		1	2	297,50	
1	3	275,00		1	3	259,70	
2	1	195,40	237,2	2	1	188,70	209,5
2	2	271,10		2	2	200,80	
2	3	245,20		2	3	238,90	
3	1	188,00	200,8	3	1	232,30	192,6
3	2	208,70		3	2	182,80	
3	3	205,60		3	3	162,60	

ANEXO AA: CONDUCTIVIDAD ESTOMÁTICA EN LAS HOJAS A LOS 227 DDR.

Conductividad estomática 227 DDR			
Tratamiento	repetición	mmol/cm2s	Media
1	1	270,80	273,8
1	2	281,20	
1	3	269,30	
2	1	150,50	224,6
2	2	273,40	
2	3	249,80	
3	1	132,50	203,0
3	2	201,70	
3	3	274,80	

ANEXO BB: POTENCIAL HIDRÍCO FOLIAR A LOS 15 Y 140 DDR.

Potencial hídrico 15 DDR				Potencial hídrico 140 DDR			
Tratamiento	repetición	bares	Media	Tratamiento	repetición	bares	Media
1	1	8,0	6,50	1	1	8,5	7,40
1	2	5,5					
1	3	6,0					
2	1	8,5	7,50	2	1	6,5	8,00
2	2	8,0					
2	3	6,0					
3	1	8,0	8,53	3	1	8,5	8,80
3	2	8,6					
3	3	9,0					

ANEXO CC: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 155 Y 177 DDR.

Potencial hídrico 155 DDR				Potencial hídrico 177 DDR			
Tratamiento	repetición	bares	Media	Tratamiento	repetición	bares	Media
1	1	8,0	7,00	1	1	7,5	7,87
1	2	6,0					
1	3	7,0					
2	1	7,4	7,70	2	1	8,1	8,53
2	2	7,6					
2	3	8,1					
3	1	8,5	8,50	3	1	8,5	8,97
3	2	8,0					
3	3	9,0					

ANEXO DD: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 196 Y 211 DDR.

Potencial hídrico 196 DDR				Potencial hídrico 211 DDR			
Tratamiento	repetición	bares	Media	Tratamiento	repetición	bares	Media
1	1	8,5	7,77	1	1	7,5	7,50
1	2	7,5		1	2	6,5	
1	3	7,3		1	3	8,5	
2	1	8,2	8,60	2	1	8,0	8,20
2	2	8,6		2	2	7,6	
2	3	9,0		2	3	9,0	
3	1	9,2	9,20	3	1	8,5	8,80
3	2	9,4		3	2	9,4	
3	3	9,0		3	3	8,5	

ANEXO EE: POTENCIAL HIDRÍCO EN LA HOJA A LOS 227 DDR.

Potencial hídrico 227 DDR			
Tratamiento	repetición	bares	Media
1	1	7,5	7,97
1	2	7,8	
1	3	8,6	
2	1	8,2	8,33
2	2	8,3	
2	3	8,5	
3	1	8,4	8,40
3	2	8,2	
3	3	8,6	

ANEXO FF: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 15 Y 140 DDR.

Contenido relativo agua 15 DDR				Contenido relativo agua 140 DDR			
Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media	Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media
1	1	92,37	87,19	1	1	97,13	93,91
1	2	86,12		1	2	90,10	
1	3	83,08		1	3	94,50	
2	1	87,38	85,46	2	1	92,24	90,22
2	2	84,99		2	2	88,85	
2	3	84,00		2	3	89,58	
3	1	82,80	75,37	3	1	88,33	86,33
3	2	58,55		3	2	86,48	
3	3	84,78		3	3	84,17	

ANEXO GG: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 155 Y 177 DDR.

Contenido relativo agua 155 DDR				Contenido relativo agua 177 DDR			
Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media	Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media
1	1	94,23	80,91	1	1	82,78	82,59
1	2	71,79		1	2	86,83	
1	3	76,71		1	3	78,15	
2	1	75,00	76,21	2	1	82,78	77,36
2	2	76,91		2	2	71,16	
2	3	76,71		2	3	78,15	
3	1	69,88	72,22	3	1	77,02	75,09
3	2	83,73		3	2	70,42	
3	3	63,05		3	3	77,83	

ANEXO HH: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 196 Y 211 DDR.

Contenido relativo agua 196 DDR				Contenido relativo agua 211 DDR			
Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media	Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media
1	1	70,87	81,57	1	1	71,47	78,38
1	2	96,04		1	2	88,40	
1	3	77,80		1	3	75,28	
2	1	82,82	78,26	2	1	74,40	72,84
2	2	73,91		2	2	80,76	
2	3	78,06		2	3	63,35	
3	1	66,67	71,28	3	1	63,72	71,68
3	2	69,26		3	2	78,11	
3	3	77,91		3	3	73,20	

ANEXO II: CONTENIDO RELATIVO DE AGUA EN LAS HOJAS A LOS 227 DDR.

Contenido relativo agua 227 DDR			
Tratamiento	repetición	Wrc (%)	Media
1	1	83,84	83,50
1	2	84,28	
1	3	82,39	
2	1	81,42	80,26
2	2	81,91	
2	3	77,45	
3	1	84,56	79,93
3	2	78,19	
3	3	77,03	

ANEXO JJ: PORCENTAJE DE MATERIA SECA A LOS 227 DDR.

porcentaje de materia seca 227 DDR			
Tratamiento	repetición	materia seca (%)	Media
1	1	56,66	52,6
1	2	49,93	
1	3	51,29	
2	1	54,20	54,06
2	2	54,48	
2	3	53,52	
3	1	61,27	56,7
3	2	52,11	
3	3	56,76	




**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y
RECURSOS DEL
APRENDIZAJE**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y
BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 25 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DE LA AUTORA	
Nombres – Apellidos: VANESSA MISHEL CONDOY GIRON	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: RECURSOS NATURALES	
Carrera: INGENIERÍA FORESTAL	
Título a optar: INGENIERA FORESTAL	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> ELIZABETH FERNANDA AREVALO MEDINA



2120-DBRAI-UPT-2021