

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL**

**CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE CINCO SITIOS DE LA
ZONA SUR DE COSTA RICA CON PRESENCIA
ABUNDANTE DE LA ESPECIE *Platymiscium pinnatum*
(Jacq.) Dugand. (CRISTÓBAL).**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

ROLANDO RODRÍGUEZ PERAZA.

CARTAGO, COSTA RICA, 2018.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE CINCO SITIOS DE LA
ZONA SUR DE COSTA RICA CON PRESENCIA
ABUNDANTE DE LA ESPECIE *Platymiscium pinnatum*
(Jacq.) Dugand. (CRISTÓBAL).**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

ROLANDO RODRÍGUEZ PERAZA.

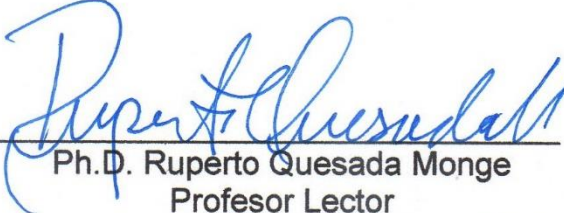
CARTAGO, COSTA RICA, 2018.

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

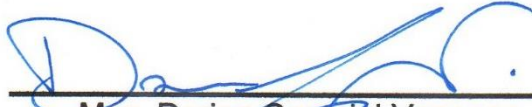
Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Edwin Antonio Esquivel Segura, Ph.D. Ruperto Quesada Monge, Msc. Dorian Carvajal Vanegas, Ing. Nelson Fallas Campos, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



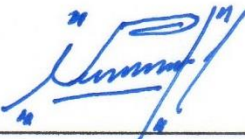
Ph.D. Edwin Antonio Esquivel Segura
Director de Tesis
Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR



Ph.D. Ruperto Quesada Monge
Profesor Lector
Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR



Msc. Dorian Carvajal Vanegas
Coordinador
Trabajos Finales de Graduación, ITCR



Lector: Ing. Nelson Fallas Campos
Lector de Tesis
Área de Conservación La Amistad
Pacífico (SINAC-ACLAP)



Rolando Rodríguez Peraza.
Estudiante

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS DE CINCO SITIOS DE LA ZONA SUR DE COSTA RICA CON PRESENCIA ABUNDANTE DE LA ESPECIE *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand. (CRISTÓBAL).

EDAPHIC CHARACTERISTICS OF FIVE SITES IN THE SOUTHERN ZONE OF COSTA RICA WITH ABUNDANT PRESENCE OF THE SPECIES *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand. (CRISTÓBAL).

Rolando Rodríguez-Peraza*

RESUMEN

El estudio de las diferentes condiciones que afectan una especie que se encuentra catalogada en peligro de extinción es de suma importancia en pro de encaminarnos hacia el conocimiento de su correcto manejo y conservación. Razón por la cual la presente investigación consistió en conocer cuáles son las condiciones edáficas existentes en cinco lugares de la Zona Sur de Costa Rica en los que hay rodales puros de cristóbal, *Platymiscium pinnatum*. Para lograr obtener esta información se establecieron en los sitios donde se ubican los rodales parcelas de una hectárea en las que se realizó muestreo de suelos de acuerdo a los protocolos establecidos por el INTA, de igual manera se realizó el inventario de todos los individuos de la especie dentro de la parcela. Los resultados indicaron que la especie no tiene preferencia en términos de la granulometría del suelo ya que se logró encontrar tanto en suelos arenosos como arcillosos, a su vez demuestra que desde el punto de vista químico el cristóbal tiende a establecerse en sitios ligeramente ácidos, sin embargo, tiende a desaparecer cuando la acidez se vuelve muy fuerte. Resulta de mucha preocupación la ausencia de la especie en las clases diamétricas inferiores ya que se estaría dando una interrupción en el ciclo de la misma, siendo que en la zona es conocida su alta capacidad de germinación en vivero. Se recomienda realizar estudios enfocados a encontrar cual está siendo la limitante para su regeneración natural.

Palabras claves: Peligro Crítico, Ultisoles, Bosque Húmedo, Maderas preciosas.

ABSTRACT

The study of the different conditions that affect a species that is listed as endangered, is of utmost importance in order to guide us to the knowledge of its proper management and conservation. For this reason, this investigation consisted in knowing which are the existing edaphic conditions in five places of the south zone of Costa Rica in which there are pure stands of cristóbal *Platymiscium pinnatum*. In order to obtain this information, they were established in the places where the stands were located, plots of one hectare in which soil sampling was carried out according to the protocols established by the INTA, and an inventory of all the individuals of the species within the plot. The results indicated that the species does not have a preference in terms of the granulometry of the soil since it was found in both sandy and clay soils, in turn demonstrates that from the chemical point of view the cristóbal tends to settle in acidic sites, however It tends to disappear when the acidity becomes very strong. It is of great concern the absence of the species in the lower diameter classes since it would be giving an interruption in the cycle of the species, being that in the area is known its high germination capacity in nursery, should be conducted studies focused on find out what is being the limiting factor for your natural regeneration.

Keywords: Critical Danger, Ultisoles, Wet Forest, Precious Woods.



Este obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

*Rodríguez Peraza, R. 2018. Características edáficas de cinco sitios de la Zona Sur de Costa Rica con presencia abundante de la especie *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand. (cristóbal). Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 36 p.

DEDICATORIA

A Dios

por darme la fuerza, motivación y confianza para concluir esta etapa.

A mi familia

Con todo el amor del mundo a las tres personas que han vivido a mi lado día a día esta experiencia, personas que llenan mi vida de alegría y quienes son la razón para seguir luchando; a mi esposa Tattiana Rojas Chavarría y mis hijas María Celeste y Zoe Tattiana Rodríguez Rojas.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradezco a Dios por hacer que todo esto fuera posible y darme la fuerza, la motivación para no rendirme y hacer este proceso menos difícil.

A mi esposa y mis hijas, por darme siempre el apoyo necesario para cumplir todas mis metas.

A los profesores Edwin Antonio Esquivel Segura y Ruperto Quesada Monge por su aporte y consejería para la elaboración de este proyecto.

