

	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE: Mery Zoraima APELLIDOS: Parada Ortega

FACULTAD: Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente

PLAN DE ESTUDIOS: Ingeniería Ambiental

DIRECTOR:

NOMBRE: Antonio APELLIDOS: Navarro Durán

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN PLANTA-NODRIZA (*Mammillaria* sp & *Parkinsonia* sp) ESPECIES DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL MUNICIPIO DE LOS PATIOS, NORTE DE SANTANDER

Resumen

Un grupo importante que habita en el Bosque seco Tropical (BST) son las cactáceas, y es una de las especies vulnerables a la heterogeneidad del ambiente. Los valores extremos de temperatura fijan límites latitudinales y altitudinales de distribución, permitiendo que algunas especies crezcan en asociación con otras plantas. Según los reportes del IAVH, el BST es un ecosistema dominante, pero poco interés se les ha prestado a remanentes de BST presentes en el Departamento N d S y en algunos lugares específicos como el Sector de Santa Rosa de Lima en el municipio de los Patios. El objetivo de este trabajo fue evaluar la interacción planta-nodriza (*Mammillaria* sp & *Parkinsonia* sp) especies presentes en el BST del área seleccionada. En primer lugar, se caracterizaron los microambientes presentes en el BST por medio de dos estaciones micro climáticas en días extremos. Luego, se establecieron cuatro parcelas, para la determinación de la distribución espacial de las especies. Finalmente, se analizó la diversidad alfa de las especies mediante el software estadístico PAST. Los resultados revelaron que la *Parkinsonia* sp brinda un efecto sombrilla a las Cactaceae, favoreciendo la reducción de temperatura en 2.1 °C con respecto a zonas con incidencia de radiación solar directa. Además, se determinó que la existencia de la *Parkinsonia* sp no fija una distribución homogénea de la *Mammillaria* sp, si no que la orientación hacia el sol y la densidad de bosque juega un papel importante. Según los índices de diversidad, no se presenta predominio ni abundancia de alguna especie sobre otra.

PALABRAS CLAVES: Bosque Seco Tropical, Diversidad, *Mammillaria* sp, *Parkinsonia* sp, Planta-nodriza.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 75

ILUSTRACIONES: 37

CD ROOM:

EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN PLANTA- NODRIZA (*Mammillaria* sp &
Parkinsonia sp) ESPECIES DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL MUNICIPIO DE LOS
PATIOS, NORTE DE SANTANDER

MERY ZORAIMA PARADA ORTEGA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA AMBIENTAL
SAN JOSE DE CUCUTA

2020

EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN PLANTA- NODRIZA (*Mammillaria* sp &
Parkinsonia sp) ESPECIES DE BOSQUE SECO TROPICAL DEL MUNICIPIO DE LOS
PATIOS, NORTE DE SANTANDER

MERY ZORAIMA PARADA ORTEGA

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Ambiental

DIRECTOR

ANTONIO NAVARRO DURAN

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA AMBIENTAL
SAN JOSE DE CUCUTA

2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 28/05/2020

HORA: 3 pm

LUGAR:

<https://calendar.google.com/calendar/b/3/r/eventedit/M2lzc2FpNW5zcmhtaGltGtrcDYyNmtpc20gbWVyeXpvcnFpbWFwb0B1ZnBzLmVkdS5jbw?tab=mc>

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO: "Evaluación de la interacción planta- nodriza (*Mammillaria* sp & *Parkinsonia* sp) especies de bosque seco tropical del municipio de los Patios, Norte de Santander"

MODALIDAD: Investigación

JURADOS: SEIR ANTONIO SALAZAR MERCADO
MARJORIE J SÁNCHEZ DE AVENDAÑO
JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS

DIRECTOR: Antonio Navarro Durán

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
Mery Zoraima Parada Ortega	1650733	4.5

OBSERVACIONES: MERITORIO

FIRMA DE LOS JURADOS:



Seir Antonio Salazar Mercado



Marjorie J Sánchez de Avendaño



Judith Yamile Ortega Contreras

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular



JUDITH YAMILE ORTEGA CONTRERAS



Vigilada Mineducación

GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y
BIBLIOTECARIOS



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta 05/07/2020

BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS

Cúcuta

Cordial saludo:

Yo, Mery Zoraima Parada Ortega, identificada con la C.C. N° 1.090.495.747, autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado Evaluación de la interacción planta- nodriza (*Mammillaria* sp & *Parkinsonia* sp) especies de bosque seco tropical del municipio de los Patios, Norte de Santander. Presentado y aprobado en el año 2020 como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental; autorizo a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

CC. 1090495747 de Cúcuta

Dedicatoria

A mis padres por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí.

A mis sobrinos Saimon y Alejandra por ser mi inspiración día a día.

A mi novio Albeiro Pérez por su apoyo total.

Agradecimientos

A Mariela Acosta por su apoyo en mi carrera por ser una segunda madre y por su formación moral.

A mi director Antonio Navarro por ver la capacidad en mí para realizar esta investigación.

Índice general

1.	Introducción	14
2.	Descripción del problema	17
2.1	Planteamiento del problema	17
2.2	Formulación del problema	18
3.	Justificación	19
4.	Objetivos	22
4.1	Objetivo general.	22
4.2	Objetivos específicos.	22
5.	Delimitación	23
5.1	Delimitación espacial	23
5.2	Delimitación Temporal	24
6.	Referentes teóricos	24
6.1	Antecedentes	24
6.2	Marco Teórico	28
6.2.1	El Bosque Seco Tropical en Colombia	28
6.2.2	Interacción Planta-Nodriza.	29
6.2.3	Familia de las Cactáceas	30
6.2.4	Familia de las Fabáceas	31
6.3	Marco Legal	31
7.	Metodología	33
7.1	Descripción general de la zona de estudio	33
7.2	Fases desarrolladas	34
7.2.1	Revisión Bibliográfica	35
7.2.2	Caracterización de los microambientes presentes en el BST	35

7.2.3	Establecimiento de las parcelas	36
7.2.4	Procesamiento y análisis de la información	38
8.	Resultados	40
8.1	Verificación de campo	40
8.1.1	Definición y tamaño de las parcelas	40
8.1.2	Registro de especies	40
8.2	Caracterización de los diferentes microambientes del Bosque Seco Tropical por medio de dos estaciones micro climáticas en días extremos.	40
8.3	Determinación de la distribución espacial de las especies <i>Mammillaria</i> sp y <i>Parkinsonia</i> sp en las 4 parcelas seleccionadas al azar	48
8.3.1	Distribución espacial de cactáceas respecto a <i>Parkinsonia</i> sp	49
8.3.2	Distribución espacial y orientación de <i>Mammillaria</i> sp, respecto a su planta nodriza	51
8.3.4	Registro de cantidad de <i>Mammillaria</i> sp según el radio respecto a la distancia de la <i>Parkinsonia</i> sp	62
8.4	Análisis de la diversidad alfa de las especies <i>Mammillaria</i> sp y <i>Parkinsonia</i> sp, mediante software estadístico PAST	65
9.	Conclusiones	68
10.	Recomendaciones	70
11.	Bibliografía	71

Lista de tablas

Tabla 1 Fases de desarrollo de la investigación	35
Tabla 2 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 9 junio 2019	42
Tabla 3 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 13 junio 2019	43
Tabla 4 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 28 junio 2019	45
Tabla 5 Valores medios de las variables ambientales medidas en campo.	48
Tabla 6 Morfo especies de Cactaceae identificadas en los transectos de estudio.	49
Tabla 7 Resumen de la distribución de Mammillaria sp respecto a la Parkinsonia sp teniendo en cuenta los puntos cardinales (%)	61

Lista de imágenes

Imagen 1 Localización general del proyecto de investigación	23
Imagen 2 Especies presentes en el BST del municipio de Los Patios	33
Imagen 3 Localización de los puntos de muestreo	34
Imagen 4 Establecimiento de las parcelas	37
Imagen 5 Morfo especies identificadas (Opuntia Wentiana, Melocactus Curvispinus, Mammillaria sp)	50
Imagen 6 Parkinsonia sp	51
Imagen 7 Orientación vs Distribución espacial de Mammillaria sp	52

Lista de gráficos

Gráfico 1 Valores de Temperatura registrados el 9 de junio de 2019	41
Gráfico 2 Valores de Radiación solar registrados el 9 de junio 2019	42
Gráfico 3 Valores de Temperatura registrados el 13 de junio de 2019	43
Gráfico 4 Valores de Radiación solar registrados el 13 de junio de 2019	44
Gráfico 5 Valores de Temperatura registrados el 28 de junio de 2019	45
Gráfico 6 Valores de Radiación solar registrados el 28 de junio de 2019	46
Gráfico 7 Temperatura y Radiación solar promedio	47
Gráfico 8 Árbol 1 número de Morfo especies al NE: 25 Mammillaria sp SE: 16 Mammillaria sp NW: 12 Mammillaria sp, SW: 4 Mammillaria sp	53
Gráfico 9 Árbol 2 número de Morfo especies al NE: 43 Mammillaria sp SE: 45 Mammillaria sp NW: 73 Mammillaria sp, SW: 38 Mammillaria sp	53
Gráfico 10 Número de Morfo especies al NE: 49 Mammillaria sp SE: 10 Mammillaria sp NW: 20 Mammillaria sp, SW: 7 Mammillaria sp	54
Gráfico 11 Número de Morfo especies al NE: 78 Mammillaria sp SE: 97 Mammillaria sp NW: 33 Mammillaria sp, SW: 20 Mammillaria sp	55
Gráfico 12 Número de Morfo especies al NE: 6 Mammillaria sp SE: 9 Mammillaria sp NW: 31 Mammillaria sp, SW: 12 Mammillaria sp	55
Gráfico 13 Á Número de morfo especies al NE: 11 Mammillaria sp SE: 5 Mammillaria sp NW: 18 Mammillaria sp, SW: 3 Mammillaria sp	56

Gráfico 14 Número de morfo especies al NE: 37 Mammillaria sp SE: 20 Mammillaria sp NW: 25 Mammillaria sp, SW: 1 Mammillaria sp	57
Gráfico 15 Número de morfo especies al NE: 24 Mammillaria sp SE: 21 Mammillaria sp NW: 109 Mammillaria sp, SW: 1 Mammillaria sp	57
Gráfico 16 Número de morfo especies al NE: 13 Mammillaria sp SE: 7 Mammillaria sp NW: 32 Mammillaria sp, SW: 40 Mammillaria sp	58
Gráfico 17 Número de morfo especies al NE: 2 Mammillaria sp SE: 10 Mammillaria sp NW: 21 Mammillaria sp, SW: 28 Mammillaria sp	59
Gráfico 18 Número de morfo especies al NE: 1 Mammillaria sp SE: 0 Mammillaria sp NW: 4 Mammillaria sp, SW: 30 Mammillaria sp	59
Gráfico 19 Porcentaje de distribución de Mammillaria sp respecto a la Parkinsonia sp teniendo en cuenta los puntos cardinales	60
Gráfico 20 Mayor presencia de Mammillaria sp en radio de 50 cm hasta 200 cm.	62
Gráfico 21 Mayor presencia de Mammillaria sp en radio de 100 cm hasta 200 cm.	63
Gráfico 22 Mayor presencia de Mammillaria sp en radio de 50 cm hasta 150 cm.	64
Gráfico 23 Mayor presencia de Mammillaria sp en radio de 100 cm hasta 150 cm.	64

1. Introducción

En el mundo el bosque Seco representa el 42% de los biomas secos con aproximadamente 700 millones de Has en su estado original (Lopezara, 2009). En Colombia, el Bosque Seco Tropical para el año 2019 es de 1'022.632,1 Has y solo el 8% permanece en su estado original, donde la región Norandina posee el 12.4% de BST del país, clasificándose de la siguiente manera: 4.2% bosque maduro, 58.3% vegetación temprana y 37.5 vegetación secundaria (Humboldt, 2019).

El BST se encuentra en alto grado de amenaza producto de su larga historia de transformación y degradación antrópica, considerado un ecosistema estratégico para Colombia (Meave, 2009), debido a su gran número de endemismos, grupos funcionales y diversidad beta registrada en el neotrópico (Olascuaga-Vargas, 2016), además presta diferentes servicios ecosistémicos y está limitado a aquellas zonas geográficas donde la baja humedad y la baja precipitación dan como resultado una biodiversidad característica, como puede ser gran parte de la llanura caribeña de Colombia (Ulloa-Delgado, 2016).

