



## ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTUDIO FISCOQUÍMICO DE SUELOS CON PLANTACIÓN DE *Theobroma Cacao L.* EN ZONAS ESPECÍFICAS DE LOS MUNICIPIOS DE BELÉN DE UMBRÍA-RISARALDA Y BELALCÁZAR-CALDAS

Daniel Alejandro Giraldo Ramírez, <sup>1</sup>: ✉ Deicy Alexandra Valencia Andrade, <sup>2</sup>: Diana Carolina Meza Sepúlveda <sup>3</sup>;

<sup>1,2,3</sup> Escuela de  
Química, Universidad  
Tecnológica de  
Pereira, Pereira,  
Colombia.



1dcmeza@utp.edu.co

**Palabras clave**—  
Theobroma cacao L. –  
Suelo – Potencialidad  
–Características  
fiscoquímicas –  
Prueba Tukey – Vivero  
– La Solita – La  
Española– Belalcázar  
– Belén de Umbría

### RESUMEN

*El análisis de suelos es una herramienta importante para estimar la disponibilidad de nutrientes para el correcto crecimiento de las plantas. Se realizó el análisis de suelo de dos fincas: "La Española" ubicada en el municipio de Belalcázar - Caldas, para identificar las características fiscoquímicas del suelo donde se desarrolla el cultivo de Theobroma cacao L. y compararlas con las características del suelo que posee "La Solita", ubicada en el municipio de Belén de Umbría – Risaralda. Esto con el fin de determinar así las similitudes entre ellas, para posteriormente realizar una aproximación sobre la potencialidad fiscoquímica del suelo que posee Belén para desarrollar este cultivo. Para ello se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos de cada nutriente (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, MO), pH y CE comparándolos a través de la prueba de Tukey. Concluyendo que aunque existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de K, Fe y pH, el suelo de la finca "La Solita" tiene potencial para desarrollar el cultivo de Theobroma cacao L.*

*Adicionalmente se caracterizó el sustrato utilizado en el Vivero María Luisa ubicado en la vereda La Esperanza del municipio de Belén de Umbría, encontrándose que el sustrato utilizado es rico en los nutrientes que la plántula de Theobroma cacao L. requiere en su etapa inicial de crecimiento en relación con los requerimientos bibliográficos.*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF SOILS WITH PLANTATION OF *Theobroma Cacao L.* IN SPECIFIC AREAS OF THE TOWN OF BELEN DE UMBRIA-RISARALDA AND BELALCAZAR-CALDAS.

**Key Word** —  
Theobroma cacao L. -  
Soil - Potentiality -  
Physico-chemical  
characteristics - Tukey  
test - Nursery - La  
Solita – La Española–  
Belalcázar – Belén de  
Umbría

SUELOS  
ECUATORIALES  
48 (1 Y 2): 57-63  
ISSN 0562-5351

### ABSTRACT

Soil analysis is an important tool for estimating the availability of nutrients for plant growth. The analysis is performed on two farms: "La Española", located in the town of Belalcázar - Caldas, was carried out to identify the physicochemical characteristics of the soil where the cultivation of *Theobroma cacao L.* is grown and compare them with the characteristics of the soil that has "La Solita", located in the town of Belén de Umbría - Risaralda. This in order to determine the similarities between them, to then make an approximation about the physicochemical potential of the soil that Belén has to develop this crop. For this, a statistical analysis of the results obtained for each of the nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, B, MO) pH and CE was carried out comparing them through the Tukey test. In conclusion, although there are statistically significant differences in the content of K, Fe and pH, the soil of the farm "La Solita" is potential to develop the cultivation of *Theobroma cacao L.* Additionally, the substrate used in the María Luisa Nursery located in the sidewalk of La Esperanza in the town of Belén de Umbría was characterized, finding that the substrate used is rich in the nutrients that *Theobroma cacao L.* requires in its initial stage of growth in relation to bibliographic requirements.