A las señoras Clotilde y Anaís Chavarría por toda su ayuda en todo momento y a Juan Pablo Vásquez por su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
INTRODUCCIÓN	9
MATERIALES Y MÉTODOS	13
Descripción de las áreas de estudio	13
Colecta de Muestras Vegetativas	13
Colecta de Muestras de Suelo	14
Evaluación de regeneración e Inventario de árboles	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
Identificación de Muestras Vegetativas	17
Análisis de Suelos	18
Evaluación de regeneración e inventario de árboles	26
CONCLUSIONES	30
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS	32
ANEXOS	35

ÍNDICE DE CUADROS

Núm.	Título	Pág.
1	Interpretación del análisis de suelos para los cinco sitios estudiados. ...	20
2	Interpretación de resultados de análisis de suelos en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica	20
3	Resultados para las relaciones catiónicas y porcentaje de saturación del Al que se presentan para los diferentes sitios en estudio.	21
4	Resultados de análisis químico realizado en muestras recolectadas a profundidades de 0-20 centímetros y de 20-40 centímetros.	22
5	Resultados de análisis químico realizado en muestras recolectadas a una profundidad de 0-20 centímetros del sitio Testigo (Sin presencia de la especie).	23
6	Interpretación del análisis de suelos para los diferentes sitios testigo	24
7	Resultado de Análisis granulométrico de las muestras de suelos tomadas a profundidades de 0-20 centímetros y 20-40 centímetros para cada sitio en estudio y de 0-20 centímetros en muestra testigo.	25
8	Ubicación de parcelas, cantidad de árboles y volumen por hectárea.	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Núm.	Título	Pág.
1	Árbol de cristóbal: A. Detalle de sus hojas; B. Detalle de los frutos; C. Árbol con follaje, E. Árbol en floración, D. Detalle de sus flores.....	10
2	Ubicación de los rodales de cristóbal en estudio sobre los respectivos cantones y distritos.....	14
3	Diseño de parcela para el muestreo de suelo.	15
4	Distribución diamétrica de los árboles de cristóbal en relación al lugar donde se estableció la parcela.	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Núm.	Título	Pág.
5	Detalle del has y envés de las hojas del Cristóbal.....	35
6	Detalle de los frutos de cristóbal (sámaras), aún verdes.	35
7	Rodal de Cristóbal, ubicado en El Peje de Volcán, Buenos Aires.	36
8	Es común encontrar la especie creciendo en condiciones de alta pedregosidad, además se da un tipo de simbiosis con la especie de abeja “Mariolas” (Tetragonisca angustula) que se encuentra viviendo en su fuste.	36

INTRODUCCIÓN

Los árboles de la especie cristóbal pueden alcanzar hasta alturas de 40 metros y diámetros de 90 centímetros; presenta hojas imparipinadas, opuestas con cuatro a siete folíolos opuestos, sus flores son típicas de la familia papilionácea con un color anaranjado amarillento, sus frutos son legumbres samaroides planas que pasan del verde al grisáceo en su madurez y pueden medir entre 5 y 10 centímetros de largo, conteniendo solo una semilla en forma de frijol aplanado [1].

Holdridge menciona que en Costa Rica la especie *Platymiscium pinnatum* (Jacq.) Dugand se ubica en la zona de Buenos Aires [2], en elevaciones bajas y bajo medianas, en formaciones de bosque siempre verde, con climas húmedo a muy húmedos, se le encuentra creciendo en lomas o áreas bien drenadas, con pendientes que no superan el 30% [1]. La floración en la Zona Sur está presente entre enero y febrero; se reproduce por semilla en las que se han realizado pruebas de germinación dando como resultado un 80% [1].

La madera de esta especie es considerada una de las más finas de Costa Rica, utilizada en fabricación de muebles, pisos, artesanías e instrumentos musicales. Esto debido a su belleza y trabajabilidad. La misma es considerada como dura, de pesada a muy pesada con un peso en específico de 0,75 a 1,2, color pardo rojizo, con líneas rojas y negras [1], [2].

Esta especie es considerada como especie amenazada, está protegida por la Ley Forestal 7575 [3] y decreto número 25700-MINAE [4] por lo que está prohibida su tala y aprovechamiento.

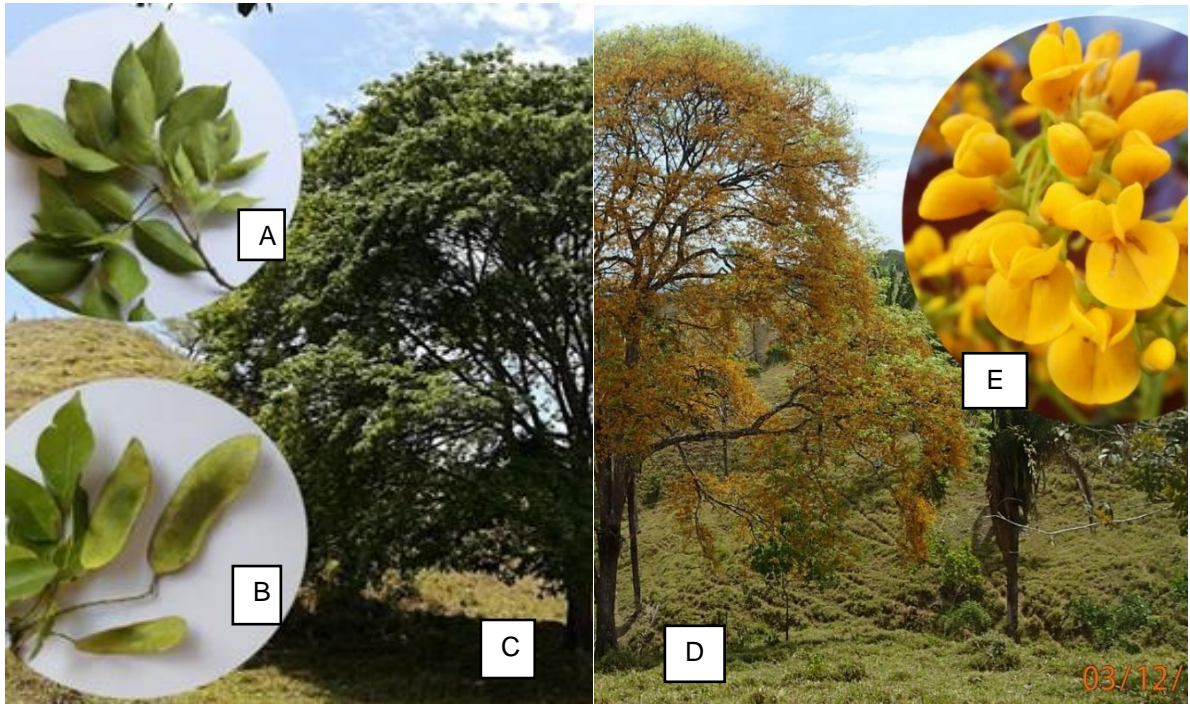


Figura 1. Árbol de cristóbal: A. Detalle de sus hojas; B. Detalle de los frutos; Árbol con follaje, E. Árbol en floración, D. Detalle de sus flores.

Figure 1. Cristóbal tree. A. Detail of its leaves; B. Detail of the fruits; Tree with foliage, E. Tree in bloom, D. Detail of its flowers.

El que una especie determinada sea catalogada dentro de las diferentes categorías de conservación y que la misma sea clasificada desde vulnerable hasta alcanzar un nivel de peligro de extinción, puede estar ligado a diversos factores; en los que se incluyen las causas naturales tales como: el cambio climático, sequias, inundaciones o incendios; sin embargo, para el caso específico se enfatiza la especie cristóbal en el área geográfica de los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires, su amenaza podría ir de la mano con actividades antropogénicas que le afectan de manera directa o indirecta, como por ejemplo el aprovechamiento [5].