Para el año 2019 se reportaron 2600 especies de plantas (Humboldt, 2019) en cuanto a la vegetación las familias con mayor número de especies es la Fabácea y la Bignonaceae (Meave, 2009), también se encuentran cactáceas, estas se originaron por el intercambio de polen y semillas impulsados por el viento frecuente, por lo que muchas de las especies de las selvas y bosques húmedos de América y África eran las mismas. Sin embargo, a medida que la distancia se iba acrecentando, el intercambio genético entre las plantas de los dos continentes se fue haciendo cada

vez más esporádico y las floras de ambas regiones iniciaron procesos de evolución y diversificación propios (Ulloa-Delgado, 2016). Las interacciones ecológicas intra e interespecíficas han sido consideradas centrales para entender la evolución biológica y el mantenimiento de la diversidad en la naturaleza. Por ello, la conexión entre las diferentes interacciones ecológicas que ocurren a lo largo del ciclo de vida de los organismos, ha desafiado a los ecólogos para comprender los mecanismos que permiten la coexistencia de las especies (Melo, Fernández y Villanueva, 2017). La interacción entre plantas es un factor importante en la organización y funcionamiento de las comunidades vegetales, sobre las que además influye el medio físico y la capacidad de dispersión de las especies. Competencia y facilitación son interacciones de signo opuesto que se dan entre plantas vecinas, de forma que cuando compiten se afectan negativamente y cuando se facilitan lo hacen positivamente. Históricamente la competencia ha sido la interacción más estudiada, lo que ha influido en que se considerara como la predominante en las relaciones entre plantas, determinando la estructura, dinámica y productividad de las comunidades vegetales. Pero en los últimos años numerosos trabajos han demostrado que las relaciones positivas entre plantas son frecuentes, y determinantes de la organización y funcionamiento de los ecosistemas. La facilitación ha ido estableciéndose junto a la competencia, y ahora se considera que ambos procesos actúan simultáneamente, y es el balance entre ambos lo que hace que el resultado final sea negativo o positivo (Instituto Alexander von Humboldt, 2014).

De acuerdo con lo anterior y debido a que el estado de conocimiento sobre BST en Colombia es escaso y en Norte de Santander a diferencia de los demás departamentos de Colombia con BST es el más bajo en estudios de este ecosistema, se plantea la presente investigación, que se realizó

en el municipio de los Patios, Norte de Santander, con el objetivo de evaluar la interacción planta a planta de una cactácea y una fabácea permitiendo aportar información sobre el BST para el departamento y para el País.

La estructura del presente documento se establece a partir de los capítulos que se refieren a continuación. En primera instancia, se detallan los aspectos generales entorno a la descripción del problema, justificación, objetivos y delimitación, que permitieron argumentar la finalidad, la solución que se quiere proponer y el impacto que se generará con el desarrollo del presente trabajo. Seguidamente se relacionan los referentes teóricos, incluyendo los antecedentes, marco teórico y legal que fundamentaron y colocaron en contexto la investigación alrededor de la problemática planteada. Luego, se describe la metodología que se estructuró para el desarrollo del trabajo de acuerdo a los objetivos planteados. Más adelante, se presentan los resultados obtenidos de los muestreos realizados en la zona de estudio, que abarcaron la caracterización de los microambientes presentes en el BST, la determinación de la distribución espacial de las especies analizadas y el análisis de la diversidad alfa de las especies mediante el software estadístico PAST. Finalmente, se revelan las conclusiones y recomendaciones que reflejan los aportes más relevantes y se relaciona la bibliografía que sustenta el trabajo.

2. Descripción del problema

2.1 Planteamiento del problema

El bosque seco es considerado en la actualidad como uno de los ecosistemas más amenazados en el trópico, debido a la fertilidad de sus suelos, es objeto de intensa transformación para la agricultura y donde además es centro de poblaciones humanas. En más de 6100 millones de hectáreas que tiene el planeta, el 40% de la superficie son ecosistemas secos. En Colombia, los bosques naturales abarcan aproximadamente 64 millones de hectáreas donde 1.022.632 es bosque seco tropical encontrándose vegetación temprana 36 %, vegetación secundaria 42,6% y bosque maduro 36% (MinAmbiente 2012; Humboldt, 2019).

A pesar de que el BST es uno de los ecosistemas más amenazados del país, es muy poco lo que se conoce sobre este bosque. Más aún, no se cuenta con datos biológicos, ecológicos y sociales sólidos que permitan diseñar herramientas que aseguren la gestión integral del BST. Según el Humboldt (2014), Colombia es un país privilegiado para estudiar el BST, ya que este ecosistema existe en seis regiones biogeográficas diferentes; esto indica que a pesar de que el BST comparte características similares como una fuerte estacionalidad de lluvias en estas seis regiones, los suelos y la estacionalidad climática varían, y como consecuencia su composición vegetal, animal, fungal y microbiana.

De esta manera, es evidente que hay una enorme necesidad de restaurar el BST y sus servicios en todas las regiones donde ocurre en el país. En particular, los bosques secos estabilizan los

suelos, previenen la erosión y regulan el agua, lo que evita la desertificación y asegura la productividad de los sistemas agrícolas, ganaderos y naturales. Dada la marcada estacionalidad de lluvias del BST, la restauración de este ecosistema puede ser más difícil que la de otros tipos de ecosistemas (Humboldt, 2014). Es por esto, que es de vital importancia fijar lineamientos mediante la interacción entre especies claves, factores determinantes, procesos y herramientas útiles para la restauración del BST.

En la actualidad, poco interés se les ha prestado a remanentes de Bosque Seco Tropical presentes en algunos lugares específicos como es el Sector de Santa Rosa de Lima en el municipio de los Patios (zona biogeográfica de Norte de Santander); debido a esto y a la poca información detallada sobre sus recursos, composición, cobertura e importancia, los habitantes de los sectores cercanos los consideran como zonas pobres de vegetación, presentándose problemáticas asociadas con usos inadecuados del suelo, contaminación y pérdida de especies nativas; todos los factores mencionados han conllevado a la fragmentación del ecosistema

2.2 Formulación del problema

Muchas especies de cactus crecen espacialmente asociados con arbustos que pueden modificar las propiedades del suelo y las condiciones de microclima debajo de sus coronas en comparación con áreas abiertas (Soriano y Ruiz, 2002).

De acuerdo con lo anterior se formula la siguiente pregunta de investigación ¿Qué factores o variables ambientales determinan que existan asociaciones especiales en un ambiente extremo entre una *Cactaceae* y una *Fabáceae*?

3. Justificación

Los autores Promis, Caldentey e Ibarra (2010), definen al microclima como el “conjunto de condiciones climáticas propias de un punto geográfico o área reducida y representa una modificación local del clima, debido a la influencia de distintos factores ecológicos” La radiación y la disponibilidad de agua son dos factores que están relacionados. Para que exista transpiración y evaporación debe existir calor, pero también debe existir agua suficiente. Un exceso de calor y una falta de agua (característica de BMST), sin unos mecanismos reguladores adecuados, terminaría por secar el suelo y la planta morirá (Briñez et al., 2011).

En sistemas gobernados por la facilitación, las especies benefactoras, también nodrizas o facilitadoras, suelen tener adaptaciones que les permiten establecerse en ambientes muy estresantes. A medida que crecen estas especies modifican el micro hábitat que ocupan, incrementando la humedad, proporcionando sombra y fertilizando el suelo con su hojarasca y exudados radiculares (Callaway, 2007). Por otro lado, las especies beneficiarias (o facilitadas) suelen estar adaptadas a ambientes menos estresantes y, por este motivo, necesitan del concurso de las nodrizas que reducen la severidad del micro hábitat y favorecen su establecimiento (Callaway, 2007; Navarro, Goberna y Verdú, 2019). Esta sencilla diferencia en el nicho de regeneración entre plantas nodrizas y facilitadas supone que las especies que interactúan mediante la facilitación coexisten en vez de competir. Este proceso que maximiza la coexistencia produce en última instancia un incremento de la diversidad vegetal en el ecosistema (Valiente-V y Verdú, 2007; McIntire y Fajardo; 2014; Navarro, Goberna y Verdú, 2019).

Según varios estudios (Valiente-B y Verdú, 2007; Verdú y Valiente-B, 2008) las relaciones de facilitación entre especies no se producen aleatoriamente sino siguiendo un patrón característico en el que las especies más diferentes tienden a facilitarse entre sí. La complejidad de las relaciones específicas de facilitación puede visualizarse en una red de interacciones en la que las nodrizas y sus facilitadas son nodos que se conectan a través de enlaces que representan las interacciones facilitativas. Estas redes ecológicas, además de informar de múltiples patrones ecológicos y evolutivos, proporcionan una buena guía de restauración (Bascompte y Jordano, 2013; Navarro, Goberna y Verdú, 2019).

El bosque seco tropical (BST) es considerado un ecosistema prioritario para la conservación de la diversidad y exclusividad biológica colombiana. El incipiente nivel de conocimiento sobre el BST, su proximidad a las zonas urbanas y su historia de transformación hacia sistemas productivos han puesto en riesgo sus especies, procesos ecológicos y servicios ecosistémicos. Hasta la fecha, el limitado acceso a la información y a los pocos procesos de recopilación de datos a escala nacional sobre el BST ha impedido conocer en detalle la distribución de la riqueza de especies. (Humboldt, 2019).

Eventos de cambio climático, fenómenos del niño en Colombia pudiesen limitar el crecimiento, reproducción, ciclos fenológicos de diferentes plantas y lograr la desaparición de estas, estos estudios permiten establecer mediante información valiosa en cuanto la conservación y preservación de diferentes ecosistemas, así como establecer indicadores de seguimiento para estos ecosistemas altamente vulnerables. En este orden de ideas en la actualidad se requiere que los diferentes programas, proyectos estudios de línea base se conformen equipos interdisciplinarios

que aborde estas temáticas estudiando los ecosistemas de manera holística, ejemplo de ello se puede relacionar la planificación de ordenamiento territorial y de cuencas hidrográficas enmarcados en el Decreto 1640 del 2012 cuyas disposiciones están los estudios de la estructura ecológica principal. El programa de Ingeniería Ambiental en la formación de sus profesionales incorpora la gestión de riesgo y el cambio climático en todas sus etapas dentro del SABER HACER, además de ser relevante el trabajo interdisciplinario en diferentes equipos de trabajo para la formulación de dichos planes.

En este contexto, la importancia del presente trabajo de investigación radica en mejorar el entendimiento sobre la ecología del BST, su funcionamiento y valor ecosistémico por medio del análisis de la interacción entre planta-nodrizo con especies propias de este ecosistema en ambientes bajo condiciones difíciles, facilitando así su establecimiento para el desarrollo y supervivencia de las plántulas y, por ende, la conservación del ecosistema.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general.

Evaluar los factores o variables ambientales que determinan el efecto planta - nodriza entre las especies *Mammillaria* sp y *Parkinsonia* sp presentes en un ecosistema de Bosque Seco Tropical del sector Santa Rosa de Lima del municipio de los Patios.

4.2 Objetivos específicos.

Caracterizar los diferentes microambientes del Bosque Seco Tropical por medio de dos estaciones microclimáticas en días extremos.

Determinar la distribución espacial de las especies *Mammillaria* sp y *Parkinsonia* sp en 4 parcelas selecciones al azar en el ecosistema de bosque seco.

Analizar la diversidad alfa de las especies *Mammillaria* sp y *Parkinsonia* sp, mediante software estadístico PAST, que permita establecer medidas de conservación en un ecosistema urbano.

5. Delimitación

5.1 Delimitación espacial

En la región Norandina, los bosques secos están en la zona norte de la cordillera Oriental en las inmediaciones de Cúcuta, los valles de Convención y Ocaña y el valle medio del río Chicamocha (Humboldt, 2014).

