

Efecto de los abonos tradicionales, industriales y soluciones de sacarosa en la germinación y desarrollo de *Erythrina edulis*

Effects of traditional, industrial fertilizers, and sucrose solutions on germination and development of *Erythrina edulis*

Astrid Marín Olarte¹, Jorge Armando Payares Lamprea², Vladimir Minorta Cely³ y Yesid Mariño⁴

Cómo citar:

Marín Olarte, A., Payares Lamprea, J. A., Minorta Cely, V., & Mariño, Y. (2021). Efecto de los abonos tradicionales, industriales y soluciones de sacarosa en la germinación y desarrollo de *Erythrina edulis*. *Ingeciencia*, 6, 74-90

¹ Estudiante de Biología de la Universidad Central. Correo: amarino@ucentral.edu.co

² Estudiante de Biología de la Universidad Central. Correo: jpayaresl@ucentral.edu.co

³ Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Central. Correo: vminortac@ucentral.edu.co

⁴ Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Universidad Central. Correo: ymarinom@ucentral.edu.co

Resumen

A partir del uso de abono tradicional e industrial, y diferentes soluciones con sacarosa, se buscó conocer y comparar las diferencias en el crecimiento y desarrollo de *Erythrina edulis* Triana ex Micheli. Se encontró que el tiempo de germinación entre tratamientos no presentó diferencias significativas. Las plántulas con abono tradicional presentaron mayor porte en la altura y uniformidad en el área foliar alcanzada. El tratamiento industrial presentó plántulas con un área foliar mayor debido a la cantidad de nitrógeno disponible, pero presentaron anomalías en las hojas probablemente por procesos de acidificación del suelo. Se determinó que existe una correlación entre altura final y área foliar total; y, para las plantas sometidas a diferentes concentraciones de azúcar, se encontró que no hay una diferencia estadísticamente significativa.

Palabras clave: *Erythrina edulis*, materias primas, abonos orgánicos, abonos inorgánicos, fisiología de leguminosas, carbohidratos

Abstract

From the use of traditional and industrial fertilizer, and different solutions with sucrose sought to know and compare the differences in growth and development of *Erythrina edulis* Triana ex Micheli. Germination time between treatments did not present significant differences however seedlings with traditional fertilizer presented greater bearing in height and uniformity in the foliar area. Industrial treatment presented seedlings developed greater foliar area due to the amount of nitrogen available, but presented leaf anomalies probably due to soil acidification processes. It was determined that there is a correlation between final height and total leaf area, and for plants subjected to different sugar concentrations there was no statistically significant difference.

Keywords: carbohydrates, *Erythrina edulis*, inorganic fertilizers, legume physiology, organic fertilizers, raw materials

Introducción

Los cultivos requieren métodos cuyo fin es la producción agrícola a gran escala de alimentos, flores, insumos y materias primas para diferentes industrias (ANFFE, 2008; Schwember y Contreras, 2011; González *et al.*, 2015). Se han desarrollado métodos y estrategias que permiten obtener una mayor productividad en el menor tiempo posible, (v.g. el aporte de nutrientes esenciales al suelo). Existen abonos tradicionales compuestos por residuos animales y vegetales, además de la mezcla de otros elementos, como carbono orgánico, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y abonos industriales, compuestos principalmente por N, P o K, entre otros (IFA, 1992; Román *et al.*, 2013).

Ventajas y desventajas de los abonos tradicionales e industriales

El uso de abonos tradicionales (orgánicos) favorece la rehabilitación de la capacidad productiva de los suelos mediante la incorporación de nutrientes y minerales, lo que mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo (Leblanc *et al.*, 2007; Ramos y Terry, 2014; González *et al.*, 2015). Con estos abonos, además de buenas prácticas agrícolas, se logra la recuperación y sostenibilidad de la capa superior del suelo adscrito para cultivo (Ramos y Terry, 2014). Asimismo, permiten experimentar con materias primas y estudiar los diferentes procesos que ocurren al interior del compostaje, asociados a la calidad del producto, los efectos que se presentan al aplicarlos en el suelo y el aporte a la nutrición vegetal.

Alrededor de un 80% de los desechos producidos por los habitantes urbanos es de carácter orgánico. Este material puede llegar a ser un potencial estratégico de gestión de residuos. No obstante, se requieren acciones socioculturales y académicas que permitan su correcto manejo para su incorporación en las cadenas productivas, ya que su baja solubilidad y la lenta degradación puede traer problemas con ciertos patógenos (Moreno, 2007; Félix *et al.*, 2008; Leguizamón & Molano, 2014; Ramos & Terry, 2014; González *et al.*, 2015).

Por su parte, los abonos industriales tienen alta solubilidad, así como variabilidad en la composición de nutrientes, y esto los convierte en una herramienta bastante útil para suplir los requerimientos nutricionales propios de los cultivos. Sin embargo, son más costosos que los abonos tradicionales, y su mal manejo puede traer desequilibrios en las características fisicoquímicas del suelo y provocar contaminación en aguas superficiales y subterráneas (Cubero & Vieira, 1999; Yepis *et al.*, 1999). Debido a las problemáticas generadas por su mal uso de los abonos industriales se ha observado una tendencia a retomar el uso de abonos de origen tradicional en países como India, China, Brasil y Colombia, entre otros (Álvarez *et al.*, 1995).

Efectos fisiológicos de la sacarosa

La sacarosa es un metabolito primario que interviene en el crecimiento y desarrollo vegetativo de tejidos, raíces, tallos y hojas. Martínez-Trinidad *et al.*, (2013) y Bonza-Espinoza *et al.*, (2016) mencionan que las aplicaciones de carbohidratos en el suelo mejoran la liberación de energía para procesos metabólicos, lo que implica una mayor cantidad de

energía disponible para sintetizar aminoácidos e importantes metabolitos secundarios. La aplicación de fotoasimilados con alta energía en el suelo puede usarse como una forma de reducir parcialmente el estrés ambiental provocado por el déficit hídrico, compactibilidad del suelo y falta de radiación solar durante periodos cortos de tiempo (Chaves *et al.*, 1985; Hilario, 2010).