Rec.: 02.04.2018

Acep.: 01.06.2018

## INTRODUCCIÓN

El *Theobroma cacao* L. es uno de los productos que cuenta con ventajas comparativas en Colombia, derivadas de las condiciones naturales para su producción, de las características agroecológicas en términos de clima y humedad; además, una porción no despreciable de la producción de cacao se cataloga como de cacao fino y de aroma que lo hace deseable para la elaboración de chocolates finos, que se produce en mayor o menor escala en casi todas las regiones del país.[1]

El 93% de la producción mundial de cacao se concentra en 10 países, entre los más representativos se encuentra Costa de Marfil con un 36.9 %, Ghana 21.3%, Indonesia 10.4%, Ecuador 4.9%, Colombia 1.2%, entre otros [2]. De acuerdo con lo anterior el *Theobroma cacao* L. en Colombia es un cultivo promisorio nacional e internacionalmente.

El cultivo de cacao es típicamente humbrófilo, pero bajo condiciones especiales de luminosidad y de distribución o provisión de agua, puede ser cultivado a plena exposición solar, teniendo presente los requerimientos de otros factores climáticos. Entre los factores ecológicos más importantes que afectan el cultivo de cacao, están la temperatura y la lluvia, que son considerados como factores climáticos críticos para su desarrollo [3]. La selección de un suelo apropiado es fundamental para obtener cultivos de cacao de alta productividad, la textura del suelo es una propiedad de gran importancia para la agricultura. En el caso del cacao, la mejor textura corresponde a suelos que contengan una mezcla de arena, limo y arcilla en tales proporciones que exhibe las propiedades de las tres fracciones de modo equilibrado[4].

Colombia cuenta con una potencialidad de dos millones de hectáreas aptas para el desarrollo de cultivos de cacao; en el caso de Caldas se encuentran sembradas cerca de cuatro mil quinientas hectáreas. El departamento tiene ventajas agroecológicas frente a otras regiones, pues los suelos de la región son profundos y de cenizas volcánicas, lo que aporta a las condiciones de producción que necesita el cacao. Caldas es un buen productor de cacao y aporta con el 24.36% en la exportación de cacao en

Colombia [2]. Con relación a lo anterior el municipio de Belalcázar (Caldas) es tomado como modelo frente al municipio de Belén de Umbría (Risaralda) por contar con las condiciones agroclimáticas ideales para el cultivo.

Teóricamente el municipio de Belén de Umbría cuenta con las condiciones ideales para el cultivo de *Theobroma cacao* L. debido a su cercanía con el municipio de Belalcázar; aunque no se han identificado las condiciones reales, este cultivo siempre ha estado presente en las parcelas de la localidad. Además cuenta con avances tan importantes como la asociación de cacaoteros que genera progreso a la comunidad Belumbrense, pues esta asociación específicamente ve el potencial de la transformación del cacao y el desarrollo agroindustrial del mismo como un factor diferenciador [5].

Por esta razón, el objetivo principal del estudio es caracterizar y comparar las propiedades del suelo del municipio de Belalcázar con las del municipio de Belén de Umbría, determinando así las similitudes entre ellos y el potencial fisicoquímico del suelo que posee Belén para el cultivo de *Theobroma cacao* L.

## METODOLOGIA

Área de estudio. La finca "La Española" del municipio de Belalcázar, Caldas se encuentra ubicada geográficamente entre los 5° 2' Latitud Norte, 75° 49' Longitud occidente y a 1.200 msnm, con una temperatura promedio de 16,7 °C, humedad relativa del 87,8%, precipitación promedio anual de 1900 mm [6] e incidencia solar de 14,6 MJ/m<sup>2</sup> [7].

Con un área de 40 cuadras y un relieve plano, ligeramente ondulado, cuenta con plantaciones de cacao hace más de 40 años. Existen 18 especies de *Theobroma cacao* L. sembrados en un área de 6 hectáreas con una distancia 3x3m, intercalando cada especie; siendo la especie CCN51 la que presenta mayor producción.

La finca "La Solita" del municipio de Belén de Umbría, Risaralda se encuentra ubicada geográficamente entre los 5° 10' Latitud Norte, 75° 51' Longitud occidente y a 1.200

msnm con una temperatura promedio de 16,7 °C, humedad relativa del 91,5%, precipitación promedio anual de 2180 mm [8] e incidencia solar de 14,6 MJ/m<sup>2</sup> día [7].

En una hectárea de relieve plano, ligeramente ondulado a 5x5m de distancia, se encuentran sembrados ochocientos árboles de *Theobroma cacao* L. estando presentes los siguientes clones ICS1 CLONES REGIONALES, FEAR5, FSV41, LUKER 40, TCS0 y CAU37-39-42, IMC67, EET 96-400 como especies de patronaje.