De acuerdo con lo anterior, el proyecto se llevó a cabo en el Departamento de Norte de Santander, específicamente en el municipio de los Patios donde se encuentran remanentes de BST, como se muestra en la imagen 1:

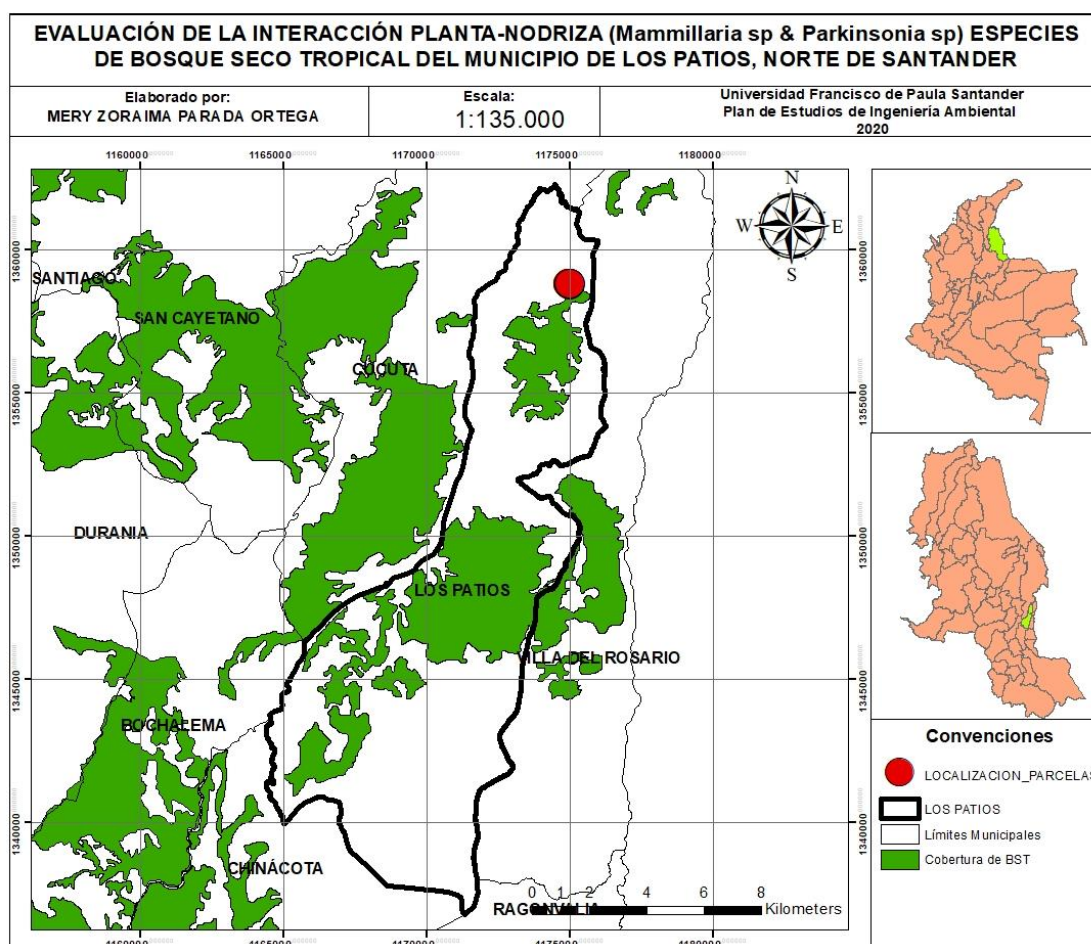


Imagen 1 Localización general del proyecto de investigación

Fuente: ArcGIS 10.5, editado por Autora

5.2 Delimitación Temporal

La fase experimental del proyecto tuvo una duración de seis (6) meses, a partir del mes de enero de 2019.

6. Referentes Teóricos

6.1 Antecedentes

Larrea (2007), en la investigación “Síndrome nodriza y ecología de la regeneración de cactus columnares en un enclave semiárido andino” discute que existe evidencia sugestiva que apunta a la existencia del fenómeno del síndrome nodriza en los bolsones xerófilos de Los Andes de Venezuela. Los resultados sugieren que la regeneración de los cactus columnares podría ocurrir en mayor proporción bajo la copa de las algunas leguminosas arbustivas, permitiendo la asociación espacial entre ambas formas de vida. Este patrón sugiere que algunos mecanismos podrían estar operando en el enclave, como por ejemplo: i) dispersión de las semillas de los cactus bajo la copa de las leguminosas arbustivas, ii) alta mortalidad de plántulas en zonas abiertas, la cual podría restringir o favorecer la supervivencia de las plántulas a sitios con sombra y iii) disminución de condiciones ambientales estresantes, las cuales podrían incluir modificaciones químicas y físicas del suelo bajo de la copa de una potencial planta nodriza, También expresa que “la presencia de ambos cactus en espacios abiertos apunta a que la necesidad de una planta nodriza para su reclutamiento puede ser altamente facultativa. Este es el primer estudio que reporta asociaciones espaciales positivas entre cactáceas globulares y arbustos mimosoideos en los Andes del norte de Sudamérica. Al confirmar que ambos arbustos mimosoideos pueden influir la disposición espacial de cactáceas de forma globular, proporcionamos las bases para futuras investigaciones y

presentamos información clave sobre el rol que juegan estos arbustos como plantas nodriza en Los Andes tropicales.”

Por su parte, Padilla (2007) en la publicación “Factores limitantes y estrategias de establecimiento de plantas leñosas en ambientes semiáridos. Implicaciones para la restauración” Expresa que, tras la germinación, las plántulas resultantes son individuos muy vulnerables que están expuestos a diversas amenazas bióticas (e.g., herbivoría, competencia, alelopatía) y abióticas (e.g., desecación del suelo, niveles de radiación y temperatura inadecuada) que limitan su supervivencia. Esto provoca que sólo una pequeña fracción de los individuos germinados consiga establecerse, y que la fase de plántula sea una de las etapas más críticas en el ciclo de vida de una planta. Tantos factores abióticos como bióticos inciden en la supervivencia de las plántulas, pero parece que los factores abióticos predominan en ambientes limitantes, mientras que en hábitats más benignos la competencia con otras plantas toma especial protagonismo. Esta observación es relevante en ecosistemas áridos, donde se ha visto que el establecimiento de determinadas especies es mayor debajo de la cubierta de ciertos arbustos que mejoran las condiciones de crecimiento que en zonas alejadas de ellos. Así, el éxito de establecimiento de las plántulas depende en gran medida del lugar en el que crezcan, de manera que si las plántulas no crecen en lugares favorables y seguros (e.g., bajo arbustos), la supervivencia dependerá en gran medida de su habilidad para adaptarse y/o resistir los factores limitantes.

Primer on Environmental Citizenship, Canadá. El ABC de los rayos UV (2007) en la publicación “Efecto de la radiación UV en plantas del género Mammillaria” se describe que, en las plantas, la radiación UV disminuye la tasa metabólica en la fotosíntesis, provocando deterioro

en su crecimiento. Los rayos ultravioleta (UV), son la parte dañina de la radiación solar, tienen la capacidad de reflejarse en el agua, cemento, arena y nieve. Las cactáceas del género *Mammillaria*, son plantas que pueden resistir condiciones de sequía, asimismo crecen en zonas áridas, semiáridas, zonas frías, templadas y en zonas cálidas húmedas. A lo largo de este proyecto se expusieron plantas cactáceas del género *Mammillaria*, a diferentes lapsos de tiempo de radiación UV, se observaron los cambios que se produjeron en cada una de las dimensiones de las plantas, es decir, el largo, ancho y base de las mismas. Finalmente se analizaron los efectos dañinos que causa la exposición de estas plantas a la luz ultravioleta a corta distancia, sobre su crecimiento y deterioro evidente en los parámetros de largo y ancho de las plantas medidas.

El primer estudio que reporta asociaciones espaciales positivas entre cactáceas globulares y arbustos mimosoideos se realizó en los Andes del norte de Sudamérica en el año (2009), en el cual reportan que *Mammillaria* en espacios abiertos requiere de una planta nodriza para su reclutamiento.

De otro modo, Ramírez (2011), en la investigación titulada “Los objetos nodriza como refugio y fuente de nutrientes: reflexiones sobre el establecimiento y restauración de cactáceas en zonas áridas de la vertiente occidental de los Andes”, analizó dos paradigmas referentes al reclutamiento y establecimiento de las cactáceas. El primero está ligado al efecto facilitador que proporcionan los “objetos nodriza” (rocas) en comparación con el que brindan las “plantas nodriza” y que puede ser particularmente relevante en contextos donde la deposición de agua de nieblas y la formación de rocío son fenómenos de alta ocurrencia. El segundo paradigma tiene que ver con la biología trófica de cactáceas rupícolas. En esta investigación se concluyó que es necesario realizar más

estudios para cuantificar el efecto casual de la facilitación de las rocas en zonas de la vertiente occidental de los Andes.

Salmerón y Geadá López (2018) en la investigación “Interacciones entre plantas en un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental” concluyeron que en los sitios sometidos a diferentes niveles de perturbación en el bosque semideciduo micrófilo en la Reserva Ecológica Siboney Juticí se verifica la existencia de interacciones tanto de facilitación como de competencia. La facilitación es más frecuente en los sitios muy y medianamente perturbados. La competencia es más frecuente en los sitios poco perturbados.

Por otra parte, Ortiz y Roa (2019) en la investigación “Determinación de los mecanismos de reproducción de dos cactáceas de los géneros *Mammillaria* y *Melocactus* en el ecosistema de Bosque muy seco tropical” concluyeron que, se identificaron a las hormigas como los dispersores y consumidores de semillas más frecuentes para ambos géneros.

En última instancia, el trabajo realizado por Navarro, Goberna y Verdú (2019) consistió en revisar la utilización de la facilitación entre plantas como herramienta para la recuperación de biodiversidad y funciones eco sistémicas. Evidenciaron que la facilitación planta-planta permite la recuperación de múltiples facetas de la diversidad en varios niveles tróficos y, en último término, la restauración de funciones eco sistémicas esenciales (fertilidad, productividad o descomposición), procesos que se han ilustrado en estudios observacionales, realizados en ecosistemas naturales dirigidos por la facilitación, así como experimentos manipulativos y

experiencias piloto que muestran las distintas posibilidades de aplicación de la facilitación a programas de restauración.

6.2 Marco Teórico

6.2.1 El Bosque Seco Tropical en Colombia

El Bosque Seco Tropical (BST) es considerado un bioma, dado que representa un conjunto de ecosistemas muy similares entre sí por su fisionomía y vegetación (Toro, 2004; Humboldt, 2014). En el sentido más amplio, el BST es simplemente un bioma forestal que ocurre en tierras bajas de zonas tropicales y que se caracteriza por presentar una estacionalidad marcada de lluvias con varios meses de sequía.

Las plantas han sido los organismos mejor estudiados en los bosques secos de diferentes regiones de Colombia. El factor más crítico para las plantas del BST es la estacionalidad de lluvias, dado que el agua determina la producción de hojas, la fotosíntesis, la descomposición de la materia orgánica, la producción de raíces y la dinámica de nutrientes y microorganismos en el suelo (Jaramillo et al., 2011; Humboldt, 2014). De ahí que las plantas de bosque seco presenten una gran variedad de patrones fenológicos que van desde las especies que no pierden sus hojas nunca, hasta aquellas que pierden todas sus hojas durante la época de sequía o lluvias.

Muchas plantas de bosque seco cuentan con defensas estructurales contra los herbívoros como espinas, pelos, hojas, rígidas, minerales granulares en tejidos vegetales, y aguijones. Por ejemplo,

las familias *Fabaceae*, *Rutácea* y *Cactaceae* presentan espinas en sus troncos y ramas que son efectivas contra la herbivoría por parte de vertebrados (Humboldt, 2014).

6.2.2 Interacción Planta-Nodriza.

Los estudios especifican que la interacción entre plantas de zonas áridas es abundante, en especial aquellos que tratan el fenómeno conocido como nodricismo. Formalmente el nodricismo consiste en el reclutamiento y establecimiento de los individuos de una especie bajo la copa de plantas de otras especies perennes en una comunidad. Esta relación tiene un origen multifactorial, como la protección contra herbivoría, la dispersión de semillas, el incremento en la fertilidad del suelo, o bien el amortiguamiento de las condiciones ambientales extremas bajo el dosel de la nodriza. Este último aspecto es fundamental en el caso de las zonas áridas, pues el dosel de plantas arbustivas perennes disminuye la radiación solar, la temperatura del suelo y evita el daño por congelamiento, generándose un microambiente favorable para las plantas protegidas. Las condiciones mencionadas facilitan la germinación y establecimiento, por lo tanto, se incrementa la probabilidad de reclutamiento de las especies asociadas a la nodriza. De acuerdo con esto, es evidente porque la estructura de ciertas comunidades está determinada en gran medida por las relaciones de facilitación, como el nodricismo (Zúñiga, Malda y Suzán, 2005).

En zonas áridas el establecimiento de cactáceas y numerosas especies de plantas suculentas ha sido relacionado con la presencia de arbustos, de tal manera que se ha propuesto una interacción de facilitación arbusto-cactus (Drezner y Garrity, 2003; Drezner, 2006; Zúñiga et al., 2005). El arbusto actúa como "planta nodriza" que genera un micro-sitio óptimo para su "protegido" (cactus)

propiciando: sombreado y por lo tanto atenuación de altas radiaciones, materia orgánica y nutrientes derivados de la descomposición de hojarasca proveniente del arbusto, mayor disponibilidad de agua que es mantenida debajo de la planta nodriza. Sin embargo, en una revisión de estudios realizados en diferentes zonas áridas y semiáridas del mundo, Maestre et al. (2005) encontraron que bajo condiciones de alto estrés ambiental las interacciones de competencia son más importantes que las de facilitación. La escasez de recursos limitantes (principalmente el agua) determina que las plantas nodriza compitan por éstos con las plantas protegidas, fenómeno que en algunas partes del mundo se ha denominado "sombra seca" (Valladares et al., 2004). Bajo este tipo de escenarios, los "objetos nodriza" como las rocas pueden desempeñar un rol facilitador similar al de los arbustos (a excepción de la deposición de hojarasca) permitiendo un ambiente con pocas variaciones de temperatura y humedad, evitando pérdidas de agua por evaporación (Reyes-Olivas et al., 2002) y con la ventaja de que no compiten con las plantas protegidas por los escasos recursos (Munguía-Rosas y Sosa, 2008; Peters et al., 2008).