Descripción del chachafruto

El chachafruto (*Erythrina edulis* Triana ex Micheli: Fabaceae Lindl.) es un árbol originario de la zona subandina (Sudamérica). Alcanza una altura de 14 m y un diámetro de copa de 7 m. Presenta un tallo leñoso con espinas de 37 cm de diámetro en árboles de más de 20 años. Las hojas son espinosas, alternas, semicoriáceas, trifoliadas y de pecíolos largos con glándulas productoras de néctar cerca a la base de los folíolos. La inflorescencia es tipo racimo. Consta de 180 a 200 flores, con pedúnculos cortos, organizados en triadas alrededor del eje. Por otra parte, la floración es periódica, copiosa, con un gran valor estético, lo que la hace ser considerada como ornamental con potencial para el paisajismo urbano (Barrera y Mejía, 1998).

Sus semillas poseen 23% de proteína y aminograma —comparable con la del huevo y superior a la del fríjol— con una digestibilidad del 65%; un solo árbol puede llegar a producir entre 180 kg a 200 kg de frutos al año (Barrera & Mejía, 1998; Fernández, 2010).

Suele encontrarse como sombra de los cafetales. Crece a libre exposición o sombra en sus primeros estadios de desarrollo, en un rango altitudinal entre 1500 m y 2600 m, y un óptimo entre 1600–2200 msnm, a una temperatura entre 15 °C y 20 °C, en suelos de textura franco-arenosa con drenaje deficiente de agua, pero no en suelos ácidos (Barrera y Mejía, 1998). Entre sus funciones biológicas figuran la fijación de nitrógeno, la liberación periódica de hojas, su fácil reproducción y su uso potencial como forraje.

En la cordillera de Los Andes —y varios territorios del continente— el chachafruto se encuentra de forma natural y cultivada, por ser alimento para humanos y animales. Recibe diferentes nombres según el contexto sociolingüístico de la zona. Sus frutos se incorporan a varios platos típicos de la región, como arepas, sopas de maíz, tortas y natillas (Wiesner, 2000; Barrera & Mejía, 1998; Pardo de Santayana y Gómez, 2002; Arenas, 2007; Hurrell *et al.*, 2015; Castro & Murillo, 2016; Vega, 2020).

Dado el reciente interés puesto en *E. edulis* sobre proyectos de paisajismo urbano, rehabilitación de zonas deforestadas y uso potencial como forraje, este trabajo busca determinar con qué tipo de abono esta especie tiene un mayor porcentaje de germinación y crecimiento vegetativo durante los primeros estadios de desarrollo, así como evaluar el efecto de concentraciones crecientes de sacarosa en juveniles de *E. edulis* como fuente adicional de energía para el crecimiento y desarrollo vegetativo.

Materiales y métodos

Ubicación

Se establecieron dos puntos en Bogotá, D. C.:

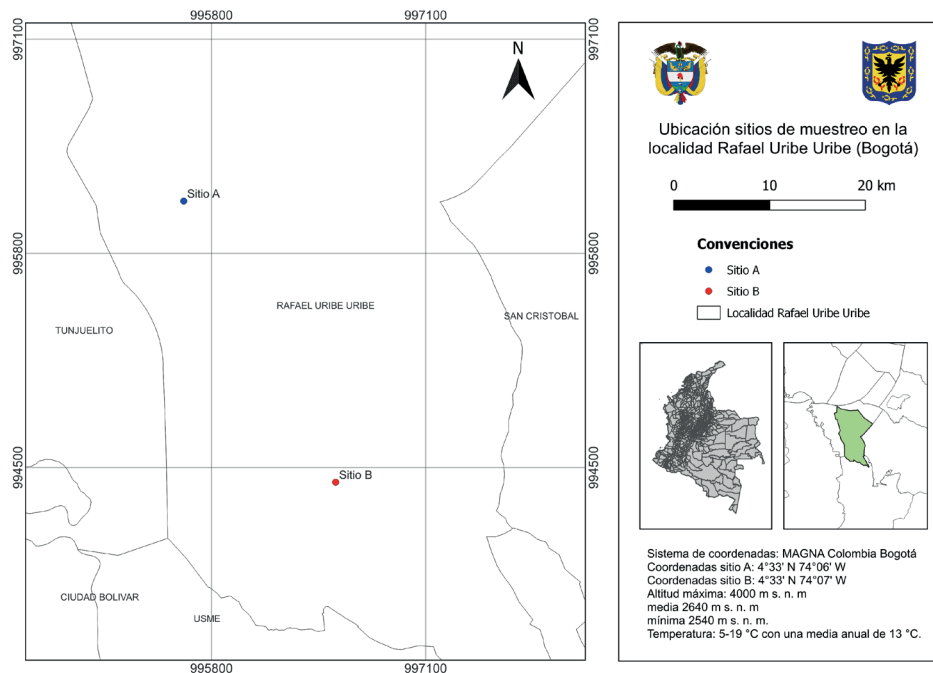


Figura 1. Ubicación de los dos puntos de siembra.

Fuente: elaboración propia a partir de Qgis 3.26.3.

Doce meses después (08/05/2021, época lluviosa) se desarrolló la segunda parte en el punto b (figura 1).

Selección

Semillas: se seleccionaron 60 semillas teniendo en cuenta las pruebas de aptitud estándar del ISTA.