Como es conocido para que una especie llegue al estado de especie vulnerable, en peligro o en peligro crítico de extinción, se enmarca en algunos criterios tales como: extensión de presencia, reducción de su hábitat e índice de explotación. Para el caso del cristóbal, especie presente en el área de estudio es conocido por medio de la observación y la literatura que presenta una floración y fructificación abundante, además, de que su porcentaje de germinación tanto de modo natural como en vivero es alto; de este modo se tiene una especie que no tiene problemas fenológicos ni reproductivos, situación que nos estaría llevando a que su estatus actual de especie en peligro crítico de extinción, encaje en uno o varios de los criterios arriba mencionados [6].

Existen en la Zona Sur sitios puntuales donde la presencia de cristóbal es abundante, pero en áreas poco extensas [7]; de igual manera para nadie es un secreto que la explotación de esta especie, por su alto valor, se hace de modo ilegal ya que se encuentra en veda desde el año 1996 [3], aunado a esta situación al existir ese impedimento de aprovechamiento aunque el árbol se encuentre caído de modo natural, ha creado una atmósfera negativa contra esta especie, los campesinos la consideran como un enemigo dentro de sus terrenos ya que una vez establecida ocupará una extensión determinada dentro de sus áreas de cultivo y no existe una manera legal de beneficiarse de ella, motivo por el cual es mejor eliminarla en su estado de plántula o brinzal, cuando aún es muy difícil observar y probar el delito.

Entonces la presencia de algunos rodales de la especie en la Zona lleva a pensar que estos están allí por situaciones sentimentales del propietario del terreno, porque quedaron como remanentes de un cambio de uso de la tierra; porque el propietario es una persona conservadora a pesar de que conoce que la especie no se puede aprovechar o que por una razón de descuido de su propiedad (caso particular de fincas ganaderas) los árboles crecieron y si los elimina enfrentaría una situación legal.

Se tiene entonces puntos geográficos específicos en los que la especie existe en pequeñas áreas de modo abundante, sin embargo, la superficie comprendida entre los diferentes puntos de estudio es bastante extensa y con características climáticas y altitudinales similares; el objetivo de la presente investigación es evaluar características edáficas y relacionarlos con la presencia del cristóbal, ya que en una revisión de la capa de suelos aportada por el Atlas de Costa Rica [8], la mayoría de los lugares de estudio propuestos caen sobre suelos Ultisoles; suelos desarrollados que además de tener una fertilidad baja presentan una acumulación de arcilla en el horizonte B. En ellos se recomienda la siembra de especies forestales tolerantes a la acidez [9], estos suelos según la literatura están presentes en aproximadamente un 46,8% de nuestro territorio [10].

Los suelos revisten una gran importancia para la vida en general y en el caso de las plantas no solo le sirven de soporte, ya que es la capa superficial de la tierra donde se desarrollan sus raíces; sino que también es un enorme depósito de nutrientes y agua que ellas utilizan y requieren para poder desarrollar las diferentes etapas de su vida, germinar, crecer, producir flores, frutos, semillas, madera en el caso de los árboles y reproducirse. Siendo que para el cristóbal se conoce por medio de la literatura y pruebas en vivero que su germinación es buena nace la necesidad de explorar otros factores que podrían ser limitantes para que esta especie tenga una mayor extensión de presencia, de esta manera y a modo de investigar una de las posibles restricción de antemano que existe una enorme posibilidad de que los suelos sobre los que se ubican los rodales de cristóbal pertenecen al orden Ultisoles se hace de suma importancia conocer a nivel químico como están compuestos los mismos, razón por la cual se debe proceder a su análisis químico. El análisis químico además de brindar información de la disponibilidad de algunos nutrimentos, indica niveles de pH y acidez, factores sumamente limitantes en el desarrollo de las plantas; sabiendo de antemano que los suelos Ultisoles tienden a ser ácidos, se podría clasificar la especie cristóbal como tolerante o no a los niveles de acidez de acuerdo a los resultados brindados por las pruebas de laboratorio [9].

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de las áreas de estudio:

El estudio se llevó a cabo en cinco sitios con abundancia de cristóbal. Uno de los sitios se ubica en el caserío de Pejibaye, distrito Pejibaye, cantón Pérez Zeledón en la provincia de San José, en coordenada CRTM-05: E: 547184 y N: 1013332; los otros puntos de estudio se distribuyen de la siguiente manera: uno en el caserío El Peje, distrito Volcán, en coordenada CRTM-05: E: 561156 y N: 1012335; uno en el caserío El Socorro, distrito Brunka, en coordenada CRTM-05: E: 565967 y N: 1018202 y dos en el distrito de Potrero Grande, el primero en el caserío de Bajo Coto, en coordenada CRTM-05: E:598032 y N: 990448 y el segundo en el caserío de Potrero Grande en coordenada CRTM-05: E: 592390 N: 997258, todos estos distritos correspondientes al cantón de Buenos Aires de la provincia de Puntarenas (figura 2).

Colecta de Muestras Vegetativas:

Se procedió a recolectar muestras vegetativas de la especie para ser enviadas al Herbario Juvenal Valerio Rodríguez de la Universidad Nacional para su respectiva identificación; este procedimiento consistió en la recolección de estructuras (hojas y flores) montaje en prensa botánica curado con alcohol de 90 grados y envío al herbario.