6.2.3 Familia de las Cactáceas

“Las cactáceas son una familia de plantas suculentas y, en gran mayoría, espinosas, conocidas en conjunto como cactus o cactus. Esta familia es originaria de América. Sin embargo, hay una excepción, *Rhipsalis baccifera*, que está extendida en África tropical, Madagascar y Ceilán”.

6.2.4 Familia de las Fabáceas

“Las fabáceas o leguminosas son una familia del orden de las fabales. Reúne árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto tipo legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas. Es una familia de distribución cosmopolita con aproximadamente 730 géneros y unas 19.400 especies, lo que la convierte en la tercera familia con mayor riqueza de especies después de las compuestas y las orquídeas. Esta riqueza de especies se halla particularmente concentrada en las ramas de las mimosóideas y las fabóideas, ya que contienen cerca del 9,4% de la totalidad de las especies de las eudicotiledóneas. Se ha estimado que alrededor del 16% de todas las especies arbóreas en los bosques lluviosos neo tropicales son miembros de esta familia. Asimismo, las fabáceas son la familia más representada en los bosques tropicales lluviosos y en los bosques secos de América y África”.

6.3 Marco Legal

El marco normativo en el que se enmarca la presente investigación y que comprende decretos, leyes y normas vigentes que articulan y dictaminan los aspectos referentes a los ecosistemas y monitoreos de flora en ecosistemas estratégicos se define a continuación:

- Constitución Política de Colombia de 1991 - capítulo 3: de los derechos colectivos y del ambiente: establece las responsabilidades del estado en cuanto a la protección de la diversidad e integridad del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

- Ley 1518 de 2012. “Por medio de la cual se aprueba el “Convenio Internacional para la protección de las Obtenciones Vegetales”, del 2 de diciembre de 1961, revisado en Ginebra el 10 de noviembre de 1972, el 23 de octubre de 1978 y el 19 de marzo de 1991.”
- Decreto 1076 de 2015: "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible" agrupa las normas de carácter reglamentario que rigen en el sector, de forma que se cuenta con un instrumento jurídico único para el mismo.
- Resolución 0376 de 2016: “casos que no requieren modificación de licencia ambiental.
- Resolución 1244 de 2017 “Por la cual se levanta de manera parcial la veda de especies de flora silvestres y se toman otras disposiciones.”
- Resolución 2014 de 2017 “Por la cual se levanta de manera parcial la veda de especies de flora silvestre y se toman otras determinaciones.”
- Resolución 97 de 2017 “por la cual se crea el Registro Único de Ecosistemas y Áreas Ambientales y se adoptan otras disposiciones”

7. Metodología

El trabajo se desarrolló empleando una investigación de enfoque cuantitativo, que implicó el trabajo de campo, la toma de información primaria y el análisis gráfico de los resultados.

7.1 Descripción general de la zona de estudio

La zona de estudio se estableció en el municipio de Los Patios, donde se encuentran remanentes de Bosque Seco Tropical, específicamente en el sector de Santa Rosa de Lima (7,837639 N; -72,491083 W); presenta una altitud promedio de 412 m.s.n.m., con una temperatura media de 27 ° C. En la siguiente imagen se muestran las especies presentes en los remanentes de BST del municipio de Los Patios y que son objeto del análisis de su interacción.



Imagen 2 Especies presentes en el BST del municipio de Los Patios

Fuente: Autora

En esta área se definieron al azar 4 parcelas de 20 m x 10 m abarcando un área total de 800 m². (Imagen 3).

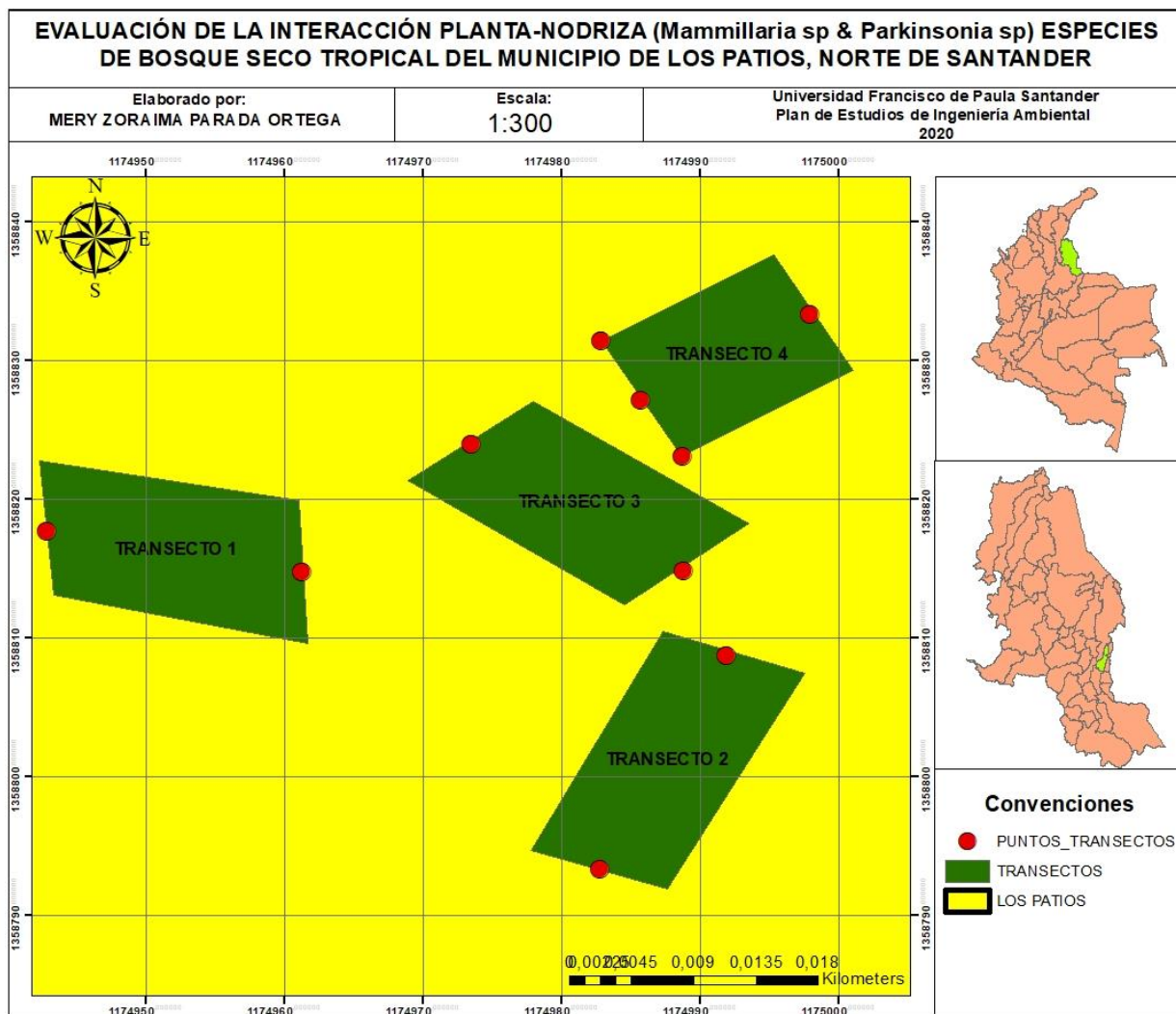


Imagen 3 Localización de los puntos de muestreo

Fuente: ArcGIS 10.5, editado por Autora

7.2 Fases desarrolladas

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados, la investigación se estructuró en tres fases, que se describen a continuación. La Tabla 1 muestra las tres fases que comprenden la Metodología desarrollada para el proyecto de investigación:

Tabla 1 Fases de desarrollo de la investigación

Fase 1:Revisión Bibliográfica	Fase 2: Trabajo de Campo	Fase 3: Análisis de Resultados
<ul style="list-style-type: none"> • ScienceDirect. • Scopus. • Biblioteca Digital mundial. • Redalyc. • Google académico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del lugar dónde se colocaron las micro estaciones. • Establecimiento de parches de vegetación en 4 parcelas de 20 m x 10 m, al interior de las parcelas se establecieron sub parcelas de 2 m x 2 m para el estudio. • Registro del número de especies, el número de individuos y la cobertura en las parcelas seleccionadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de los datos registrados en las micro estaciones. • Análisis de las morfo especies registradas con respecto a la distribución espacial, la ubicación y orientación respecto a Norte, Este, Oeste y sur. • Análisis de la biodiversidad presente en el ecosistema de estas especies a partir de análisis descriptivo y análisis especializado

Fuente: Autora

7.2.1 Revisión Bibliográfica

En primera instancia, se realizó una revisión bibliográfica que consistió en la búsqueda de diferentes artículos científicos relacionados con la temática planteada en el proyecto de investigación, por lo cual se utilizaron las bases de datos de la UFPS, Science Direct, Scopus, Biblioteca digital mundial, Biblioteca virtual Miguel de Cervantes, Redalyc, entre otros. La información recopilada permitió fundamentar los referentes teóricos y analizar los datos tomados en campo.

7.2.2 Caracterización de los microambientes presentes en el BST

Se utilizaron dos micro estaciones de marca Excelvan pro y Weather Station de varios canales con las que se caracterizaron los diferentes microambientes presentes en el BST. Se midieron las siguientes variables meteorológicas: Temperatura, Humedad relativa, velocidad y dirección del

viento, Presión atmosférica, Punto de Rocío, Radiación Solar que permitieron caracterizar el microambiente a partir de los datos registrados.

Se establecieron 3 sitios donde existiera la presencia de las especies *Mammillaria* sp y *Parkinsonia* sp; así mismo, se verifico que uno de los sitios escogidos estuviera libre de arbustos. De esta manera, se ubicaron cuatro sensores a 50 cms del suelo teniendo en cuenta las siguientes características:

- Sensor 1, ubicado en zona desprovista de arbustos, es decir, recibiendo radiación solar directa sin posibilidad de sombra.
- Sensor 2, ubicado en la parcela 3, en zona de transición (límite entre arbustos y la zona desprovista de ellos).
- Sensor 3, ubicado dentro de la parcela 3 dentro del bosque.
- Sensor 4, ubicado en la parcela 4.

7.2.3 Establecimiento de las parcelas

Se establecieron parches de vegetación por medio de 4 parcelas de 20 m x 10 m; al interior de las parcelas se establecieron sub parcelas de 2 x 2 m donde se registraron el número de especies, individuos, cobertura, agrupación, distancia entre ellos y distancia entre el género más cercano (Imagen 4). Luego se calculó la densidad, la dominancia y la frecuencia, tanto absoluta como relativa. Se obtuvo el índice de riqueza específica de Margalef; así como el índice de diversidad de Menhinick, el índice de dominancia y diversidad de Simpson.



Imagen 4 Establecimiento de las parcelas
Fuente: Autora

La diversidad es el número de especies en una unidad de área que se mide a través de dos métodos: la riqueza específica basada en la cantidad de especies presentes y la estructura que mide la distribución proporcional del valor de importancia. Este último se clasifica en la dominancia y en equidad de la comunidad.

Los individuos de una especie en una comunidad pueden hallarse ubicados al azar, o a intervalos regulares o agregados formando manchones. En el primer caso, su patrón es aleatorio; en el segundo, es regular y en el tercero, agregado. En una zona ocupada por una especie con

patrón aleatorio, cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar ocupado por un individuo de la especie considerada. Es decir, si se toman muestras de tamaño uniforme, ubicadas al azar en dicha área, la distribución del número de individuos por unidad muestral se conforma a una serie de Poisson, de modo que la varianza relativa (varianza / media) es igual a la unidad. Cuando los individuos se hallan agrupados en un patrón agregado, la varianza relativa es mayor que 1; es decir, la varianza del número de individuos por unidad de muestreo excede a la media. La varianza alta se debe a que los individuos se concentran en cantidades grandes en pocas unidades muestrales. En el patrón regular, la varianza relativa es menor que 1 porque los individuos se reparten más uniformemente de lo esperado en las unidades muestrales, lográndose una varianza menor que la media.

7.2.4 Procesamiento y análisis de la información

Los datos obtenidos en el trabajo de campo se procesaron en bases de datos Excel 2016. Luego, mediante el software estadístico PAST, se analizó la biodiversidad presente en el ecosistema de estas especies a partir de análisis descriptivo, análisis especializado (series de tiempo, análisis espacial, morfometría y estratigrafía) de diversidad alfa (manual software estadístico PAST I de estudios de la biodiversidad del Humboldt) utilizando el índice de Margalef, que relaciona el número de especies de acuerdo con número total de individuos según lo muestra la siguiente expresión:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Dónde:

S= número de especies.