Plantas: 12 meses después, se seleccionaron 24 plantas juveniles de una altura entre los 32 a 40 cm, de buena apariencia, sin la presencia de perforaciones y daños ocasionados por hongos o bacterias. Cada planta se depositó en una de las 24 macetas de iguales dimensiones.

Sustrato

Se establecieron tres sustratos esenciales que determinaron el factor de crecimiento de la planta. El primer sustrato estaba compuesto únicamente por tierra (control); el segundo sustrato estaba compuesto por tierra y urea (abono industrial), cuya composición es nitrógeno total (46%), nitrógeno total orgánico (46%), fósforo (0%), potasio, biuret máximo (1,5%), humedad máxima (1,0%). El tercer sustrato estaba compuesto por tierra y abono

orgánico (abono tradicional) compuesto de la siguiente: humedad 6%, cenizas 48,90%, carbono orgánico 18,60 %, nitrógeno total 1,56 %, fósforo asimilable (P₂O₅) 3,20%, potasio soluble en agua (K₂O) 1%, pH 6,5.

Para la segunda parte del estudio se establecieron dos sustratos. El primero estaba compuesto únicamente por tierra (control); el segundo estaba compuesto por tierra con abono orgánico (abono tradicional) marca FORZA®, de la primera parte.

Preparación del sustrato: Para la primera parte, se abonó una vez el sustrato al principio de la siembra.

Abono industrial: según la ficha técnica del producto (FORZA®, Colombia), se aplicaron los gránulos alejados del tallo y de la raíz de la planta, removiendo ligeramente el sustrato; para la dosis, se agregó ¼ de cucharada (aprox. 3,7 g).

Abono tradicional: según las especificaciones del producto (FORZA®, Colombia), este se incorporó en una proporción de dos partes de tierra por una parte de FORZA®.

Siembra de semillas

En la primera parte, la siembra se hizo por réplica (siembra A y siembra B). Para cada sustrato se destinó un total de 20 semillas. Estas se sembraron en vasos plásticos transparentes (de una capacidad de 12 oz) a una profundidad de 1 cm (cabe resaltar que se tuvieron en cuenta las especificaciones de Duarte [2002]).

Riego

El día de sembrado se regó con 175 ml de agua. Los días posteriores se realizó un riego frecuente (cada tres o cuatro días en la mañana) hasta alcanzar la capacidad de campo, con el fin de mantener la humedad en el suelo.

Para la segunda parte, se llevaron a cabo cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de azúcar. Para el riego se preparó una mezcla homogénea de un total de 100 ml, con las siguientes condiciones: 0% de azúcar y 100% de agua (T1, control); 5% de azúcar y 95% de agua (T2); 10% de azúcar y 90% de agua (T3); y 15% de azúcar y 85% agua (T4), para los dos tipos de sustrato (tierra sin abono —control— y abono tradicional). En total se obtuvieron los siguientes tratamientos: T1 con tierra (T1T); T2 con tierra (T2T); T3 con tierra (T3T); T4 con tierra (T4T); T1 con abono orgánico (T1A); T2 con abono orgánico (T2A); T3 con abono orgánico (T3A); y T4 con abono orgánico (T4A). Para el primer día y los días posteriores se llevó a cabo un riego frecuente (cada dos días en la noche) con los cuatro tratamientos hasta la capacidad de campo.

Medición

Temperatura: se anotó la temperatura registrada cada día en la localidad, obtenida a través del Catálogo Nacional de Estaciones con el código: 21206820 (Méjico [sic]).

Altura: para la primera parte, comenzó el día de germinación de la yema apical por encima del suelo. Se llevó a cabo un seguimiento diario de la longitud del tallo de la planta mediante una cinta métrica (en cm); la medición se hizo desde el cuello hasta la parte apical. Para la segunda parte, se realizó un seguimiento cada dos días durante una semana,

realizando la medición anteriormente descrita. La altura se midió diariamente desde el primer día de germinación.

Área foliar: para la primera parte, se midió el área foliar de las hojas primarias una única vez; al finalizar, se hizo uso del software “BioLeaf - Folia Analysis” (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2013; Machado *et al.*, 2016). Para la segunda parte, se calculó el área foliar de las hojas compuestas a partir de hojas milimetradas cada dos días, junto con el tiempo promedio de generación de nuevas hojas, las variaciones en su color y el porcentaje de supervivencia de las plantas.

Resultados

No se encontraron diferencias entre el número de semillas germinadas (20) para el tratamiento control y abono tradicional (tabla 1). Para todos los casos, el porcentaje de germinación es superior al expuesto por Duarte (2002) (85%); mientras que, para Barrera y Mejía (1998), el porcentaje de germinación (95%) solo se ajusta para el tratamiento de control y abono tradicional.

Tabla 1. Recuento total del número de semillas germinadas y no germinadas para cada tratamiento empleado

Tratamiento	Semillas germinadas	Semillas sin germinar	Total
Control (-)	20	-	20
Abono tradicional	20	-	20
Abono industrial	18	2	20
Total	58	2	60

Fuente: elaboración propia.

Desde el día de la siembra (que se hizo con abono tradicional —tabla 2— el 14 de mayo de 2020) hasta el día donde emergió la primera yema por encima del suelo (con las dos hojas laminares que se desarrollan en la plúmula) transcurrieron nueve días (23 de mayo de 2020): es decir, tres días antes de lo reportado por la literatura. Normalmente, se dice que a los 12 días se elonga el epicótilo y aparecen las primeras hojas unifoliadas visibles, ya que el hipocótilo no es visible sobre la superficie del suelo (Fernández *et al.*, 1986; Leudo *et al.*, 1993; Duarte, 2002; Matheus y Lopes, 2007; Cárdenas, 2012; Miraya y Guzmán, 2020). Para todos los tratamientos el coeficiente de determinación (R^2) es alto (mayor a 0,93, véase figura 2) y son datos confiables. El tratamiento control presentó el R^2 de 0,99 (el más alto), seguido por el tratamiento tradicional con un R^2 de 0,95 e industrial con un R^2 0,94; sin embargo, el abono tradicional tuvo un mayor promedio de crecimiento, similar al del tratamiento control. Por su parte, el tratamiento industrial resultó ser el menos efectivo.