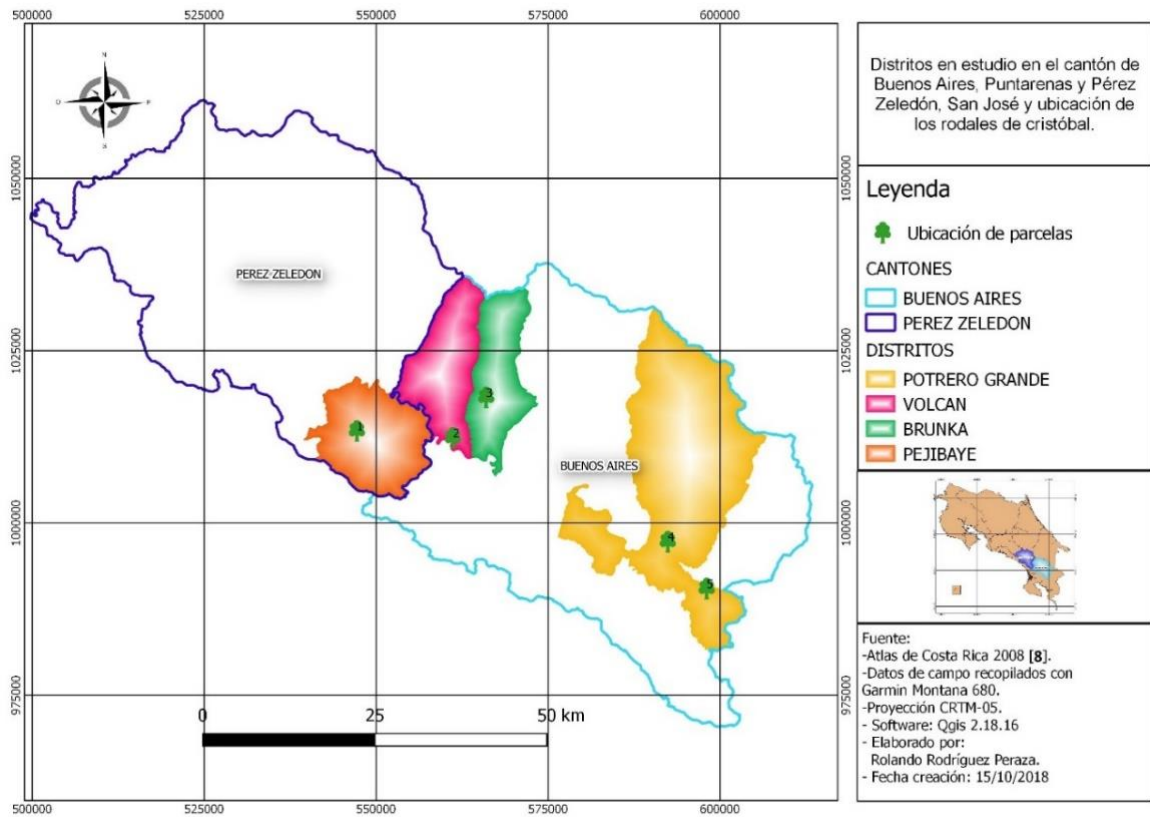


Figura 2. Ubicación de los rodales de cristóbal en estudio sobre los respectivos cantones y distritos.

Figure 2. Location of the cristóbal stands in study over the cantons and districts.

Colecta de Muestras de Suelo:

Para realizar el estudio de suelo se siguió el siguiente protocolo:

Se definió el punto central de la parcela a muestrear.

En cada uno de los sitios de estudio, se procedió a establecer una parcela circular de 54,6 metros de radio y una superficie de 1,0 hectárea, a partir del centro se dividió el círculo cada 45 grados iniciando del norte en sentido de las manecillas del reloj.

En cada una de las líneas imaginarias se tomaron dos submuestras por cada profundidad, que fueron ubicadas partiendo del centro de la siguiente manera: la primera a los 25 metros y la segunda a los 50 metros desde el centro de parcela respectivamente.

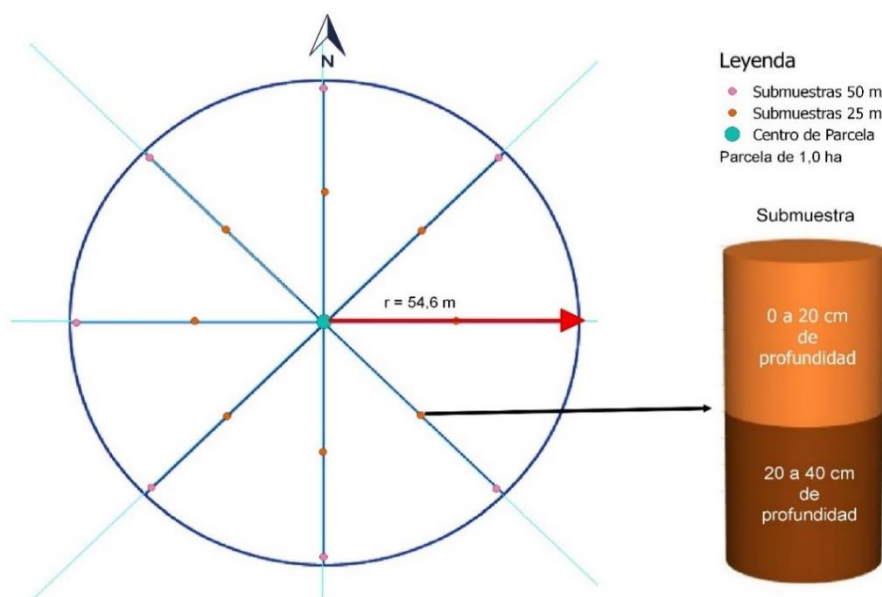


Figura 3. Diseño de parcela para el muestreo de suelo.

Figure 3. Forest sample plot.

De cada uno de los puntos de submuestra con ayuda de un barreno, se tomó una submuestra entre los 0 y 20 centímetros de profundidad y una entre los 20 y 40 centímetros de profundidad.

Las 16 submuestras por profundidad fueron homogenizadas y cuarteadas hasta obtener de cada profundidad una única muestra compuesta con un peso de 1,0 kilogramo.

Las muestras fueron secadas al aire, se procedió a su correcta identificación y empaque, luego fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del Instituto de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) [11], donde fueron realizados los análisis tanto químicos completos como físicos, específicamente textura. El análisis de los resultados del laboratorio se realizó con la ayuda de manuales para interpretación de fertilidad de suelos [12].

Evaluación de regeneración e Inventario de árboles

Tomando como referencia el punto central de la parcela circular, se establecieron 4 parcelas de un metro cuadrado, en ellos se aplicó la evaluación de regeneración de cristóbal, siguiendo el diseño de parcelas temporales, para la recolección de información brinzales y latizales [13].

Para los fustales la recolección de información para abundancia absoluta se hizo mediante un censo de la parcela para todos los individuos mayores de 5 centímetros de diámetro a 1,30 metros del suelo (DAP). Esta técnica se aplicó también para las diferentes especies asociadas al cristóbal.

Para cada uno de los puntos muestreados se recopiló una muestra testigo, dentro del mismo distrito, en terrenos donde no existiera la especie en un rango no mayor a los 2 kilómetros de distancia y sobre un mismo orden de suelo y una misma topografía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales, cuatro parcelas se ubican dentro de Bosque Húmedo Tropical (precipitación 2000-4000 mm/año y biotemperatura 24-30 °C) y sobre suelos Ultisoles. La parcela ubicada en la localidad de El Socorro de Brunka está en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano (precipitación 4000-8000 mm/año, biotemperatura 18-24 °C) y el suelo para este caso es un Entisol [14].

Identificación de Muestras Vegetativas:

Las muestras enviadas al Herbario fueron identificadas por el Msc. Pablo Sánchez Vindas, el resultado obtenido para las diferentes muestras enviadas, a pesar de que se presentaba un dimorfismo foliar principalmente por el tamaño de la hoja y los folíolos es que todas corresponde a la especie *Platymiscium pinnatum* [15]. Esta identificación fue requerida ya que en la Zona además del dimorfismo foliar que se mencionó anteriormente, a esta especie se le dan diferentes nombres comunes tales como cachimbo, kira, cristóbal, también se dice que la madera proveniente de cada uno de ellos tiene características muy diferentes principalmente en su veta y aroma. Además, Estrada, et al. [16] mencionan que *Platymiscium curuense* en el pasado fue muy confundida con el *Platymiscium pinnatum*, ya que ambas están presentes en la zona de estudio.