Adicionalmente se realizó la caracterización del sustrato empleado en el vivero María Luisa, con el fin de determinar si este cumple con los nutrientes que la plántula requiere. Este vivero se encuentra ubicado en la vereda la Esperanza del municipio de Belén de Umbría y cuenta con una certificación ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) con el número de registro 66-088-0669 del 2016.

Para alcanzar el objetivo planteado se definieron tres fases dentro de la investigación. La primera de muestreo en campo y tratamiento de las muestras para su análisis, la segunda de caracterización de suelos y una tercera de análisis estadístico.

#### A. Muestreo en el campo.

Seleccionar lugar para la toma de muestra en finca La Solita y el vivero María Luisa en el municipio de Belén de Umbría, Risaralda y la finca La Española en el municipio de Belalcázar, Caldas según metodología 1.A.1 de Investigación de suelos [9].

Toma muestras de suelo según Avance Técnico No. 64 de Cenicafé [10].

#### B. Análisis de caracterización de suelo.

Se realizaron por triplicado con las siguientes metodologías: pH por potenciómetro; materia orgánica (MO) por Walkley y Black y determinación por espectrofotómetro a 585nm; nitrógeno orgánico (NO) método indirecto mediante tablas con base al contenido de materia orgánica; Bray II para fósforo (P) por colorimetría medida en espectrofotómetro a 660nm; potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) mediante

extracción con acetato de amonio 1N, pH=7,0 y determinación por espectrofotometría de absorción atómica, al igual que manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn) pero mediante extracción con acetato de amonio-EDTA; boro (B) mediante la formación de un complejo con azometina H y determinación por espectrofotómetro a 420nm; azufre (S) por método turbidimétrico y conductividad eléctrica (CE) por conductímetro.

#### C. Análisis estadístico.

Se utilizó el software Statgraphics Centurion XVI.II para realizar la prueba de Tukey y así determinar si existe o no diferencia significativa entre los suelos en estudio.

### RESULTADOS

La importancia de esta práctica, radica en conocer los contenidos de nutrientes con los que cuentan las zonas de estudio, para posteriormente realizar una aproximación sobre la potencialidad fisicoquímica de los suelos para el cultivo de *Theobroma cacao* L. Para esto es necesario contrastar los resultados de los análisis de suelos obtenidos con las variables identificadas de la revisión bibliográfica. En la Tabla 1 se presentan los resultados de los análisis de suelos realizados y los requerimientos nutricionales para el cultivo de *Theobroma cacao* L. en su etapa de producción media. En esta tabla se observa que la mayoría de los nutrientes en el suelo se encuentran en exceso con respecto a los valores teóricos del requerimiento nutricional para la planta de cacao. Esta excesiva concentración de nutrientes puede ser no tóxica, pero sí puede influir en la asimilación de otros nutrientes [11].

Por otra parte, B y P son los elementos que se encuentran en deficiencia, los cuales pueden afectar en la floración y el crecimiento normal de la planta respectivamente [11].

Los suelos del país son generalmente deficientes en uno o más de los nutrientes esenciales (N, P, K) para el crecimiento de las plantas [1], por esta razón no es sorprendente evidenciar dicha deficiencia de fósforo.

Aunque teóricamente “La Española” no cumple con algunos parámetros óptimos para el cultivo de *Theobroma*

cacao L., debido a que no se encuentran dentro del rango ideal para su desarrollo; esta finca sigue siendo referente en producción. Por ello se compara la finca la Solita con esta, a través de una prueba de Tukey para conocer su potencialidad fisicoquímica del suelo.

procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ( $P \leq 0,05$ ).

Los gráficos de las Figuras 1 a 14, fueron los resultados de la comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, a través del

Los resultados de esta prueba muestran diferencias estadísticamente significativas (prueba de Tukey  $P \leq 0,05$ ), entre los suelos de la finca “La solita” y “La Española” en los elementos Cu, Zn, Mn, Ca, Mg, K, Fe, P y pH. De los cuales los cinco primeros elementos presentan una diferencia menor en el contraste de cada par de medidas.