Tabla 2. Periodo de germinación, área foliar (cm²) de cada hoja y altura final (cm) para cada una de las plántulas en los diferentes tratamientos usados

Sustrato	Siembra A				Siembra B			
	ID A	Fecha germinación	Área foliar (cm ²)	Altura final (cm)	ID B	Fecha germinación	Área foliar (cm ²)	Altura final (cm)
Control	1	30-05-2020	1,20 y 1,33	15	1	29-05-2020	2,21 y 2,31	16,1
	2	27-05-2020	2,96 y 3,61	15,8	2	29-05-2020	2,42	14,9
	3	28-05-2020	5,41 y 6,82	14,6	3	29-05-2020	1,46 y 2,27	12,4
	4	27-05-2020	4,20 y 3,89	16,5	4	26-05-2020	2,31 y 2,72	17,1
	5	30-05-2020	1,97 y 1,63	16,2	5	27-05-2020	2,02 y 2,31	16,4
	6	27-05-2020	2,70 y 2,64	14,7	6	28-05-2020	1,45 y 2,18	15,7
	7	28-05-2020	4,65 y 2,48	9,8	7	27-05-2020	2,15 y 2,58	16,7
	8	27-05-2020	6,18 y 5,53	12,6	8	26-05-2020	2,54 y 1,68	15,7
	9	28-05-2020	1,02 y 1,81	12,4	9	26-05-2020	2,07 y 1,97	12,3
	10	30-05-2020	0,09	9,3	10	27-05-2020	1,43 y 1,33	12,4
Tradicional	11	28-05-2020	4,46 y 3,56	12,2	11	31-05-2020	0,98 y 1,26	12,3
	12	30-05-2020	2,56 y 3,27	11,8	12	29-05-2020	1,63 y 1,33	15,3
	13	26-05-2020	1,51	12,4	13	28-05-2020	5,60 y 5,91	17,3
	14	01-06-2020	0,94 y 1,23	12,3	14	30-05-2020	2,29 y 1,77	18
	15	28-05-2020	5,01 y 6,45	12,7	15	30-05-2020	1,08	13,6
	16	30-05-2020	4,73 y 4,10	16,5	16	25-05-2020	1,42 y 2,28	15,4
	17	25-05-2020	5,12 y 4,43	18,4	17	25-05-2020	7,35 y 6,89	18,6
	18	26-05-2020	5,50 y 4,18	13,3	18	25-05-2020	6,01	17,2
	19	24-05-2020	7,98 y 7,87	17,4	19	28-05-2020	0,63	12,9
	20	23-05-2020	6,46 y 6,66	17,2	20	29-05-2020	2,97 y 1,29	12,1
Industrial	21	24-05-2020	0,87 y 1,28	12	21	29-05-2020	0,51	11,3
	22	26-05-2020	4,39 y 3,47	10,5	22	01-06-2020	0,13	5,1
	23	26-05-2020	1,68 y 2,02	11,4	23	31-05-2020	-	5,1
	24	25-05-2020	4,64	16,3	24	01-06-2020	-	6,9
	25	02-06-2020	-	1,6	25	31-05-2020	0,75 y 1,13	13,1
	26	28-05-2020	0,82	12	26	28-05-2020	1,19 y 0,37	8,1
	27	No germinó	-	-	27	28-05-2020	1,15 y 0,69	8,2
	28	26-05-2020	3,66	13,5	28	03-06-2020	-	3,4
	29	28-05-2020	8,47 y 4,84	12,1	29	27-05-2020	1,63 y 1,39	11,6
	30	No germinó	-	-	30	01-06-2020	0,03	4,2

Fuente: elaboración propia.

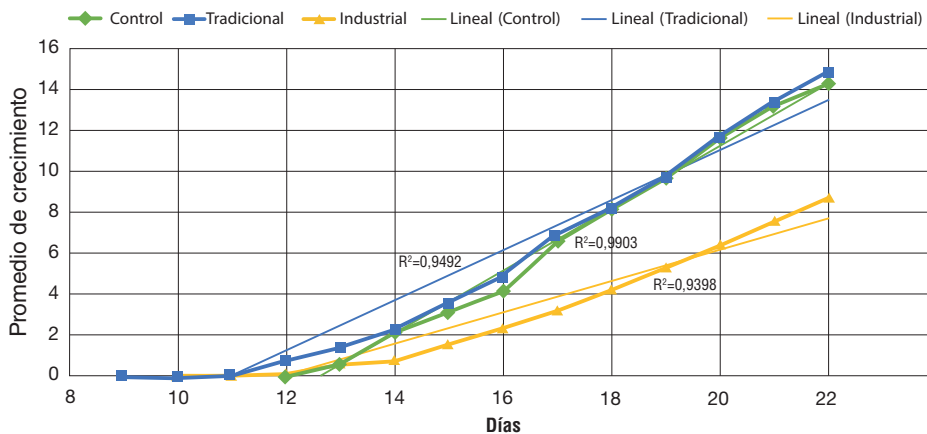


Figura 2. Promedio de crecimiento del chachafruto sin ser excluyente para las siembras A y B en los tres tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas de Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov arrojaron un p-valor menor al $\alpha(0,05)$. Por esto, se realizó la prueba de la mediana. Esta prueba arrojó diferencias significativas entre las alturas del tratamiento IndustrialB (IB) con respecto a los otros tratamientos (ControlA [CA], ControlB [CB], TradicionalA [TA] y TradicionalB [TB]); el IndustrialA (IA) no presenta diferencias significativas con respecto al resto de tratamientos (tabla 3).