Análisis de Suelos:

Desde el punto de vista químico y haciendo uso del cuadro 1 [18], rangos del cuadro 2, cálculos del cuadro 3 e información proveniente del cuadro 4; los suelos en la parcela de Pejibaye tienen pH medio, acidez alta, con contenidos óptimos de Ca, Mg, Zn, Cu y Mn, niveles medios para el K y porcentaje de Saturación de Al, niveles altos de Fe y bajos de P; las relaciones catiónicas se encuentran en balance para Ca/Mg y Mg/K y en desbalance para Ca/K y (Ca+Mg)/K.

Por su parte la parcela ubicada en el Socorro los suelos presentan un pH bajo, con acidez media, con contenidos medios de Mg, K y Zn, altos en Fe y bajos en P y Ca; presentan niveles óptimos para el Cu y porcentaje de Saturación de Al. En cuanto a sus relaciones catiónicas se encuentran en balance Ca/Mg, Mg/K y (Ca+Mg)/K, y se da un desbalance en la relación Ca/K.

El estudio indica que los resultados proveniente de Potrero Grande tienen suelos con pH medio y acidez óptima, con contenidos medios de K, altos de Fe y bajos de P; presentan niveles óptimos para el Ca, Mg, Zn, Cu y Mn de igual modo sucede para el porcentaje de Saturación del Al; sin embargo, la única relación catiónica en balance es Ca/Mg, mientras que las relaciones Ca/K, Mg/K y (Ca+Mg)/K están en desbalance.

En la parcela que se ubicó en el Peje de Volcán se encontraron suelos con pH medio, acidez alta, alto porcentaje de Saturación de Al y contenidos altos de Zn y Fe y bajos en Ca, Mg, K y P; presentan niveles óptimos para Cu y Mn. Las relaciones catiónicas para este sitio se comportan de la siguiente forma: en balance Ca/Mg y desbalance para Ca/K, Mg/K y (Ca+Mg)/K.

A su vez el análisis de laboratorio indicó que para el sitio ubicado en Bajo Coto se presentan suelos con pH medio, acidez óptima, contenidos bajos de P, medios de K, óptimos para Ca, Mg, Zn, Cu y Mn y porcentaje de Saturación del Al, niveles altos para el Fe. Por su parte las relaciones catiónicas se encuentran en balance para Ca/Mg y en desbalance para Ca/K, Mg/K y (Ca+Mg)/K.

Alvarado menciona que cuando el pH (en agua) del suelo se encuentra entre valores de 5,5 a 6,5, se logra una buena nitrificación y un buen suministro de Ca y Mg, con pocos problemas de deficiencias de elementos menores como Fe, Mn, Cu, Zn y una disponibilidad de P adecuada [9]. Para tres de los cinco lugares en estudio esto se apega bastante a lo encontrado, sin embargo, el comportamiento específico del P no presenta una disponibilidad adecuada en ninguno de los sitios y el Fe supera los límites pudiendo llegar a producir toxicidad en todas las parcelas, también el Al podría estar causando toxicidad a la especie en la parcela del Peje.

El P es un elemento fundamental en procesos tanto fisiológicos como bioquímicos en la planta, por su participación activa en la síntesis de proteínas, si llegase a faltar se reflejaría en un menor crecimiento y reducción de su área radical. Otro aspecto que no se puede dejar pasar por alto es que este elemento se acumula en las semillas y ayuda a activar los mecanismos meristemáticos del embrión, durante la germinación. En general participa en procesos tales como: fotosíntesis, glucólisis, la respiración y síntesis de ácidos grasos [17].

Estas deficiencia de P encontradas a pesar de que tres sitios presentan un pH adecuado como se menciono anteriormente, podrían estar relacionadas con otros aspectos como la acidez, el porcentaje de saturación de Al y las relaciones entre las bases

Cuadro 1. Interpretación del análisis de suelos para los cinco sitios estudiados.

Table 1. Interpretation of soil analysis for the different sites studied.

Muestra	pH	cmol(+)/L				%		mg/L					BAJO MEDIO ÓPTIMO ALTO
		ACIDEZ	Ca	Mg	K	Sat.Al	P	Zn	Cu	Fe	Mn		
Pejibaye	5,40	2,20	7,40	3,10	0,24	17,00	4,00	3,90	4,00	57,00	27,00		
El Socorro	4,90	0,40	3,30	1,00	0,20	8,16	7,00	2,80	1,00	178,00	8,00		
Potrero G	5,50	0,10	9,10	4,40	0,22	0,72	5,00	8,50	6,00	51,00	15,00		
El Peje	5,10	1,10	1,60	0,70	0,17	30,81	3,00	17,60	3,00	85,00	32,00		
Bajo Coto	5,40	0,10	11,40	4,50	0,20	0,62	4,00	4,30	5,00	79,00	17,00		

Fuente: Esquivel,E, Guevara,M y Meza, S. 2018

Cuadro 2. Interpretación de resultados de análisis de suelos en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica [19].

Table 2. Interpretation of soil analysis in the Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Variables	Unidades	Bajo	Medio	optimo	Alto
pH		<5	5-6	6-7	>7
Ca	cmol(+)-l ⁻¹	<4	4-6	6-15	>15
Mg		<1	1-3	3-6	>6
K		<0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	>0.8
Acidez				0.3-1	<0.3
Sat. Al	%		10-30	<10	>30
P	mg l ⁻¹	<10	10-20	20-50	>50
Fe		<5	5-10	10-50	>50
Cu		<0.5	0.5-1	1-20	>20
Zn		<2	2-3	3-10	>10
Mn		<5	5-10	10-50	>50
B		<0.2	0.2-0.5	0.5-1	>1
S		<12	12-20	20-50	>50
MO		%	<2	2-5	5-10
		Balance	Balance	Balance	Balance
	Relaciones catiónicas	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2-5	5-25	2.5-15	10-40

Fuente: Bertsch,F. 1987. [19]

Cuadro 3. Resultados para las relaciones catiónicas y porcentaje de saturación del Al que se presentan para los diferentes sitios en estudio.

Table 3. Results of the cationic relations and saturation percentage of Al that are presented for the different sites under study.

Lugar	Relaciones catiónicas				
	%	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
	Saturación Al	2-5	5-25	2,5-15	10-40
Pejibaye	17	2,4	31	7,75	43,75
El Socorro	8,16	3,3	16,5	5	21,5
Potrero Grande	0,72	2,04	41,36	20	61,36
El Peje	30,81	2,28	9,41	4,11	13,53
Bajo Coto	0,62	2,53	57	22,5	79,5

La relación catiónica Ca/Mg está en balance en todos los sitios estudiados.

La relación catiónica Ca/K presenta desbalance en la parcela de Pejibaye, Potrero Grande y Bajo Coto, en los tres casos el contenido de Ca es muy alto en relación con el contenido de K, por lo que sería pertinente incrementar el contenido de K en el suelo para restaurar el equilibrio entre estos cationes.

Para la relación catiónica Mg/K se tiene que tanto la parcela ubicada en Potrero Grande como la ubicada en Bajo Coto presentan desbalance donde es claro que el contenido de Mg es alto en relación al K, igual que en el caso anterior se debe incrementar el nivel de K para lograr ubicar esta relación catiónica en el ámbito aceptable de balance [17].