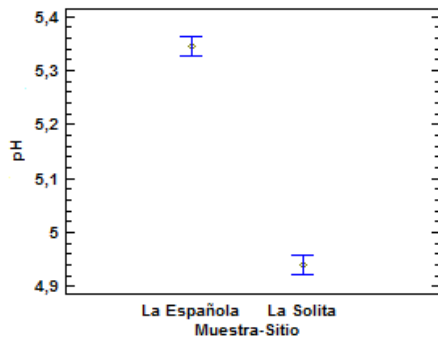
**TABLA I.** Caracterización fisicoquímica del suelo de los sitios en estudio y los requerimientos nutricionales para el *theobroma cacao l.* En Colombia.

Muestra-Sitio	pH	Contenido de minerales											mmhos/cm	
		meq/100g		kg/Ha							ppm			
		Ca	MO	Mg	Mn	N	P	Zn	K	Cu	Fe	B		S
La Solita	4,95	48,44	21,46	8381,1	465,9	17920	2,80	12,8	1511,4	12	298	0,117	1,120	0,121
La Española	5,35	74,70	21,29	10481,1	353,3	17920	8,10	20,5	8628,3	7	219	0,133	1,641	0,177
<b>Requerimientos**</b>	5,5 a 5	4 a 8	> 5%	129	6,1	438	48	1,5	633	*	*	>0,2	*	*

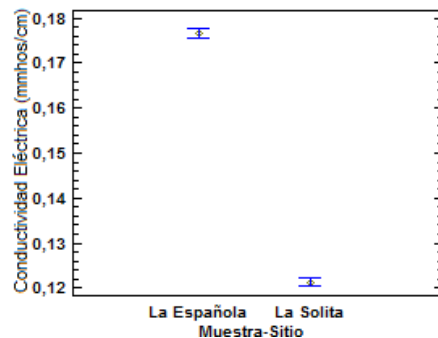
Fuente propia. Se realizaron las conversiones necesarias de las unidades de ppm y meq/100 g de suelo para obtener los valores reportados en kg/Ha.

\* No se encuentran valores reportados bibliográficamente

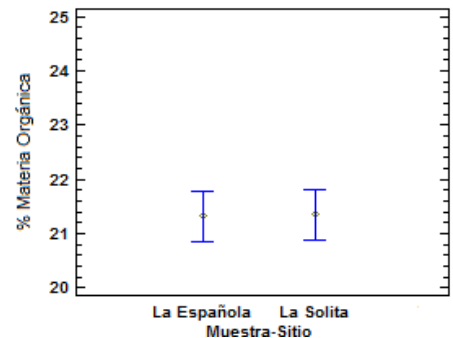
\*\* Rojas, 2012; Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 1993; CORPOICA 2005.



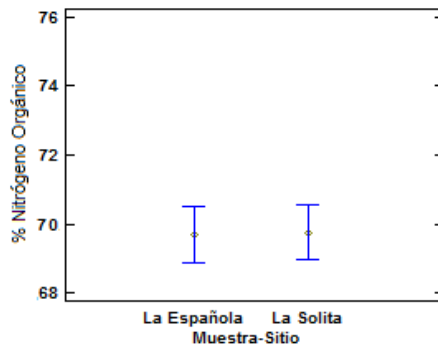
**Figura 1.** Comparación múltiple de pH entre las dos fincas.



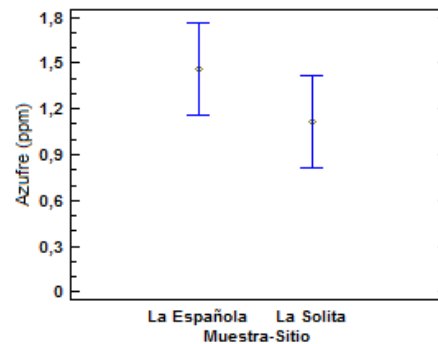
**Figura 2.** Comparación múltiple de CE entre las dos fincas.



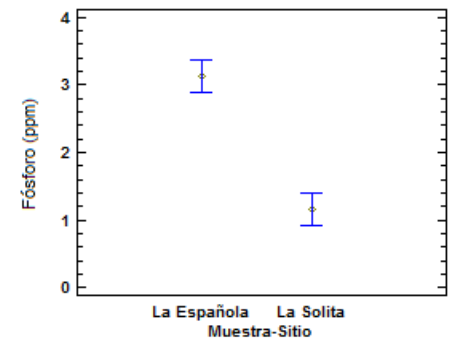
**Figura 3.** Comparación múltiple de M.O entre las dos fincas.