Respecto al área foliar, hubo diferencias significativas entre TA y CB, TB, IA e IB; asimismo IB tuvo una diferencia significativa con el resto de los tratamientos (tabla 3).

Tabla 3. Altura y área foliar de *E. edulis* con respecto a los diferentes tratamientos

Tratamiento	Altura	Área
Control A	14,65 a	5,95 ab
Control B	15,70 a	4,13 b
Tradicional A	13,00 a	9,19 a
Tradicional B	15,35 a	3,88 b
Industrial A	12,00 ab	3,7 b
Industrial B	7,50 b	1,56 c

Las letras iguales no difieren significativamente por la prueba de la mediana ($\alpha=0,05$).

Fuente: elaboración propia.

La correlación entre la altura final y el área foliar total de las plántulas se hizo sin distinciones sobre los tratamientos, ya que la cantidad de datos por tratamiento (20 datos) no son suficientes para realizar gráficas individuales y obtener coeficientes de correlación confiables.

A mayor altura final, mayor área foliar (figura 3); entre los 0 cm y 5 cm, el área foliar de las hojas primarias es menor a 2 cm². Al aumentar la altura desde los 5 cm a los 10 cm el área foliar también aumentan, a excepción de unos puntos. Para Kendall se obtuvo un valor de 0,51, lo que significa que hay una correlación positiva media; para Pearson se obtuvo

un valor de 0,57 (existe una correlación directa moderada o una asociación moderada); y para Spearman se obtuvo el valor más alto con un 0,66 (existe una correlación alta para las dos variables). Ninguno de los coeficientes calculados dio un valor de 1, por lo cual estas dos variables no presentan una relación perfecta o lineal (los coeficientes de correlación para Kendall, Pearson y Spearman se tomaron con un $\alpha \leq 0,05$).

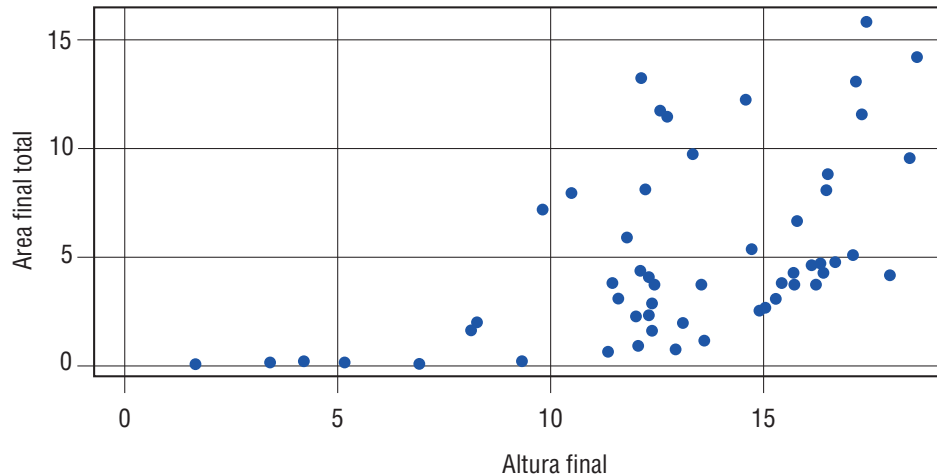


Figura 3. Correlación entre la altura final (cm) y el área foliar total (cm²) de las hojas primarias, sin ser excluyentes en los tres tratamientos.

Fuente: elaboración propia.

Respecto a los costos, en la tabla 4 se muestra el precio de cada uno de los productos utilizados, el precio por gramo (g) y el precio aproximado del costo de un vaso de 12 oz; para el tratamiento control, la producción de cada vaso dio un valor de 580,50 pesos colombianos (se usaron 340,20 g de tierra); para el tratamiento tradicional fue de 959,36 pesos colombianos (se usaron 113,40 g de abono tradicional y 226,80 g de tierra) y para el tratamiento industrial fue de 588,80 pesos colombianos (se usaron 3,70 g de abono industrial y 336,50 g de tierra). La cantidad de abono dispuesto junto al sustrato en el recipiente (control, 6800 g de tierra; abono tradicional 4520 g de tierra + 2260 g de abono; abono industrial 6740 g de tierra + 60 g de abono) es un aspecto importante en la restricción del crecimiento radicular de la plántula. Si se trabajase con la misma cantidad de abono en un espacio mayor, es posible que las raíces asimilen de mejor manera cada uno de los componentes del abono, lo que se verá reflejado en resultados más significativos.

Para las condiciones planteadas, ninguno de los abonos es más rentable que otro, dado que no se utilizaron cantidades significativas, pero cabe resaltar que el costo de producción por vaso tanto para el control como para el abono industrial es más barato (\$580,50 y \$588,80 respectivamente) en comparación con el abono tradicional (\$959,36).

Tabla 4. Precio de los productos utilizados

Productos	Precio total (pesos colombianos)	Precio por g (pesos colombianos)	Peso aproximado del producto por vaso (g)	Precio aproximado de la producción de un vaso (pesos colombianos)
Tierra (control)	25 900	1,73	340,20	580,50
Abono orgánico (tradicional)	10 900	5,00	113,40	959,36
Urea (abono industrial)	5 900	1,80	3,70	588,80

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la segunda parte, se plantearon dos hipótesis para la longitud del tallo: hipótesis nula, el crecimiento longitudinal del tallo desde la base hasta la yema apical para cada tratamiento va a ser igual; hipótesis alterna, el crecimiento longitudinal del tallo desde la base hasta la yema apical para cada tratamiento va a ser diferente. En el tabla 5, el FC calculado es menor tanto al $F_{0,05}$ como el $F_{0,01}$ por lo cual no se va a rechazar la hipótesis nula, el crecimiento longitudinal del tallo para cada tratamiento no va ser significativamente diferente.