Cuadro 4. Resultados de análisis químico realizado en muestras recolectadas a profundidades de 0-20 centímetros y

de 20-40 centímetros.

Table 4. Results of chemical analysis performed on samples collected at depths between 0-20 centimeters and 20-40 centimeters.

Lugar	Prof (cm)	pH H ₂ O	Cmol (+)/L				Mg/L					% Sat.
			K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Acidez
Niveles críticos medios	➔	5,6-6,5	0,2-0,6	4 - 20	1 - 5	0,5-1,5	10 - 20	10-100	2 -20	2 - 10	5 - 50	10 - 50
Pejibaye	0-20	5,4	0,24	7,4	3,1	2,2	4	57	4	3,9	27	17
	20-40	5,3	0,26	7,2	3,2	1,5	4	85	4	2,1	26	12
El Socorro	0-20	4,9	0,20	3,3	1,0	0,4	7	178	1	2,8	8	8
	20-40	5,2	0,09	1,8	0,6	0,4	4	79	1	0,5	2	14
Potrero Grande	0-20	5,5	0,22	9,1	4,4	0,1	5	51	6	8,5	15	1
	20-40	5,9	0,20	5,8	3,9	0,1	4	40	6	1,8	6	1
El Peje	0-20	5,1	0,17	1,6	0,7	1,1	3	85	3	17,6	32	31
	20-40	5,0	0,24	1,6	0,8	0,3	3	85	3	3,2	19	9
Bajo Coto	0-20	5,4	0,20	11,4	4,5	0,1	4	79	5	4,3	17	1
	20-40	6,0	0,13	14,0	6,7	0,1	4	34	5	0,9	8	0

Metodología Utilizada: Olsen Modificado (K, P, Fe, Cu, Zn, Mn) – Extracción con KCl 1N (Ca, Mg, Acidez Extractable) – pH en H₂O.*

Adaptado del MAG, 1978, Díaz Romeu y Hunter; CATIE, 1978.

Al analizar la acidez entre las parcelas en estudio y su respectivo testigo se puede observar que, en todos los casos, a excepción de la parcela de Pejibaye, la acidez aumentó entre la parcela de estudio y la testigo hasta alcanzar niveles altos, esto puede ser indicador del por qué, la especie no se presenta en estos suelos; otra situación que es importante señalar es que tanto para la parcela de Pejibaye como para la del Peje existían bastantes árboles, pero fueron los de menor volumen por individuo, esto puede estar evidenciando deficiencias nutricionales causadas por el aumento de acidez. A pesar de que no se hicieron evaluaciones de calidad, los individuos en estas parcelas eran notablemente inferiores en lo que a calidad respecta.

Estudios señalan que existen algunas especies forestales que soportan condiciones particulares a ciertos tipos de suelos, entre ellos ácidos y arcillosos [9], tomando esto como punto de partida podemos considerar al cristóbal como una especie medianamente tolerante a la acidez, sin embargo, si la acidez sigue aumentando como lo es el caso de los sitios de donde provienen las muestras testigo, la especie pierde la capacidad para establecerse o regenerar en estos lugares.

Cuadro 5. Resultados de análisis químico realizado en muestras recolectadas a una profundidad de 0-20 centímetros del sitio Testigo (Sin presencia de la especie).

Table 5. Results of chemical analysis performed on samples collected at depths of 0-20 centimeters of the witness site (without the presence of the species).

Identificación de campo	pH H ₂ O	Cmol (+)/L				Acidez	P	Mg/L				% Sat. Acidez
		K	Ca	Mg	Acidez			Fe	Cu	Zn	Mn	
Niveles críticos medios →	5,6-	0,2-	4 -	1 -	0,5-1,5	10 -	10 -	2 -	2 -	5 -	10 -	
	6,5	0,6	20	5		20	100	20	10	50	50	
Pejibaye	5,9	0,33	14,1	4,9	0,2	6	85	8	2,6	38	1	
El Socorro	5,4	0,25	7,5	4,9	3,6	4	96	5	2,3	36	22	
Potrero Grande	5,1	0,22	4,5	1,5	1,2	10	74	6	2,2	65	16	
El Peje	5,6	0,31	6,8	3,4	2,3	15	85	6	2,6	45	18	
Bajo Coto	4,7	0,17	2,2	2,0	3,0	4	116	7	1,9	70	41	

Cuadro 6. Interpretación del análisis de suelos para los diferentes sitios testigo.

Table 6. Interpretation of soil analysis for the different witness sites

Muestra	pH	cmol(+)/L				%	mg/L					BAJO MEDIO ÓPTIMO ALTO
		ACIDEZ	Ca	Mg	K	Sat.AI	P	Zn	Cu	Fe	Mn	
Pejibaye	5,90	0,20	14,10	4,90	0,33	1,02	6,00	2,60	8,00	85,00	38,00	
El Socorro	5,40	3,60	7,50	4,90	0,25	22,15	4,00	2,30	5,00	96,00	36,00	
Potrero G	5,10	1,20	4,50	1,50	0,22	16,17	10,00	2,20	6,00	74,00	65,00	
El Peje	5,60	2,30	6,80	3,40	0,31	17,95	15,00	2,60	6,00	85,00	45,00	
Bajo Coto	4,70	3,00	2,20	2,00	0,17	40,71	4,00	1,90	7,00	116,00	70,00	

Fuente: Esquivel,E, Guevara,M y Meza, S. 2018

El análisis textural nos muestra que la granulometría del suelo no es limitante para el establecimiento de la especie, sin embargo, en la parcela instalada en El Socorro de Brunca, misma que se ubica en los aluviones del Río Cañas es donde se logra el mejor volumen promedio por individuo.

Cuadro 7. Resultado de Análisis granulométrico de las muestras de suelos tomadas a profundidades de 0-20 centímetros y 20-40 centímetros para cada sitio en estudio y de 0-20 centímetros en muestra testigo.

Table 7. Result of granulometric analysis of soil samples taken at depths between 0-20 centimeters and 20-40 centimeters for each site in study and 0-20 centimeters in witness sample.

Lugar	Prof. (cm)	% de la Fracción analizada			Nombre textural
		Arena	Arcilla	Limo	
Pejibaye	0-20	13,6	65,8	20,6	Arcilloso
	0-40	20,1	57,1	22,8	Arcilloso
	0-20 Testigo	20,5	54,4	25,1	Arcilloso
El Socorro	0-20	72,1	11,3	16,6	Franco Arenoso
	0-40	78,4	10,6	11,0	Franco Arenoso
	0-20 Testigo	27,7	52,0	20,2	Arcilloso
Potrero Grande	0-20	23,4	48,0	28,6	Arcilloso
	0-40	30,9	49,2	19,9	Arcilloso
	0-20 Testigo	60,9	19,4	19,7	Franco Arenoso
El Peje	0-20	28,1	50,7	21,3	Arcilloso
	0-40	30,9	49,2	19,9	Arcilloso
	0-20 Testigo	37,7	39,3	23,0	Franco Arcilloso
Bajo Coto	0-20	42,2	37,6	20,2	Franco Arcilloso
	0-40	30,9	49,2	19,9	Arcilloso
	0-20 Testigo	28,4	52,4	19,2	Arcilloso

Metodología Utilizada: Bouyucos Modificado (Forsythe, 1985)

Evaluación de regeneración e inventario de árboles

Los resultados del inventario a pesar de las variaciones entre el número de árboles por hectárea que va desde 29 árboles para la parcela montada en Bajo Coto hasta 221 árboles para la parcela ubicada en el Peje de Volcán, la diferencia en volumen promedio por árbol también que también es notoria. En ambos se encontraron árboles semilleros o árboles padre, sin que existiera regeneración de la especie, con árboles de menos de 5 centímetros de diámetro en ninguno de los sitios.