**Figura 4.** Comparación múltiple de N.O entre las dos fincas.



**Figura 5.** Comparación múltiple de S entre las dos fincas.



**Figura 6.** Comparación múltiple de P entre las dos fincas.

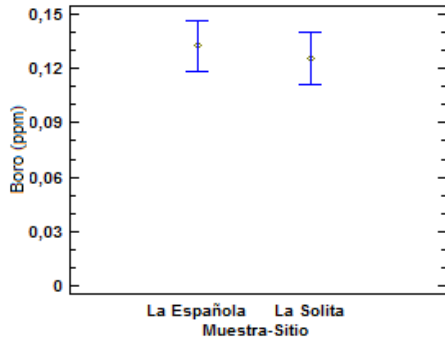


Figura 7. Comparación múltiple de B entre las dos fincas.

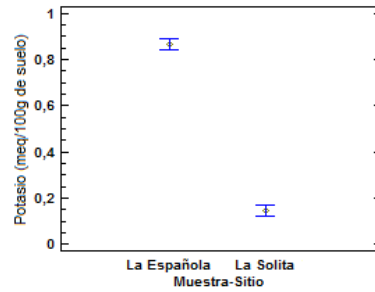


Figura 8. Comparación múltiple de K entre las dos fincas.

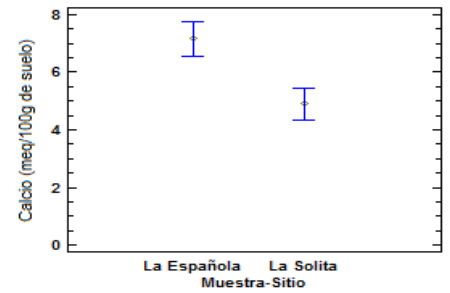


Figura 9. Comparación múltiple de Ca entre las dos fincas.

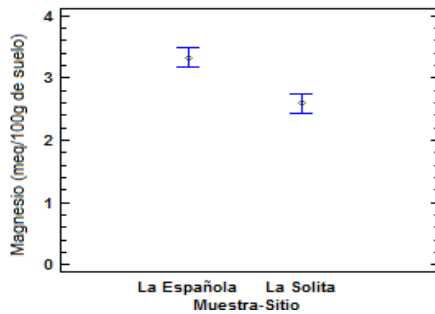


Figura 10. Comparación múltiple de Mg entre las dos fincas.

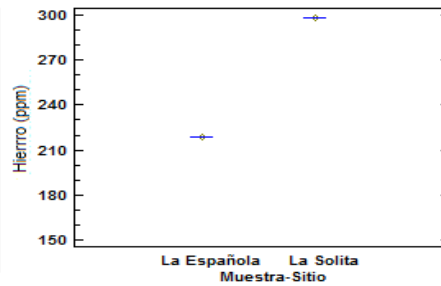


Figura 11. Comparación múltiple de Fe entre las dos fincas.

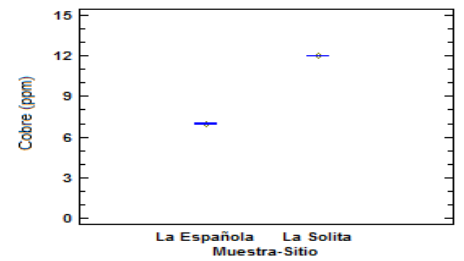


Figura 12. Comparación múltiple de Cu entre las dos fincas.

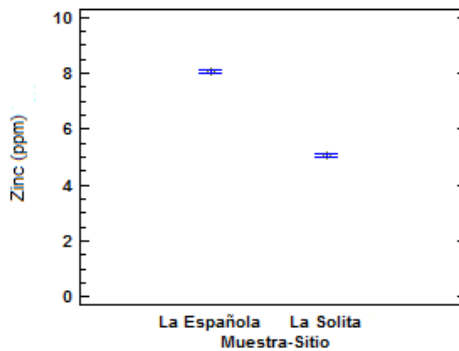


Figura 13. Comparación múltiple de Zn entre las dos fincas.