Tabla 5. ANOVA para la longitud del tallo de *E. edulis*.

ANOVA para longitud de tallo						
FV	GL	SC	CM	FC	F 0,05*	F 0,01*
Tratamientos	7	2,546	2,749	1,636	4,900	6,080
Error	16	9,520	1,681			
Total	23	12,066				

Fuente: elaboración propia.

Para el área foliar se plantearon estas dos hipótesis: hipótesis nula, el área foliar para cada tratamiento va a ser igual; hipótesis alterna, el área foliar para cada tratamiento va a ser diferente. El FC calculado es menor tanto al $F_{0,05}$ como el $F_{0,01}$, por lo cual no se va a rechazar la hipótesis nula, el crecimiento del área foliar para cada tratamiento no va ser significativamente diferente.

Tabla 6. ANOVA para el área foliar de *E. edulis*.

ANOVA para área foliar						
FV	GL	SC	CM	FC	F 0,05*	F 0,01*
Tratamientos	7	3,332	0,476	1,236	4,900	6,080
Error	16	6,163	0,385			
Total	23	9,495				

Fuente: elaboración propia.

Discusión

La diferencia entre la altura de las plantas cultivadas con abono tradicional en comparación con el abono industrial se explica mediante la eficiencia en la disposición de agua y nutrientes disponibles para el desarrollo de las plantas; los ácidos grasos que suelen componer los fertilizantes orgánicos (tradicionales) aumentan la biodisponibilidad de fósforo, elemento que incide en la altura de leguminosas y estimula la actividad biológica de microorganismos que influyen en el mejoramiento y mantenimiento de las propiedades del suelo, lo que determina el crecimiento por la disposición de nutrientes (Leblanc *et al.*, 2007; Félix *et al.*, 2008; Palacios, 2013; Ramos & Terry, 2014; Bautista *et al.*, 2017).

El chachafruto suele crecer bien en suelos franco-arenosos y con mal drenaje de agua. No tolera suelos con pH ácidos, puesto que afecta su crecimiento y desarrollo (Barrera y Mejía, 1998). Fernández (1984) y Stewart (2007) manifiestan que, en condiciones de poca humedad y altas temperaturas, el desprendimiento de amoníaco (NH_3) como proceso de descomposición natural del nitrógeno puede traer consigo toxicidad a las plantas durante la germinación.

Fernández (1984), Ginés y Mariscal-Sancho (2002) y Boccolini *et al.* (2016) mencionan que la urea, al pasar por procesos de descomposición en forma de amoníaco, y luego a nitrógeno atmosférico, libera iones H^+ al medio, disminuye el pH del suelo y provoca su acidificación. Esto puede explicar la pérdida del pecíolo y de las hojas primarias de las plántulas durante su desarrollo en tratamiento con abono industrial.

Las variaciones del porte del área foliar para los tratamientos se relacionan con la solubilidad del abono en el sustrato. Los abonos industriales nitrogenados son más solubles que los abonos tradicionales; por ello, la planta asimila y absorbe de una manera más eficiente el nitrógeno disponible, nutriente esencial para la maximización del área foliar (Bautista *et al.*, 2017; Vega, 2020); por esto, el abono industrial tuvo un mayor porte de área foliar al tener una mayor concentración de nitrógeno en comparación con el abono tradicional.

Asimismo, la altura, la temperatura y el tiempo de exposición lumínica son factores influyentes en el área foliar. Esto puede explicar la variación entre los valores presentados tanto para la siembra B como para la siembra A, en donde la mayoría de los datos de la siembra B son inferiores si se comparan con los de la siembra A. Cada una de las siembras se realizaron en la misma localidad pero en sitios con condiciones diferentes.

Palacios (2013) menciona que la cantidad de nutrientes no influye sobre el desarrollo foliar. Esto depende solo de la fisiología de la planta y la disposición foliar sobre el tallo. Algunas veces se ve influenciada por factores medioambientales, como la cantidad de luz disponible, donde Fischer *et al.* (1997) mencionan que los órganos subterráneos de las plantas no tienen la posibilidad de regular su temperatura. Por esto, el crecimiento longitudinal del tallo aumenta con la temperatura del suelo. Lo mismo pasa con el área foliar, que aumenta con temperaturas radicales.

Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Vega (2020) y Estupiñán *et al.* (2013), en donde los tratamientos químicos implementados en cultivos de *Pisum sativum* L. y *Phaseolus vulgaris* L. fueron aquellos con mayor crecimiento y expansión del área foliar, en comparación con los demás tratamientos, esto con base en la dosis adecuada de nitrógeno,

pues un exceso no se verá reflejado en el crecimiento vegetativo como producto de una mala asimilación.

El coeficiente de correlación muestra relaciones entre caracteres independientes, en este caso la altura final y el área foliar total, y el grado de relación lineal entre esas características. Faltan estudios referentes a la correlación entre altura y área foliar para *Erythrina* y sus especies; por esto, se contrastó la información obtenida con estudios de otras familias de plantas. Elizondo-Cabalceta y Monge-Pérez (2020) mostraron que en *Capsicum annuum* L. existe una correlación entre la altura y el área foliar, al dar un valor de Pearson de 0,69, superior al obtenido en esta contribución (0,57). Esto indica que, al tener una mayor altura, se puede presentar una mayor área foliar, por lo cual estas dos variables presentan una relación en cuanto al desarrollo de la planta.