N=número total de individuos.

De otro modo, el Índice de diversidad de Simpson (también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia) es uno de los parámetros que permiten medir la riqueza de organismos.

$$D_{si} = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

Dónde:

p_i : igual a la proporción entre n_i y N

n_i : número de individuos de la especie i .

8. Resultados

8.1 Verificación de campo

Se seleccionó el área Santa Rosa de Lima (Los patios-Norte de Santander) como sitio de trabajo para el proyecto; esta actividad consistió en el desplazamiento hasta el lugar observación, selección y marcado de los transectos como se presentó en la Imagen 3.

8.1.1 Definición y tamaño de las parcelas

Se trazaron cuatro parcelas seleccionadas al azar, de 20 m x 10 m (200 m² cada una), para un área total de 800 m² (0,08 Has); a su vez, al interior de cada parcela se establecieron sub parcelas de 2 m x 2 m. La ubicación de cada parcela se hizo de acuerdo con la disponibilidad de espacio en cada zona evaluada.

8.1.2 Registro de especies

En cuanto al registro de individuos, aquellas especies que contaran con una circunferencia a la altura del pecho (CAP) superior a 2 cm, se registró su nombre local y número de individuos. Para las Cactáceas se registró el número de individuos, agrupación, distancia entre ellos y distancia entre el género más cercano.

8.2 Caracterización de los diferentes microambientes del Bosque Seco Tropical por medio de dos estaciones micro climáticas en días extremos.

Se realizó el monitoreo durante tres días soleados en época seca, para el muestreo que buscaba analizar si los eventos extremos de calor se relacionaban con la interacción de las dos especies.

Las gráficas 1 y 2 muestran los resultados de temperatura y radiación solar obtenidos por los sensores en un rango horario de 10:00 am a 2:00 pm para el día 9 de junio de 2019.

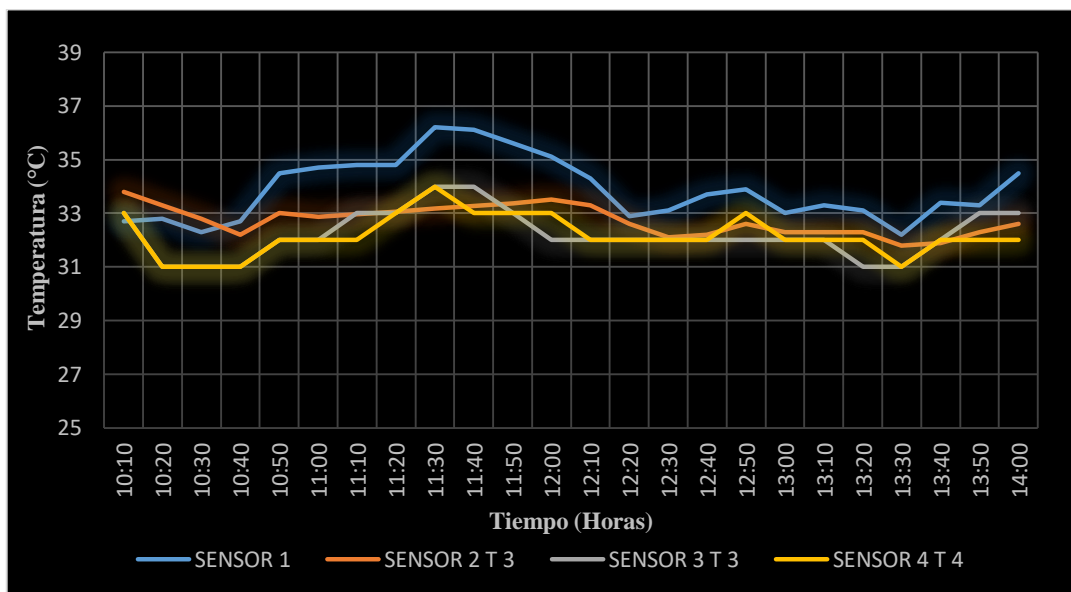


Gráfico 1 Valores de Temperatura registrados el 9 de junio de 2019

Fuente: Autora

La temperatura promedio registrada para el día 9 de junio de 2019 es de 32.7 °C, oscilando entre las 11:00 am y 12:00 pm los horarios con mayor magnitud registrada. Los sensores muestran los valores máximos, mínimos y promedio, el valor máximo del día fue 36,2 °C del sensor 1 ubicado en zona desprovista de árboles, los sensores 2, 3 y 4 registraron similitud en los valores relacionándose por tener en común la presencia de arbustos, como se aprecia en la Tabla 2. Se evidencio una diferencia de 2°C entre la zona donde se encontraba la *Parkinsonia* sp y la zona descubierta del bosque.

Tabla 2 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 9 junio 2019

Temperatura °C	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
PROMEDIO	33,9	32,7	32,2	32,2
MAX	36,2	33,8	34	34
MIN	32,2	31,8	31	31

Fuente: Autora

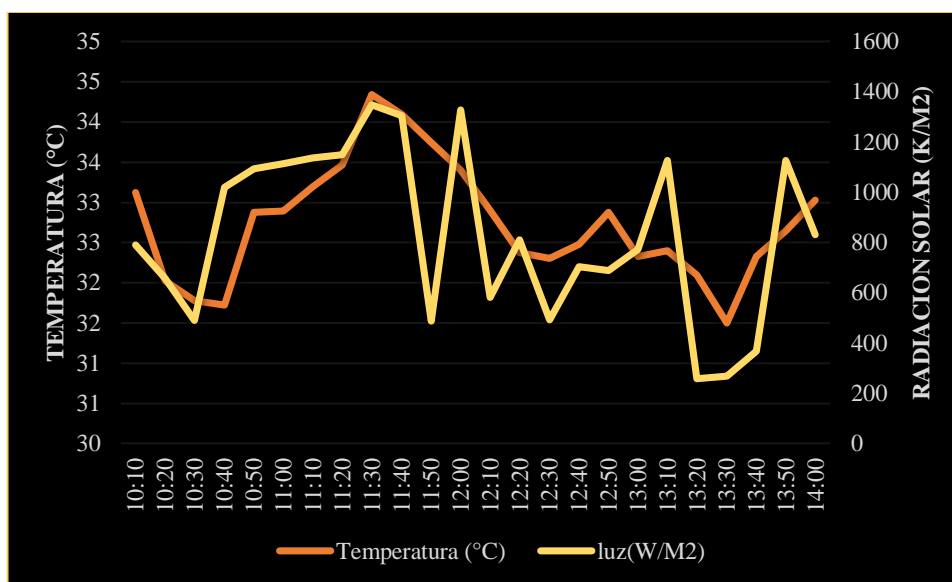


Gráfico 2 Valores de Radiación solar registrados el 9 de junio 2019

Fuente: Autora

La Radiación Solar del día 9 de junio de 2019, en promedio es de 831.52 W/m^2 , con algunos valores que superan los 1000 W/m^2 . Con relación a la temperatura presenta un comportamiento similar, registrando los periodos más altos de radiación entre las 11:00 am y 12:00 pm, con ciertas variables.

Las gráficas 3 y 4 muestran los resultados de temperatura y radiación solar obtenidos por los sensores en un rango horario de 10:00 am a 2:00 pm para el día 13 de junio de 2019.

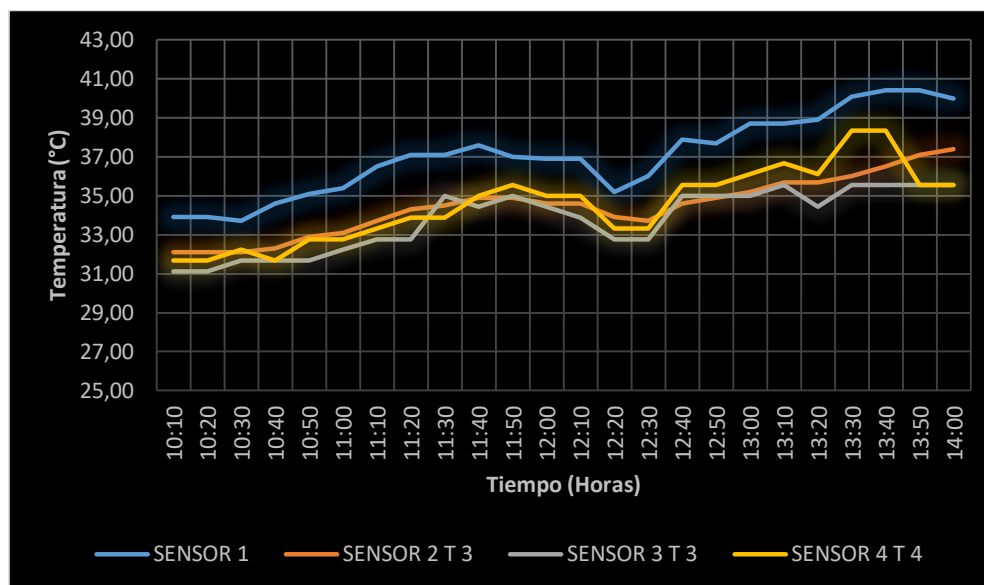


Gráfico 3 Valores de Temperatura registrados el 13 de junio de 2019

Fuente: Autora

La temperatura promedio de la zona de estudio registrada para el día 13 de junio de 2019 es de 35 °C, situándose el valor medio hacia las 12:00 pm. El valor máximo del día fue 40,4 °C a las 1:40 pm del sensor 1, ubicado en zona desprovista de árboles; por su parte, los sensores 2, 3 y 4 registraron comportamiento por debajo del sensor 1 de hasta 3°C en la zona donde se encontraba la *Parkinsonia* sp (Tabla 3).

Tabla 3 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 13 junio 2019

Temperatura °C	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
PROMEDIO	37,1	34,5	33,8	34,5
MAX	40,4	37,4	35,6	38,3
MIN	31,7	32,1	31,1	31,7

Fuente: Autora

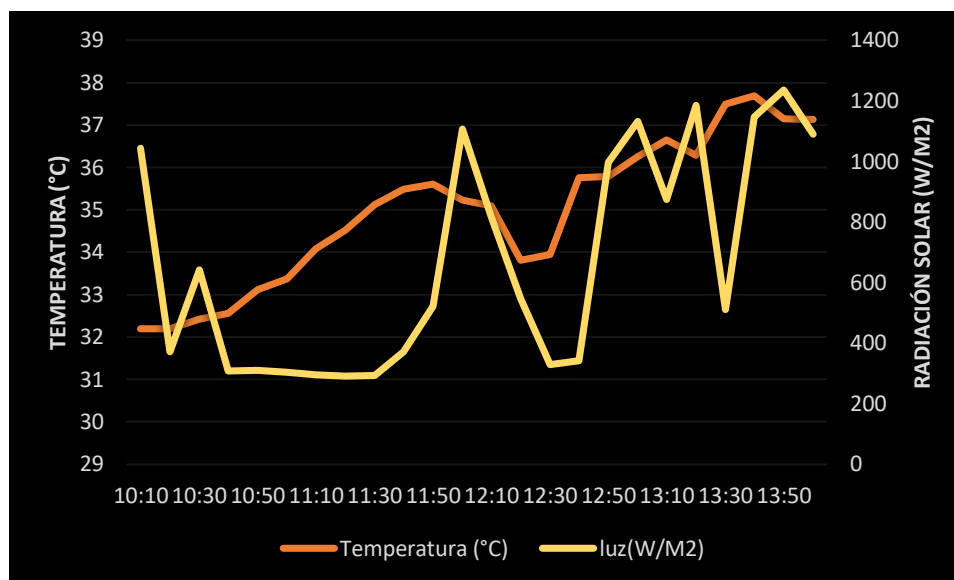


Gráfico 4 Valores de Radiación solar registrados el 13 de junio de 2019

Fuente: Autora

La Radiación solar del día 13 de junio de 2019, en promedio es de 669.37 W/m^2 , con algunos valores que superan los 1000 W/m^2 , presenta variaciones, sin embargo, contempla un aumento constante de las variables de radiación solar y temperatura hacía las horas de la tarde, oscilando entre las 01:00 pm y 2:00 pm los horarios con mayor magnitud registrada.

Las gráficas 5 y 6 muestran los resultados de temperatura y radiación solar obtenidos por los sensores en un rango horario de 10:00 am a 2:00 pm para el día 28 de junio de 2019.