La literatura menciona respecto a la distribución de las especies en el bosque, que la diversidad es baja en condiciones de suelo extremas o poco fértiles [20]; en los casos estudiados los suelos se pueden considerar con fertilidades medias o bajas por lo que en estos terrenos podríamos esperar una mayor diversidad de especies que la encontrada.

En esta investigación el concepto rodal debe entenderse como la agrupación o conjunto de árboles más o menos homogéneo en términos de edad, composición de especies y condición, establecido en forma natural o artificial.

Cuadro 8. Ubicación de parcelas, cantidad de árboles y volumen por hectárea.

Table 8. Location of plots, number of trees and volume per hectarea.

Ubicación de parcela	Cantidad Árboles/ha	Volumen (m ³ /ha)	Coordenada CRTM-05	
			X	Y
			Pejibaye	55
El Socorro	31	19,78	565967	1018202
Potrero Grande	33	14,49	592390	997258
El Peje	221	51,10	561156	1012335
Bajo Coto	29	8,98	598032	990448

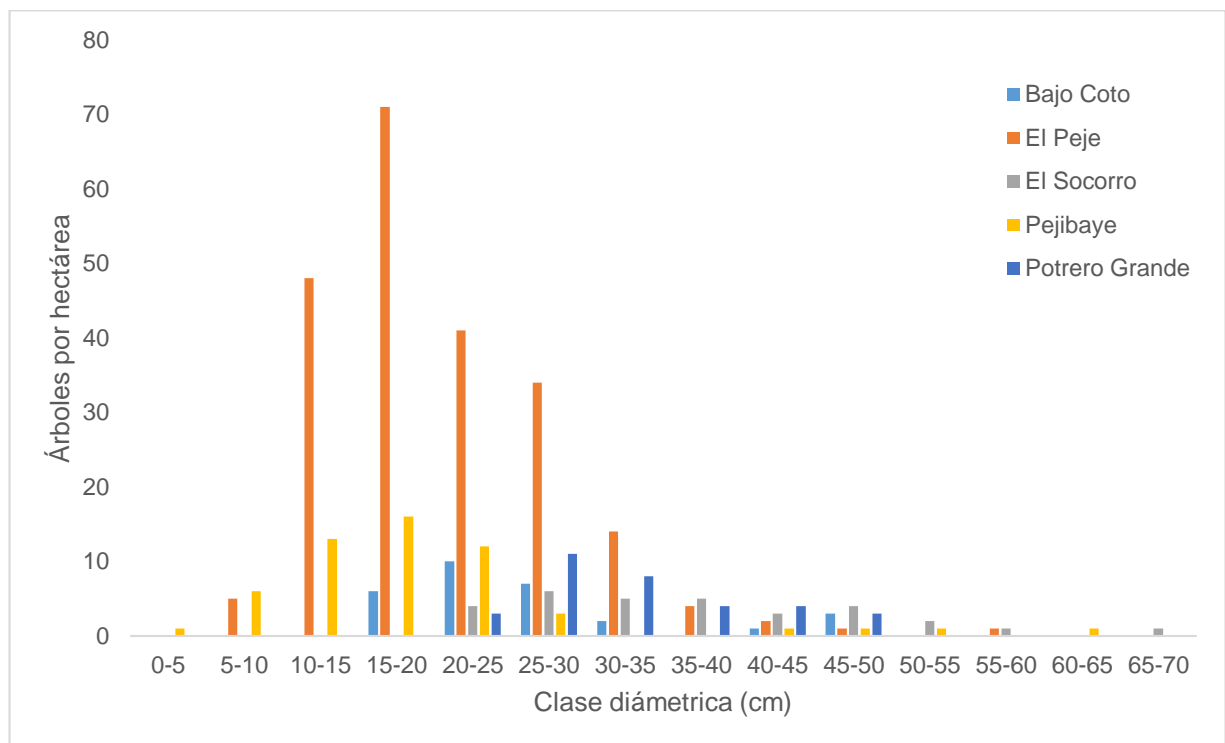


Figura 4. Distribución diamétrica de los árboles de cristóbal en relación al lugar donde se estableció la parcela.

Figure 4. Diameter distribution of cristóbal trees in relation to the place where the plot was established.

En Pejibaye se encontraron un total de 55 árboles por hectárea con el volumen acumulado por árbol más bajo del estudio, alcanzando apenas 0,18 metros cúbicos por individuo. La pendiente en la que se ubica esta parcela es de 20% en promedio. En este lugar existe presencia de individuos maduros tanto dentro de la parcela como en puntos cercanos a esta, se podría presumir que estos árboles son semilleros, por lo que la ausencia de individuos en el estadio de plántula o brinzales pareciera deberse a el manejo que esta área recibe en el área es un sitio dedicado a la ganadería; la presencia de otras especies arbóreas es prácticamente nula, llama la atención que no existan en el área.

En la parcela instalada en El Socorro se logró contabilizar un total 31 árboles por hectárea con un volumen promedio más alto entre las parcelas analizadas (0,64 m³); la pendiente en este lugar es plana entre 0 y 3%. Este lugar se caracteriza a diferencia de los demás sitios de muestreo por estar ubicado en los aluviones del Río Cañas, siendo estos terrenos, como lo indicó el análisis textural, los más arenosos encontrados, condición que no parece incomodar a la especie en estudio; es un potrero altamente pedregoso de varias hectáreas con pastos mejorados en combinación con cristóbal que se encuentra en etapa reproductiva, sin que se encontraran plántulas o brinzales, por lo que al igual que el sitio anterior la ausencia de la especie en las categorías inferiores podría estar asociada al ramoneo o el control de malezas dado en el sitio.

En el caso de Potrero Grande, por hectárea se contabilizaron un total de 33 árboles con un volumen promedio de 0,44 metros cúbicos. La pendiente en la que se localiza este rodal es de 0 a 5%, este rodal también forma parte de un área de pastoreo que está fuertemente impactada por el pisoteo de los animales, esta área con facilidad tiende a la retención de agua formando encharcamiento.