El crecimiento longitudinal del tallo, así como el aumento del área foliar de plantas sometidas a abonos (industriales y tradicionales), y posteriormente a diferentes concentraciones de sacarosa, no mostró diferencias significativas (tablas 5 y 6), donde no hay efecto residual de abonos. La razón de estudiar el efecto de la sacarosa sobre estas estructuras vegetativas se debe a que los carbohidratos son metabolitos primarios que intervienen directamente sobre el crecimiento y el desarrollo vegetativo de las plantas, así como de caracteres morfofisiológicos como tejidos, raíces, tallos y hojas.

Martínez-Trinidad *et al.* (2013) y Bonza-Espinoza *et al.* (2016) sugieren que la aplicación adicional de carbohidratos en el suelo mejora la liberación de energía para procesos metabólicos, lo que significa una mayor cantidad de energía disponible para sintetizar aminoácidos e importantes metabolitos secundarios. Asimismo, los fotoasimilados con alta energía en el suelo pueden ser usados como una forma de reducir parcialmente el estrés ambiental provocado por déficit hídrico, compactibilidad del suelo y falta de radiación solar durante periodos cortos de tiempo.

Conclusiones y recomendaciones

Con el abono tradicional se obtuvo una mayor altura final y uniformidad del área foliar; lo sigue la del control (sin una mayor diferencia) y, por último, el abono industrial. No se encontró una gran diferencia en cuanto al tiempo de germinación de las semillas y al desarrollo de las plántulas en los diferentes sustratos. No obstante, se deben tener en cuenta otros aspectos, entre ellos las propiedades del suelo después del uso de abonos, como el caso del abono industrial, que provocó la acidificación del suelo, y esto ocasiona la pérdida de sus propiedades (junto con su la fertilidad). Es importante considerar la concentración de nutrientes disponibles en el sustrato para determinar la eficiencia de los abonos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, como es el caso del fósforo y el nitrógeno, involucrados en la altura y el desarrollo foliar en leguminosas, respectivamente.

Se resalta que hacen falta estudios referentes a la correlación entre altura y área foliar para *Erythrina* y sus especies.

Las variaciones presentadas en la altura, el área foliar y el número de nuevos brotes foliares se relacionan con la presión osmótica, pues esta varía en función de la concentración de azúcar dispuesta en el sustrato, ya que, a medida que esta aumenta, mayor es el requerimiento hídrico para la planta, lo que podría llegar a generar un déficit hídrico y un

posterior efecto sobre el crecimiento de las plantas. Para futuros trabajos relacionados con el uso de soluciones con sacarosa, es fundamental la caracterización de la microbiota presente en el sustrato, debido a que puede utilizar los carbohidratos disponibles como fuente de energía.

Referencias

- Alvarez, M., García, M., & Treto, E. (1995). Revisión bibliográfica: los abonos verdes: una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos tropicales*, 16(3), 9-24. <https://bityl.co/GyEL>
- ANFFE (Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizante) (2008). *La importancia de los fertilizantes en una agricultura actual productiva y sostenible*. <https://bityl.co/GyEP>
- Arenas, P. (2007). Suplementos dietéticos: estudio etnobotánico en zonas urbanas. *Volumen Especial de Etnobotánica*, 33(1), 193-202. <https://bityl.co/GyEX>
- Barrera, N., & Mejía, M. (1998). *Chachafruto, balú, sachaporoto; Erythrina edulis, Triana. Pasado, presente y futuro*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bityl.co/GyEc>
- Bautista, D., Chavarro, R., Cáceres, J., & Buitrago, S. (2017). Efecto de la fertilización edáfica en el crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* cv. ICA Cerinza. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 122-132. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5496>
- Boccolini, M. F., Basile, L. A., Cazorla, C. R., Galarza, C. M., Conde, B., & Figuerola, E. L. M. (2016). Impacto de la aplicación prolongada de urea sobre bacterias nitrificantes de un Argiudol típico, Argentina. *Ciencia del suelo*. <https://bityl.co/GyEj>
- Bonza-Espinoza, M., Pinzón-Sandoval, E., & Álvarez-Herrera, J. (2016). Efecto del nitrato de potasio y la sacarosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.). *Temas agrarios*, 21(2), 40-50. <https://bityl.co/GyEl>
- Cárdenas, S. E. (2012). El Pajuro (*Erythrina edulis*) alimento andino en extinción. *Investigaciones sociales*, 16(28), 97-104. <https://doi.org/10.15381/is.v16i28.7389>
- Castro, F., & Murillo, V. (2016). Aplicación de la etnobotánica como estrategia para la conservación de los recursos naturales en áreas urbanas. *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 3(2), 22-35. <https://bityl.co/GyF0>
- Chaves, S., Hernández, B., & Gutiérrez, Z. (1985). Efecto de antitranspirantes y azúcar utilizados en el trasplante de cafetos en raíz desnuda. *Agron. Costarr.*, 9(1), 71-78. <https://bityl.co/GyF3>
- Cubero, D., & Vieira, M. (1999). Abonos orgánicos y fertilizantes químicos... ¿son compatibles con la agricultura? *XI Congreso Nacional Agronómico/ III Congreso Nacional de Suelos*. <https://bityl.co/GyFg>
- Duarte, L. E. A. (2002). *Guía para el cultivo y aprovechamiento del chachafruto o balú: Erythrina edulis (Triana ex Micheli)*. Convenio Andrés Bello. <https://bityl.co/GyGQ>