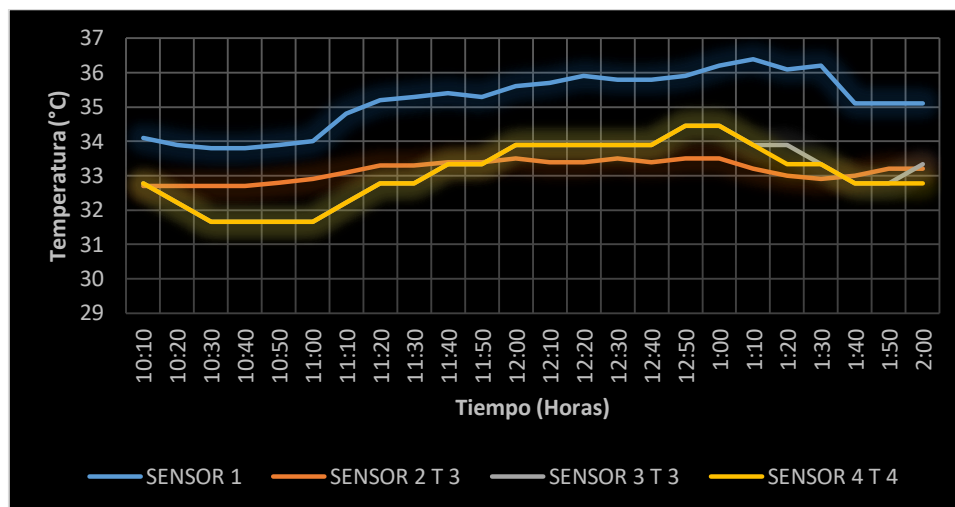


Gráfico 5 Valores de Temperatura registrados el 28 de junio de 2019

Fuente: Autora

La temperatura promedio registrada para el día 28 de junio de 2019 es de 33,6 °C, oscilando entre las 12:00 pm y 2:00 pm los horarios con mayor magnitud registrada. Los sensores muestran los valores máximos, mínimos y promedio; el valor máximo registrado fue de 36,4 °C a la 1:10 pm. del sensor 1, la temperatura mínima se registró a las 11:00 am de 31,7 °C por los sensores 3 y 4 como se evidencia en la Tabla 4.

Tabla 4 Valores Máximos, Mínimos y promedio de Temperatura registrados por los sensores el 28 junio 2019

Temperatura °C	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4
PROMEDIO	35,2	33,2	33,1	33,1
MAX	36,4	33,5	34,4	34,4
MIN	33,8	32,7	31,7	31,7

Fuente: Autora

La Radiación solar del día 28 de junio de 2019, es superior a los 900 W/m^2 , con algunos valores que superan los 1000 W/m^2 , presenta variaciones, sin embargo, contempla un aumento constante de las variables de radiación solar y temperatura, oscilando entre las 12:00 pm y 2:00 pm los horarios con mayor magnitud registrada.

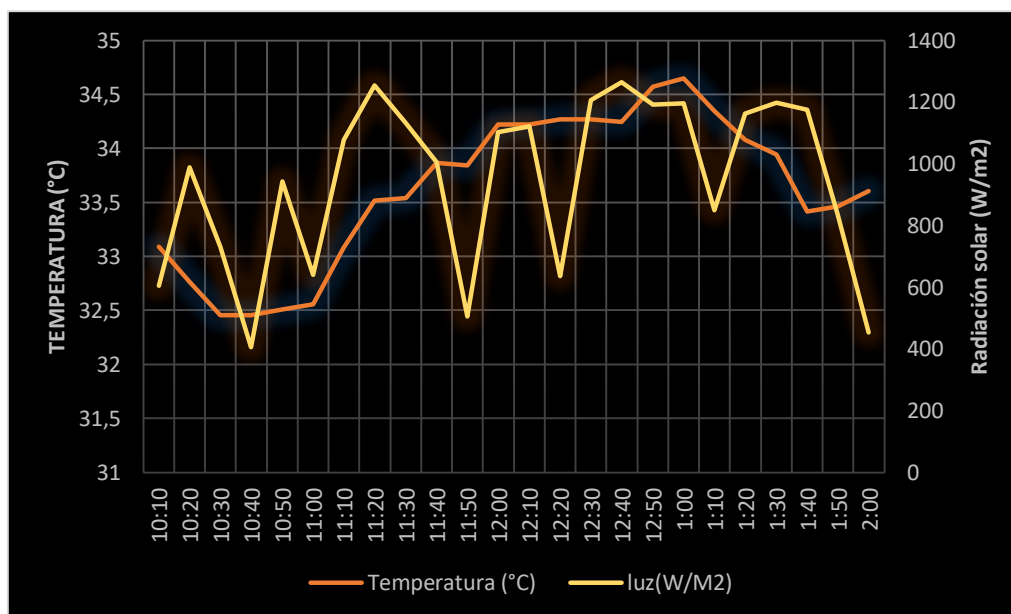


Gráfico 6 Valores de Radiación solar registrados el 28 de junio de 2019

Fuente: Autora

La Grafica 7 muestra los valores medios de la Temperatura (Interna y Externa), en comparación con la Radiación Solar promedio registrada durante el periodo de monitoreo. Se puede apreciar que la zona de estudio maneja valores de radiación en promedio de $804,5 \text{ W/m}^2$ entre las 10:00 am y 2:00 pm, existe una alta desviación estándar de 173.3793 W/m^2 , en donde la radiación solar puede variar entre $1178,6 \text{ W/m}^2$ y $504,7 \text{ W/m}^2$, con un nivel de confianza del 95 %. Los valores bajos de radiación en algunos intervalos, se debe a la influencia de otras variables meteorológicas como la nubosidad y la velocidad del viento, que para la época en que se realizó el monitoreo (mes de junio) incrementan en gran medida en esta zona del país. Como lo afirman algunos estudios

(Valiente-Banuet y Godínez-Álvarez, 2002; García y Mandujano, 2010; Vásquez, 2016), la radiación es un factor importante en la determinación de patrones de distribución a manera de parches para especies desérticas que se establecen bajo la sombra de otras y altamente significativa en la distribución de la riqueza de especies arbóreas del BST en Colombia.

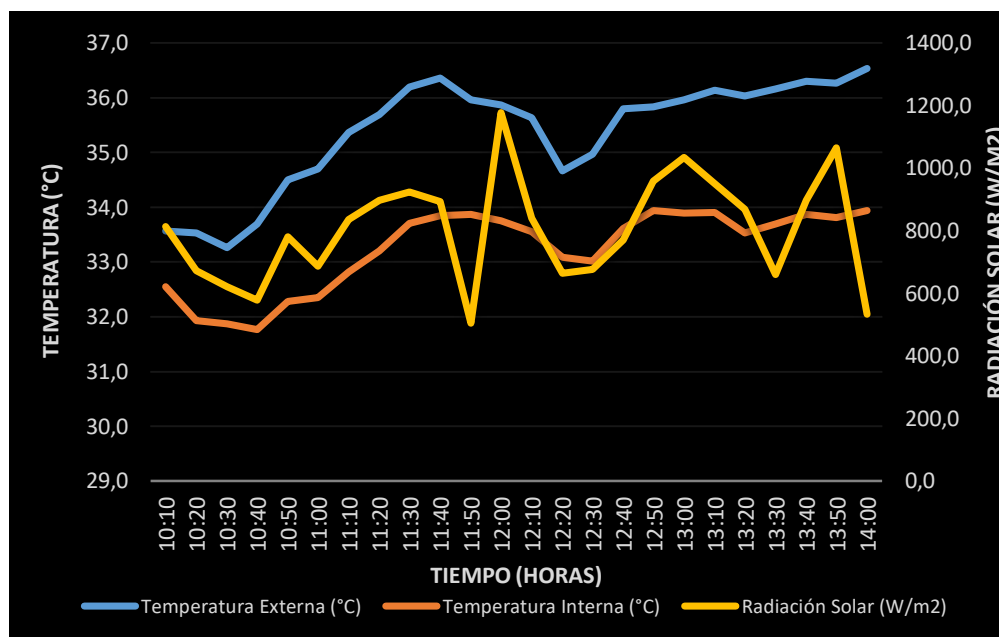


Gráfico 7 Temperatura y Radiación solar promedio

Fuente: Autora

Además, se observa que existe una relación directa indicando que a mayor radiación se incrementa la temperatura. De igual forma, la temperatura externa es mayor, en comparación con la interna, dado que la externa corresponde a la zona desprovista de arbustos, indicando que recibe radiación solar directa sin posibilidad de sombra.

La Temperatura registrada para los días de muestreo osciló entre 33,3 °C y 36,5°C en el área desprovista de sombra en BST (Temperatura externa), mientras que las temperaturas registradas

en zonas al interior del Bosque (Temperatura interna) oscilaron entre 31,8°C a 33,9°C, demostrando que la planta nodriza le proporciona una reducción de la Temperatura de 2,1°C, según se muestra la comparación en la Tabla 5, junto con el valor promedio de Radiación Solar para todo el periodo de monitoreo. Según esto, la nodriza cumple la función de disminuir la radiación directa para que las plántulas se beneficien en su establecimiento, generando el descenso de la temperatura del suelo y el aire (García y Mandujano, 2010).

Los valores de Temperatura registrados durante el monitoreo se encuentran dentro del rango descrito por diversos autores (Sánchez et al., 2005; Rodríguez et al., 2012; Humboldt, 2014; Londoño y González, 2015; Vásquez, 2016) para caracterizar el BST, con valores superiores a los 25 °C. En las gráficas 2, 4, 6 y 7 de Temperatura y radiación solar se observa que existe una relación directa, indicando que a mayor radiación se incrementa la temperatura.

Tabla 5 Valores medios de las variables ambientales medidas en campo.

Variable	Valor	Unidad de medida
Temperatura Externa	35,4	°C
Temperatura Interna	33,2	°C
Radiación Solar	804,5	W/m ²

Fuente: Autora

8.3 Determinación de la distribución espacial de las especies *Mammillaria* sp y

***Parkinsonia* sp en las 4 parcelas seleccionadas al azar**

8.3.1 Distribución espacial de cactáceas respecto a *Parkinsonia* sp

Al interior de las 4 parcelas se establecieron sub parcelas de 2 m x 2 m donde se registraron el número de morfo especies debajo del dosel de la *Parkinsonia* sp. En la Tabla 6 se encuentra el registro de las morfo especies de cactus observados.

Tabla 6 Morfo especies de Cactaceae identificadas en los transectos de estudio.

Nombre	Transecto 1			Transecto 2			Transecto 3		Transecto 4		
	árbol 1	árbol 2	árbol 3	árbol 1	árbol 2	árbol 3	árbol 1	árbol 2	árbol 1	árbol 2	árbol 3
Cactaceae											
<i>Mammillaria</i> sp	58	151	91	161	58	27	103	171	60	67	38
<i>Opuntia</i> <i>Wentiana</i>	24	20	21	16	26	17	17	10	9	2	8
<i>Acanthocereus</i> <i>Tetragonus</i>	7	7	0	1	6	8	0	0	0	0	11
<i>Melocactus</i> <i>Curvispinus</i>	1	0	7	25	33	32	31	24	5	16	4

Fuente: Autora

Se registró un total de 1373 individuos *Cactaceae* bajo el dosel de las *Parkinsonia* sp; se encontraron cuatro morfo especies de *Cactaceae* donde el mayor número de individuos por morfo especie lo obtuvo la *Mammillaria* sp representa un 71.7 % del total de individuos y la *Cactaceae* de menor presencia fue *Acanthocereus Tetragonus* con un 2.9 %. En la zona de estudio se evidenció que como mínimo siempre se encontró la presencia de tres de las cuatro morfo especies. Según lo mencionado, el rol de la facilitación es más evidenciado en este tipo de territorios, sometidos a elevados niveles de estrés ambiental (Soliveres et al., 2011; Gross et al., 2013; Salmerón y Geadá, 2018), encontrándose diversas especies de Cactáceas bajo el dosel de la *Parkinsonia* sp (planta facilitadora).

Lo anterior contrasta con los resultados obtenidos en otras investigaciones realizadas en remanentes de Bosque Seco Tropical de la región (Carrillo, Rivera y Sánchez, 2007), pues en zonas como el Cerro Tasajero se han registrado pocas especies de la familia *Cactaceae*, con un bajo valor de importancia por familia, respecto a otras como las *Fabaceae*. Cabe mencionar que el registro del número de familias e individuos depende de la metodología de muestreo empleada, así como del grado de fragmentación del ecosistema.

En la Imagen 5 se evidencian algunas de las morfo especies de cactus presentes en los remanentes de BST del sector de Santa Rosa de Lima, debajo del dosel de la *Parkinsonia* sp (Imagen 6).



Imagen 5 Morfo especies identificadas (*Opuntia Wentiana*, *Melocactus Curvispinus*, *Mammillaria* sp)

Fuente: Autora



Imagen 6 *Parkinsonia* sp

Fuente: Autora

Algunos estudios realizados a nivel nacional (Pizano et al., 2014; Vásquez, 2016) han evidenciado que las cactáceas se encuentran entre los hábitos con menor riqueza de especies en el Bosque Seco Tropical, información que es sumamente importante para los análisis a nivel de su distribución espacial.