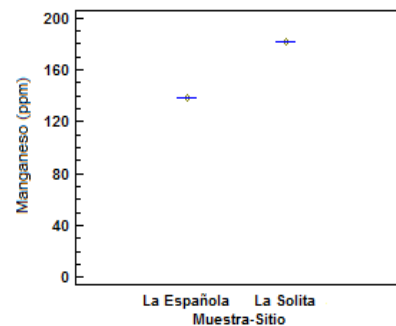


Figura 14. Comparación múltiple de Mn entre las dos fincas.

Es importante resaltar que la diferencia presentada en la comparación del elemento P entre fincas, se debe a una previa fertilización en La Española, hecho que altera directamente los resultados obtenidos. Mientras que para los siguientes elementos B, S, NO y M.O no se presentan diferencias estadísticamente significativas.

La finca “La Solita” presenta un comportamiento similar a “La Española” con la mayoría de los elementos exceptuando en K, Fe y pH; estas diferencias se pueden solventar mediante tratamientos de fertilización, para así asegurar su productividad.

Para garantizar las condiciones óptimas del cultivo, también se deben tener en cuentas las condiciones

agroecológicas, tales como: la temperatura, precipitación, radiación solar y la humedad relativa, ya que afectan los procesos fisiológicos en la planta [12]. Estas condiciones son presentadas en la Tabla II.

**TABLA II.** Comparación características agroclimáticas para las fincas en estudio.

Características	La solita	La Española
Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m)	1200	1200
Temperatura media anual	16,7	16,7
precipitación anual (mm)	2180	1900

Fuente propia

La finca “La Solita” posee condiciones climáticas muy similares a “La Española”, lo cual aumenta su potencialidad para el cultivo de cacao.

Por otra parte la cantidad de nutrientes extraída por plantas está directamente relacionada con su desarrollo, haciendo necesario identificar si el sustrato utilizado en En la Tabla III se presentan los resultados de la caracterización del sustrato utilizado por el vivero y los

requerimientos del *Theobroma cacao* L. en su etapa inicial de crecimiento.

Con relación a los requerimientos de *Theobroma cacao* L., en la tapa inicial de crecimiento, el sustrato posee altos niveles de concentración de Ca, Mg, Mn, Zn, N, P, K y un pH adecuado. Por lo tanto no es necesario la adición de estos elementos ya que podrían saturar el sustrato a utilizar.

**TABLA III.** Caracterización fisicoquímica del sustrato y los requerimientos nutricionales para el *theobroma cacao* l. En vivero.

Vivero	pH	Contenido de minerales												mmhos/ cm
		%		kg/Ha						ppm				
		MO	Ca	Mg	Mn	N	P	Zn	K	Cu	Fe	B	S	
Maria Luisa	5,26	23,58	7330,7	1135,5	465,9	18944	2,3	2,6	920	1	155	0,047	0,37	0,177
<b>Requerimientos**</b>	5,5 a 5	*	2,3	1,1	0,04	2,4	0,6	0,01	2,4	*	*	*	*	*

Fuente propia.<sup>1</sup>

\* No se encuentran valores reportados bibliográficamente

\*\* Rojas, 2012; Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 1993.

## CONCLUSIONES

La prueba de Tuky aplicada, indicó que el contenido de B, S, N y MO entre las dos fincas fueron estadísticamente similares, mientras que en las demás características químicas se observan algunas diferencias entre ellas. La finca La Solita es un área potencial para el cultivo de *Theobroma cacao* L ya que satisface las demandas fisicoquímicas que este cultivo requiere. Además la similitud de relieve, clima y características de suelo entre las dos fincas hacen que la potencialidad para el *Theobroma cacao* L. de la finca La Solita sea semejante a la presentada por la finca La Española. El análisis de suelo

del vivero María Luisa permitió conocer la composición química del sustrato empleado, determinando que los nutrientes contenidos en este, se encuentran en cantidades por encima de los valores teóricos requeridos para garantizar el correcto desarrollo de la plántula.