- Elizondo-Cabalceta, E., & Monge-Pérez, J. E. (2020). Pimiento (*Capsicum annuum*) cultivado bajo invernadero: correlaciones entre variables. *Posgrado y Sociedad*, 17(2), 33-60. <https://doi.org/10.22458/rpys.v17i2.2278>
- Estupiñán, C., Garzón, G., & Forero, F. (2013). Efecto de la aplicación de tres dosis de cachaza al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Tunja, Boyacá. *Revista Ciencia y Agricultura*, 10(1), 67-79. <https://bityl.co/GyGd>
- Félix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, S., & Ovalde, B. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67. <https://bityl.co/GyGd>
- Fernández de C., F., Gepts, P. L., & López Genes, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. <https://bityl.co/GyGg>
- Fernández del P., M. (1984). La urea, fertilizante nitrogenado. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*, 26, 26-28. <https://bityl.co/GyGl>
- Fernández, R. (2010). Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales. *Xilema*, 51-55. <https://bityl.co/GyH4>
- Fischer, G., Carvajal, F., & Bazurto, J. (1997). Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta. 1. Crecimiento y desarrollo. *Revista Comalfi*, XXIV(24), 78-92. <https://bityl.co/GyHP>
- Ginés, I., & Mariscal-Sancho, I. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. Fertiberia SA de CV España. <https://bityl.co/GyHQ>
- González, J. D., Mosquera, J. D., & Trujillo, A. T. (2015). Efectos e impactos ambientales en la producción y aplicación del abono supermagro en el cultivo de sandía. *Ingeniería y Región*, 13(2015), 103-111. <https://doi.org/10.25054/22161325.712>
- Hilario, R. F. (2010). Importancia y ventajas de *Erythrina* sp. en sistemas agroforestales. *Xilema*, 23(1), 51-55. <https://bityl.co/GyHe>
- Hurrell, J., Arenas, P., & Cristina, I. (2015). El conocimiento botánico en zonas urbanas: potenciadores cognitivos comercializados en el área metropolitana de Buenos Aires, Argentina. *Etnobiología na Argentina*, 9(3). <https://bityl.co/GyHo>
- IFA (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes). (1992). *Los fertilizantes y su uso*. París.
- Leblanc, H., Cerrato, M., Miranda, A., & Valle, G. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical*, 3(1):97-107. <https://bityl.co/GyHw>
- Leguizamón, N. Z. P., & Molano, J. F. G. (2014). Los abonos orgánicos y la agremiación campesina: una respuesta a la agroecología. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 160-166. <https://bityl.co/GyI1>
- Leudo, M. M., Jaramillo, A., & Marín, N. B. (1993). Estudios preliminares sobre desarrollo y manejo de la semilla de chachafruto, *Erythrina edulis* T. *Acta Agronómica*, 43(1-4), 57-68. <https://bityl.co/GyI2>
- Machado, B. B., Orue, J. P., Arruda, M. S., Santos, C.V., Sarath, D. S., Goncalves, W. N., & Rodrigues-Jr, J. F. (2016). BioLeaf: A professional mobile application to

- measure foliar damage caused by insect herbivory. *Computers and Electronics in Agriculture*, 129, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.09.007>
- Marschner, H. (1986). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovic Publishers.
- Martínez-Trinidad, T., Plascencia-Escalante, F. O., & Islas-Rodríguez, L. (2013). La relación entre los carbohidratos y la vitalidad en árboles urbanos. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(3), 459-468. <https://bityl.co/GyIA>
- Matheus, M. T., & Lopes, J. C. (2007). Morfología de frutos, semillas e plántulas e germinação de semillas de *Erythrina variegata* L. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(3), 8-17. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000300002>
- Miraya, H., & Guzmán, M. (2020). *Las hojas y frutos del antiporoto (Erythrina Edulis) en la alimentación animal en kerapata Tamburco Abancay 2018*. Universidad Tecnológica de los Andes. <https://bityl.co/GyIF>
- Morales, P. y Rodríguez, L. (2016). Aplicación de los coeficientes correlación de Kendall y Spearman. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, UCLA.
- Moreno, F. O. (2007). *Agricultura urbana: nuevas estrategias de integración social y recuperación ambiental en la ciudad*. <https://bityl.co/GyII>
- Palacios, M. P. (2013). *Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de la uvilla Physalis peruviana L. en la provincia de Imbabura Cantón Antonio Ante* (tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional.
- Pardo de Santayana, M., & Gómez Pellón, E. (2002). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60(1), 171-182. <https://bityl.co/GyIV>
- Pérez-Rodríguez, F., Mosquera, A., Camino-Saco, Á., Rojo-Alboreca, A., & Gómez-García, E. (2013). Cálculo del área foliar mediante técnicas basadas en el análisis RGB-HSB. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*. <https://bityl.co/GyIY>
- Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59. <https://bityl.co/GyId>
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013). Manual del compostaje agricultor. Experiencias América Latina. <https://bityl.co/GyIg>
- Sari, B. G., Lúcio, A. D. C., Santana, C. S., Krysczun, D. K., Tischler, A. L., & Drebes, L. (2017). Sample size for estimation of the Pearson correlation coefficient in cherry tomato tests. *Ciencia rural*, 47(10). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170116>
- Schwember, A., & Contreras, S. (2011). Mejoramiento vegetal: su importancia para la producción agrícola. *Agronomía y Forestal*, 42(2011), 17-25. <https://bityl.co/GyIl>
- Stewart, W. M. (2007). *Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes*. <https://bityl.co/GyIs>

- Vega, A. M. J. (2020). *Evaluación de cachaza fresca y descompuesta como abono orgánico en el rendimiento de arveja (Pisum sativum L.) variedad piquinegra, en la granja experimental "La Pradera"* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. <https://bityl.co/GyJ7>
- Wiesner, C., (2000). Metodología para la definición de una estrategia de arborización. Foro de Arborización Urbana.
- Yepis, O., Fundora, O., Pereira, C., & Crespo, T. (1999). La contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate. *Scientia Gerundensis*, 24, 5-12. <https://bityl.co/GyJA>