8.3.2 Distribución espacial y orientación de *Mammillaria* sp, respecto a su planta nodriza

Del registro anterior de las especies se obtuvo la distribución espacial para la *Mammillaria* sp teniendo en cuenta la orientación, donde en el plano cartesiano se ubicó para el eje -Y el oeste (W), en el eje +Y el Este (E), en +X como Sur (S) y -X como Norte (N). La *Parkinsonia* sp está ubicada en la coordenada 0.0 del plano cartesiano.

En la Imagen 7 se presenta la orientación de los transectos. Las flechas grises indican el cuadrante con mayor número de *Mammillaria* sp, y las negras el punto cardinal hacia donde se orientan los dos cuadrantes con mayor número de *Mammillaria* sp.

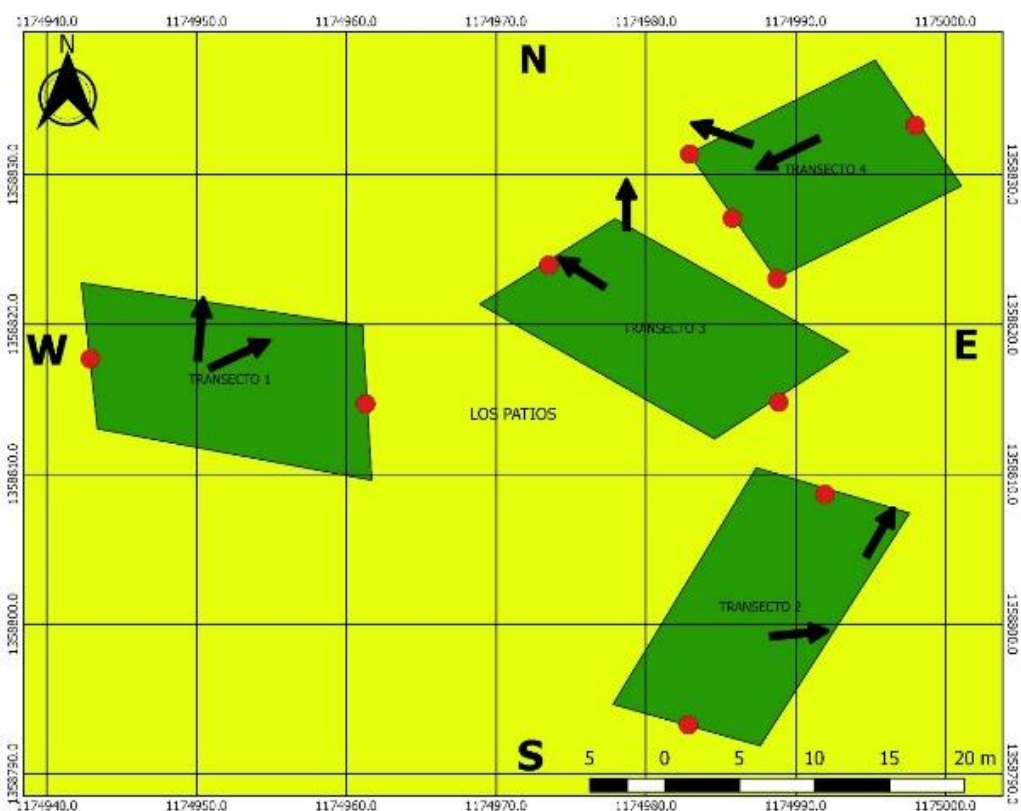


Imagen 7 Orientación vs Distribución espacial de *Mammillaria* sp
Fuente: Autora

Las gráficas 8, 9 y 10 muestran como puntos azules la distribución de *Mammillaria* sp respecto a la *Parkinsonia* sp teniendo en cuenta los puntos cardinales, para el transecto 1.

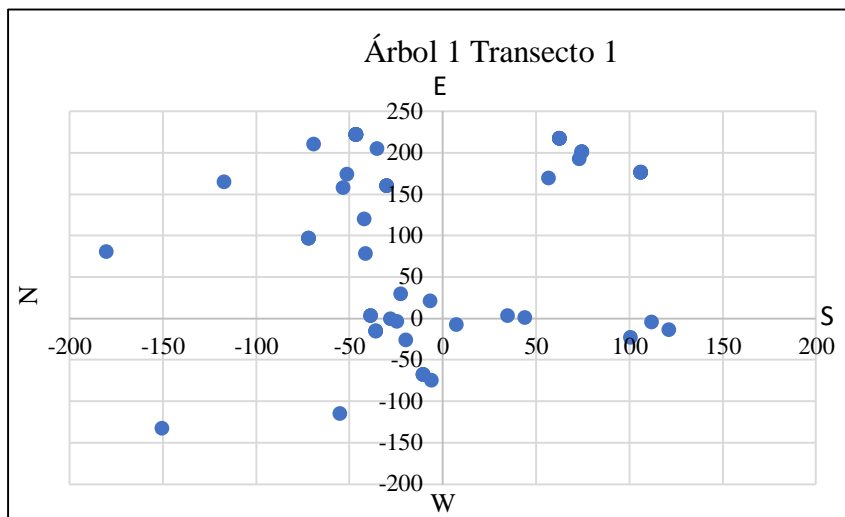


Gráfico 8 Árbol 1 número de Morfo especies al NE: 25 *Mammillaria* sp SE: 16 *Mammillaria* sp NW: 12 *Mammillaria* sp, SW: 4 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

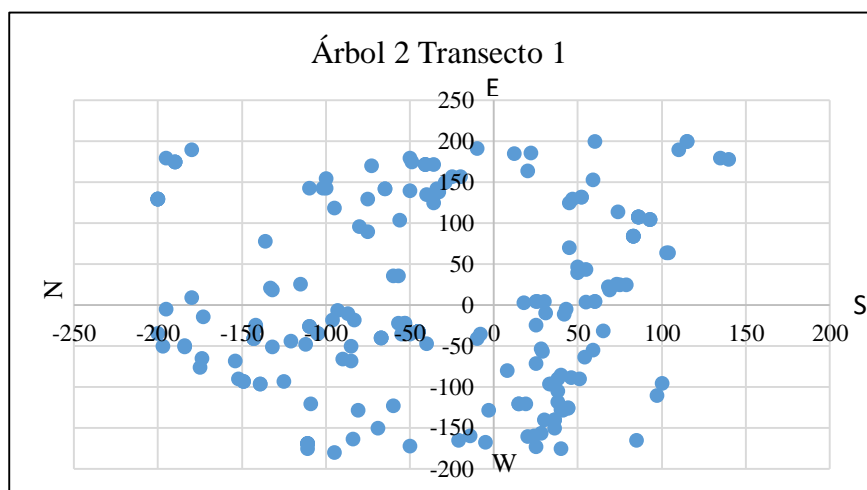


Gráfico 9 Árbol 2 número de Morfo especies al NE: 43 *Mammillaria* sp SE: 45 *Mammillaria* sp NW: 73 *Mammillaria* sp, SW: 38 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

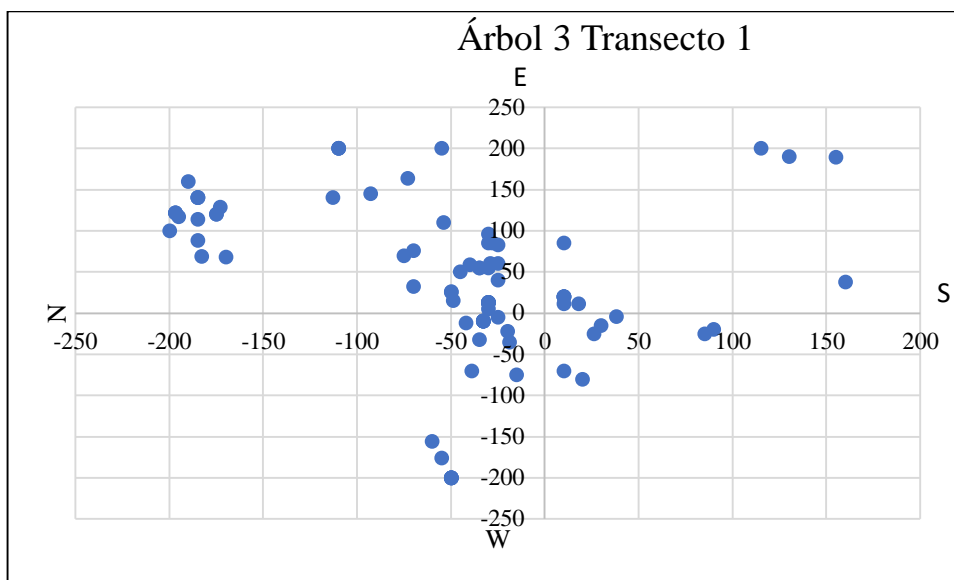


Gráfico 10 Número de Morfo especies al NE: 49 *Mammillaria* sp SE: 10 *Mammillaria* sp NW: 20 *Mammillaria* sp, SW: 7 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

Para el transecto 1 se observó la mayor cantidad de *Mammillaria* sp al NE con un 34.2 % del total de individuos, seguido de NW con 30.7 %, al SE, se registró un 20.8 % y al SW un 14.3 %, lo que demuestra que las *Mammillaria* sp presentan mayor acumulación en la zona Norte (superior al 60%), para el transecto 1

Las gráficas 11, 12 y 13 muestran como puntos azules la distribución de *Mammillaria* sp respecto a la *Parkinsonia* sp teniendo en cuenta los puntos cardinales, para el transecto 2.

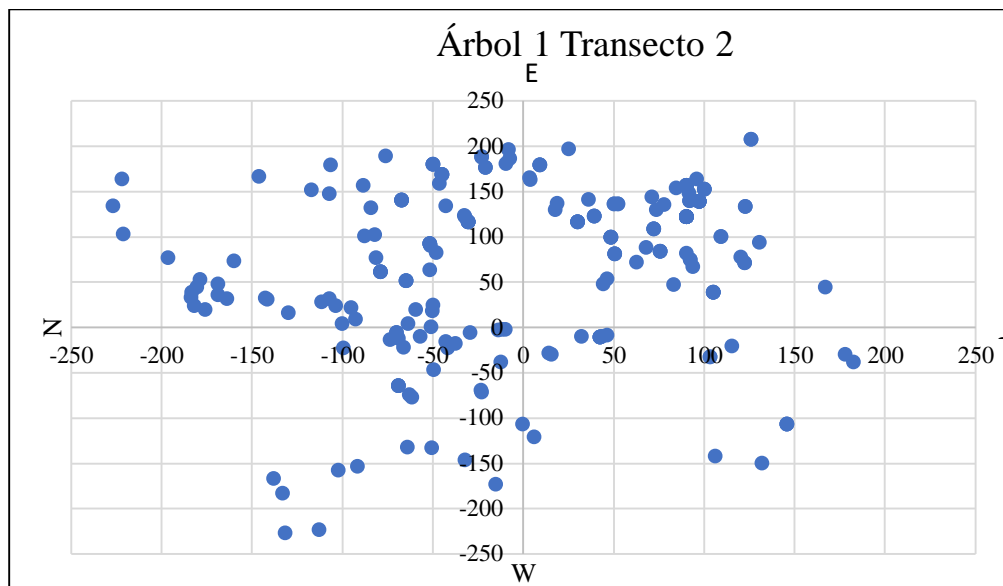


Gráfico 11 Número de Morfo especies al NE: 78 *Mammillaria* sp SE: 97 *Mammillaria* sp NW: 33 *Mammillaria* sp, SW: 20 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

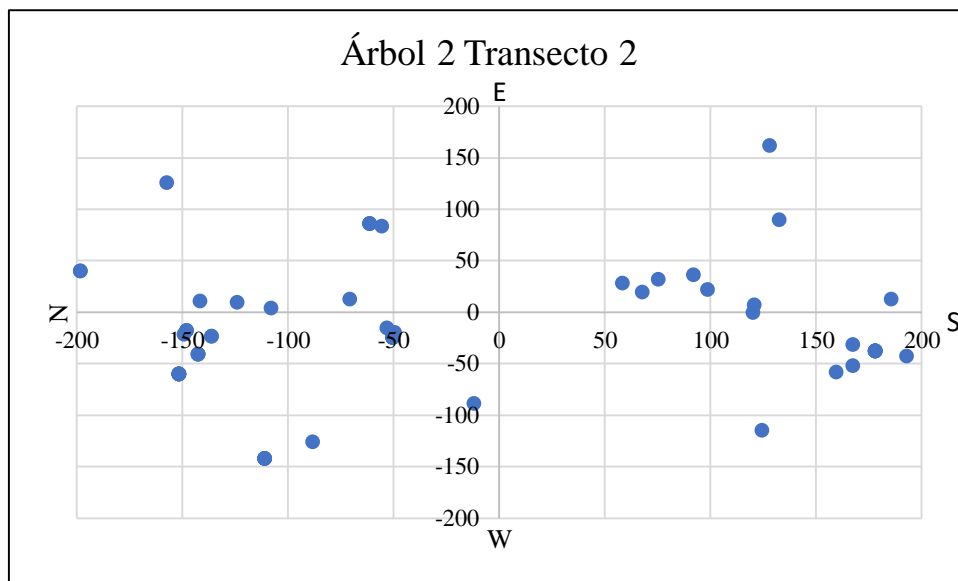


Gráfico 12 Número de Morfo especies al NE: 6 *Mammillaria* sp SE: 9 *Mammillaria* sp NW: 31 *Mammillaria* sp, SW: 12 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