## RECOMENDACIONES

Para una productividad alta a costos bajos y que a su vez, sirvan de orientación a otras fincas con el mismo propósito, es necesario implementar el acompañamiento del servicio técnico. Siendo este el factor más importante

a la hora de iniciar un cultivo de *Theobroma cacao* L., con el fin de aprovechar al máximo las condiciones que el predio proporciona y evitar así pérdidas en la producción debido a un mal manejo del cultivo por factores técnicos.

## REFERENCIAS

- [1] J. L. Ruales Mora, H. Burbano Orjuela, and W. Ballesteros P, "Efecto de la fertilización con diversas fuentes sobre el rendimiento de cacao (*Theobromacacao* L.)," *Rev. ciencias agrícolas*, vol. XXVIII, pp. 81–94, 2011.
- [2] P. COLOMBIA, "Oportunidades de mercado para exportar cacao colombiano," 2014. [Online]. Available: <http://www.procolombia.co/memorias/oportunidades-de-mercado-para-exportar-cacao-colombiano>. [Accessed: 10-Sep-2016].
- [3] G. Enríquez Calderon and A. Parades Pérez, *El cultivo de cacao*, 2da ed. Costa Rica, 1989.
- [4] Á. L. Palacios Cedeño, "Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano," Universidad Técnica de Manabí, 2008.
- [5] G. J. Giraldo, "Belén de Umbria ahora huele a cacao," *Vocero del café*, 2015. [Online]. Available: <http://www.vocerodelcafe.com/regional/belen-de-umbria-ahora-huele-a-cacao%0A>. [Accessed: 22-Apr-2017].
- [6] A. Belalcázar-Caldas, "Nuestro Municipio (Geografía)," 2017. [Online]. Available: [www.belalcazar-caldas.gov.co/informacion\\_general.shtml#geografia](http://www.belalcazar-caldas.gov.co/informacion_general.shtml#geografia). [Accessed: 24-Mar-2017].
- [7] NASA, W. Paul, and J. Stackhouse, "Climatology Resource For Agroclimatology." 2011.
- [8] Corporación Autónoma Regional de Risaralda-CARDER, "Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Belén de Umbria Risaralda," Pereira.
- [9] A. tr Contin Sanz, *Investigacion de suelos ; metodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras*. 1972.
- [10] L. Carrillo, *Manual de laboratorio de suelos*. 1985.
- [11] F. Hardy, *Manual de cacao*, Edición en. Turrialba, Costa Rica, 1961.
- [12] F. Leal, L. Avilán, and E. Valderrama, "Áreas potenciales para el desarrollo del cacao en Venezuela," *Agroalimentaria*, vol. 8, p. 40, 1999.
- [13] D. Orozco Cardona and J. V. Zarama Buritica, "Validación, determinación de la incertidumbre de la metodología por espectrofotometría de absorción-atómica de (Ca,Mg y K) y (Fe,Mn,Zn y Cu) en es análisis de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira," Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [14] P. A. Arias Calle and J. Nieto Sepúlveda, "Validación y estimación de la incertidumbre para la determinación de materia orgánica, fósforo, boro y pH, en el laboratorio de análisis de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira," Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [15] Instituto Nacional Autonomo De Investigaciones Agropecuarias, *Manual del cultivo de cacao*, 2da ed. ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE DEL INIAP, 1993.
- [16] E. I. Leiva Rojas, "Aspecto para la nutrición del cacao *Theobroma cacao* L.," Bogota, 2012.
- [17] V. A. Sánchez Campuzano, "Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial," 2007.
- [18] M. A. Patiño Gonzales, S. Sadeghian Khalajabadi, and E. C. Montoya Resrepo, "Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del Valle del Cauca mediante registros históricos," *Cenicafé*, vol. 57(1), pp. 7–16, 2006.
- [19] R. Moreno Galvis, "Algunos aspectos de la fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) con observaciones preliminares sobre su respuesta a la aplicación de tres elementos mayores al suelo," Universidad Nacional de Colombia, 1995.
- [20] J. Garcia Lozano, M. Romero Carrascal, and A. Ortiz Lilia, "Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de cacao," Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-CORPOICA, 2005.
- [21] M. y E. A.-I. Instituto de Hidrología, "Información diaria de precipitación y temperatura/Noviembre 2016," IDEAM, 2014. [Online]. Available: [www.pronosticosyalertas.gov.co](http://www.pronosticosyalertas.gov.co). [Accessed: 24-Mar-2017].