La parcela ubicada en el Peje fue la que presentó la mayor cantidad de árboles, contabilizando un total de 221 árboles por hectárea, pero con un volumen relativamente bajo por árbol 0,23 metros cúbicos, por su condición no parecen ser árboles jóvenes. Este sitio se ubica en un terreno con pendiente promedio de 35%, con alta pedregosidad y se presenta un asoció de pasto con la especie cristóbal que forma un rodal casi puro en el lugar, a pesar de que los árboles maduros están inmersos en la parcela y también fuera de ella, no se logró contabilizar individuos en las clases diamétricas inferiores a 5 centímetros.

La parcela de Bajo Coto se ubica dentro de un potrero con pedregosidad y severamente compactado por la actividad ganadera, con pendiente promedio de 20%, este suelo que fue clasificado como Franco Arcilloso por lo que es susceptible a la retención de agua; al igual que en los otros sitios existe árboles maduros dentro de la misma parcela, sin embargo, no se encontraron individuos en las clases diamétricas inferiores.

Como se puede observar los cinco sitios presentan árboles maduros de cristóbal sin que se pudiera encontrar regeneración de la especie, adicionalmente al observar la figura 4 se puede ver que las mayores abundancias de los individuos están entre los 10 y 20 centímetros de diámetro, disminuyendo conforme aumenta el diámetro de los mismos; este comportamiento parecido al de un J invertida con árboles maduros en etapa reproductiva, con una especie de altas tasas de germinación, solo justifica que la ausencia de brinzales y plántulas sea causada por el manejo recibido del área ya sea que se apliquen herbicidas selectivos, se controle con chapias los arvenses o que la especie sea palatable para el ganado.

Otra posibilidad de la cual no se tiene evidencia y que este estudio puede contribuir a futuro es que los niveles de acidez aumentaran en el tiempo lo que imposibilita la regeneración de la especie, pero no impide la sobrevivencia de los árboles adultos por una posible mayor susceptibilidad a condiciones ácidas de suelo de las plántulas de la especie.

CONCLUSIONES

La especie presente en los sitios de estudio es únicamente *Platymiscium pinnatum*.

La textura no influye en la presencia de la especie para los sitios evaluados.

A pesar de la presencia cercana de árboles semilleros *P. pinnatum* no se regeneró en los sitios que mostraron mayor acidez, indicando esto que la especie no tolera niveles de acidez altos.

La ausencia de regeneración de la especie en los sitios de estudio puede estar relacionada con: el mantenimiento intenso, que el ganado vacuno ramonee las plántulas de cristóbal, que las plántulas sean más susceptibles a la acidez que el árbol adulto y que la acidez en estos sitios hubiera aumentado en el tiempo.

RECOMENDACIONES

Realizar análisis foliar a la especie con el fin de conocer las deficiencias nutricionales que presenta y relacionarlos con su regeneración.

Incluir la densidad aparente del suelo y la penetrabilidad como propiedades a analizar en potreros arbolados.

Realizar una evaluación de la susceptibilidad del cristóbal en los primeros estadios de desarrollo a la acidez.

Evaluar el efecto de la aplicación de enmiendas en la regeneración y desarrollo de *P. pinnatum* en la zona sur.

En próximos estudios se evalué la calidad de los individuos.

REFERENCIAS

- [1] Q. Jiménez, Árboles Maderables en Peligro de Extinción en Costa Rica, 1ed. San José, CR: Incafo, 1993.
- [2] L.R. Holdridge, L.J. Poveda y Q. Jiménez, Árboles de Costa Rica, Vol. 1, 2ed. San José, CR: Centro Científico Tropical, 1997
- [3] Rica, Costa, Ley Forestal n 7575, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1996.
- [4] Rica, Costa. (1997). Decreto No. 25700-MINAE. [Online]. Disponible: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=29811&nValor3=108834&strTipM=TC
- [5] UICN, Categorías y criterios de la lista roja de la UICN versión 3.1., Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: IUCN, 2012.
- [6] J. J. Sánchez, Aspectos de fisiología de la germinación y almacenamiento de semillas de importancia forestal, 1989.
- [7] N. Fallas [Comunicación privada], 2017.
- [8] E. Ortiz, Atlas digital de Costa Rica. Cartago, 2008.
- [9] A. Alvarado y J. Raigosa, Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales, 1ed. San José, CR: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, 2012.
- [10] M. Elizondo. (2016). Suelos de Costa Rica orden Ultisol. [Online]. Disponible: www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/07/00517-boletin-suelos-de-cr.pdf

- [11] S. Schweizer, Muestreo y análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. San José, CR: INTA/MAG, 2010.
- [12] F. Bertsch, El Análisis de Suelos, una herramienta para diagnosticar los problemas nutricionales de los suelos: ventajas y limitaciones. [Online]. Disponible: www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/08/00448-brochure analisis desuelos.pdf
- [13] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Programa REDD-CCAD-GIZ, Manual de campo para inventario nacional forestal de Costa Rica: diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas, vol. 2. San José, CR: Programa REDD/CCACD-GIZ, 2014.
- [14] M. Elizondo, (2015). Suelos de Costa Rica orden Entisol. [Online]. Disponible: http://infoteca.platicar.go.cr/index.php?option=com_infoteca&view=document&id=237-suelos+de+costa+ricaorden+entisol&Itemid=34&lang=es
- [15] P. Sánchez, [Comunicación privada], 2018.
- [16] A. Estrada, A. Rodríguez y J. Sánchez, Evaluación y categorización del estado de conservación de plantas en Costa Rica. Inbio, 2005.
- [17] D. Kass, Fertilidad de Suelos. San José, Costa Rica: EUNED, 2007.
- [18] E. Esquivel, M. Guevara y S. Meza, Hoja Electrónica para la Interpretación de Análisis de Suelos y Cálculo de dosis de enmiendas y fertilizantes. Tecnológico de Costa Rica, 2018.
- [19] F. Bertsch, Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica, 1987.

[20] D. Clark, Los factores edáficos y la distribución de las plantas. Cartago, Costa Rica: Librería Universitaria Regional, 2002.

[21] Biblioteca de la Universidad Pública de Navarra. Oficina de Referencia. “Guía para citar y referenciar. IEEE Style”, 2016. [Online]. Disponible en: <https://goo.gl/LaUj46>.

ANEXOS



Figura 5. Detalle del has y envés de las hojas del Cristóbal.

Figure 5. Detail of upper face and back face of Cristobal's leaves.



Figura 6. Detalle de los frutos de cristóbal (sámaras), aún verdes.

Figure 6. Detail of the fruits of cristobal (samaras), still green.



Figura 7. Rodal de Cristóbal, ubicado en El Peje de Volcán, Buenos Aires.

Figure 7. Cristóbal stand, located in El Peje of Volcán, Buenos Aires.



Figura 8. Es común encontrar la especie creciendo en condiciones de alta pedregosidad, además se da un tipo de simbiosis con la especie de abeja "Mariolas" (*Tetragonisca angustula*) que se encuentra viviendo en su fuste.

Figure 8. It is common to find the species growing in conditions of high stoniness, in addition there is a type of symbiosis with the species of bee "Mariolas" (*Tetragonisca angustula*) that is living in its tree bole.