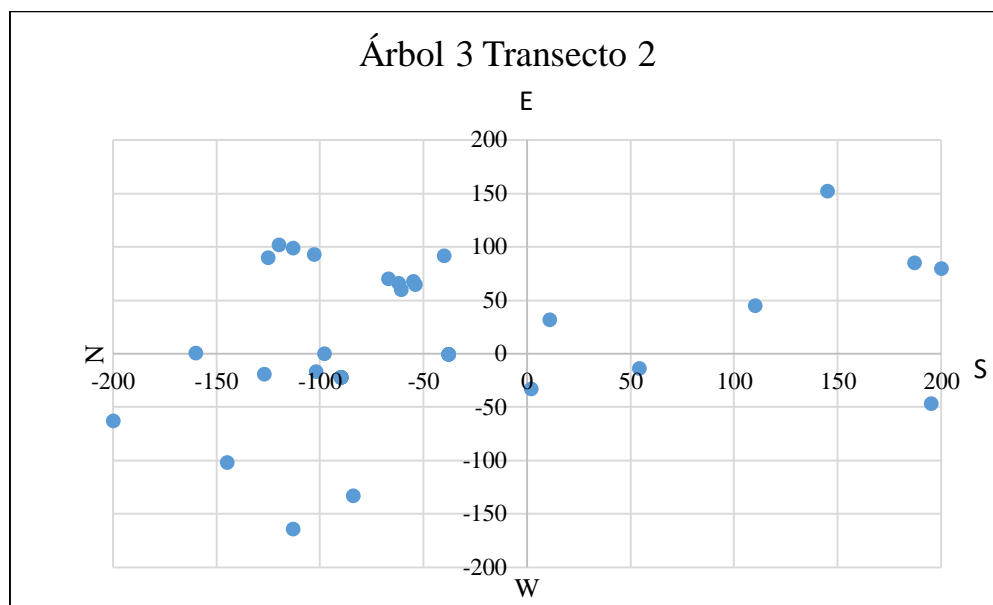


Gráfico 13 Á Número de morfo especies al NE: 11 *Mammillaria* sp SE: 5 *Mammillaria* sp NW: 18 *Mammillaria* sp, SW: 3 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

En el transecto 2 se observó la mayor cantidad de *Mammillaria* sp al SE con un 42.5% de individuos para el árbol 1; sin embargo, los árboles 2 y 3 mostraron el mayor número de *Mammillaria* sp hacia NW representando un 53.4 % y un 48.6 % respectivamente de la población total bajo cada árbol.

Las gráficas 14 y 15 muestran como puntos azules la distribución de *Mammillaria* sp respecto a la *Parkinsonia* sp teniendo en cuenta los puntos cardinales, para el transecto 3.

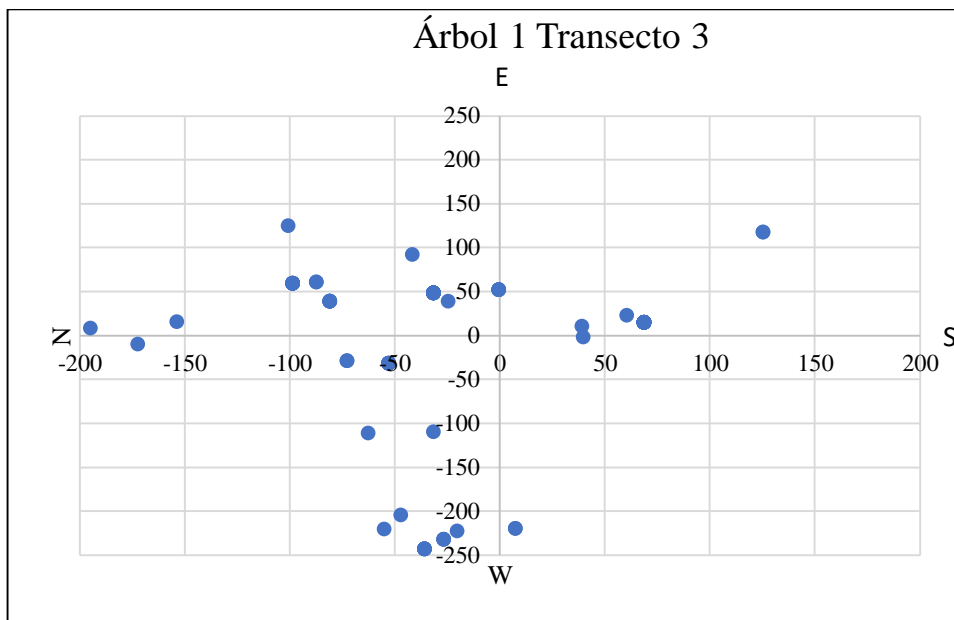


Gráfico 14 Número de morfo especies al NE: 37 *Mammillaria* sp SE: 20 *Mammillaria* sp NW: 25 *Mammillaria* sp, SW: 1 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

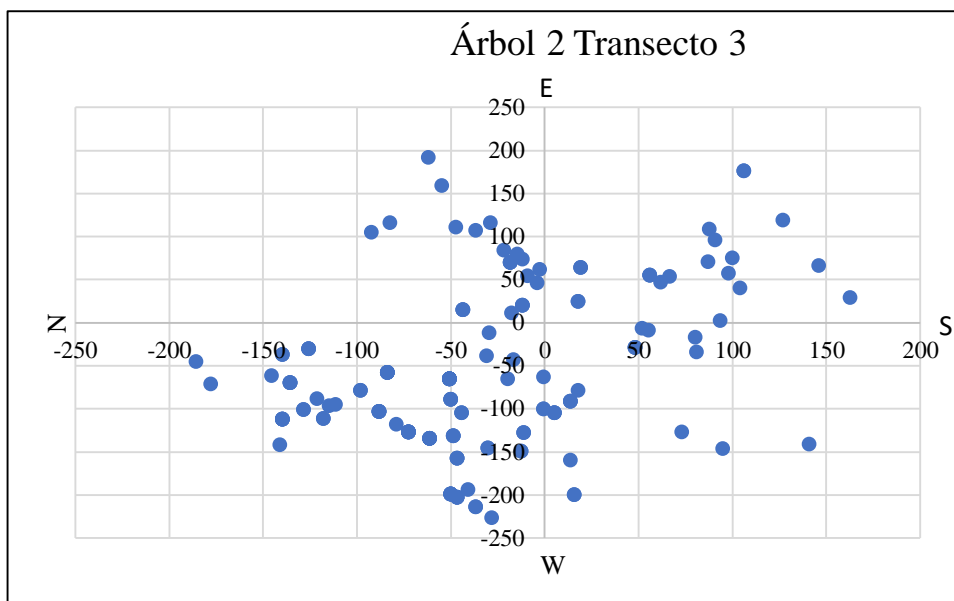


Gráfico 15 Número de morfo especies al NE: 24 *Mammillaria* sp SE: 21 *Mammillaria* sp NW: 109 *Mammillaria* sp, SW: 1 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

Se obtuvo mayor cantidad de *Mammillaria* sp al NW con un 56.3 % individuos para el transecto 3, el registro evidencia una diferencia de distribución entre los dos árboles, para el número 1 la zona con mayor presencia de la morfo especie es el NE con un 44.6 % del total de individuos y para el árbol 2 corresponde a un 70.3 % individuos al NW; sin embargo, conserva la constante que sean encontrados al N de la planta nodriza, por lo consiguiente esto representa que un 81.9 % de los individuos registrados en el transecto 3 se ubican al N de la planta nodriza. Cabe resaltar que el SW conto con un bajo porcentaje de individuos sin superar el 1% de la población total registrada en el transecto.

Las gráficas 16, 17 y 18 muestran la distribución de *Mammillaria* sp respecto a la *Parkinsonia* sp teniendo en cuenta los puntos cardinales, para el transecto 4. Los puntos azules representan a la *Mammillaria* sp; por su parte, la *Parkinsonia* sp se encuentra ubicada en la coordenada 0,0 del plano cartesiano, obteniendo la mayor cantidad de *Mammillaria* sp al SW con 98 individuos.

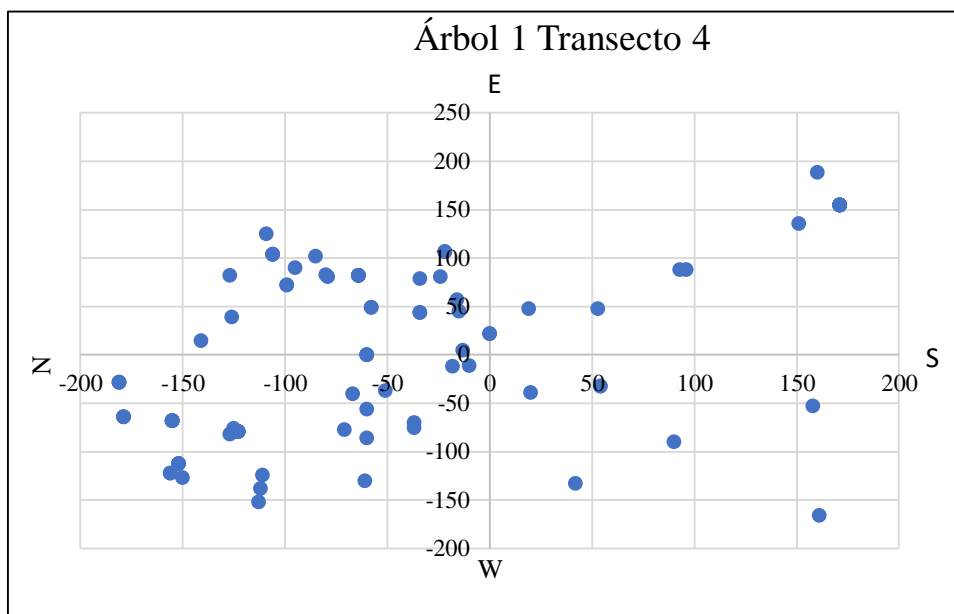


Gráfico 16 Número de morfo especies al NE: 13 *Mammillaria* sp SE: 7 *Mammillaria* sp NW: 32 *Mammillaria* sp, SW: 40 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

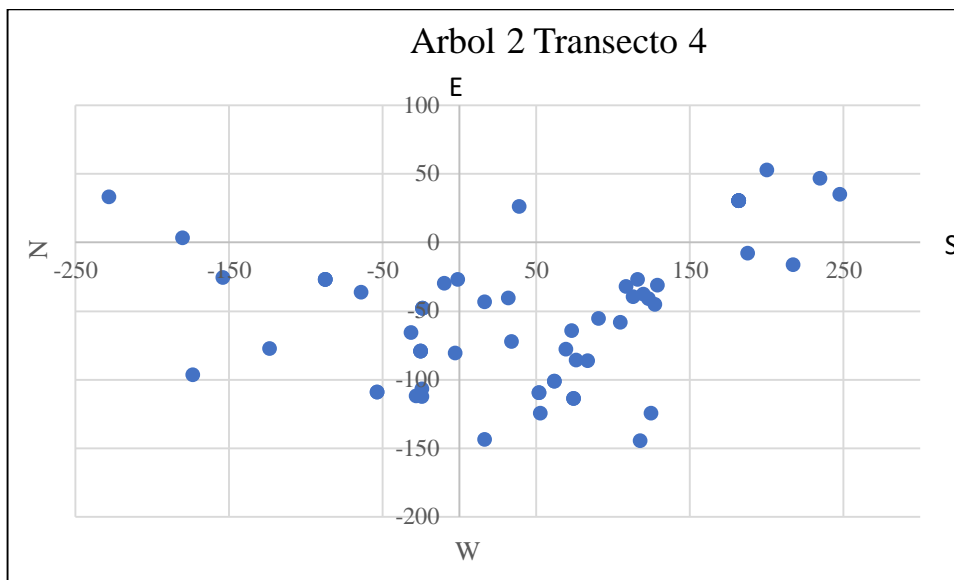


Gráfico 17 Número de morfo especies al NE: 2 *Mammillaria* sp SE: 10 *Mammillaria* sp NW: 21 *Mammillaria* sp, SW: 28 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

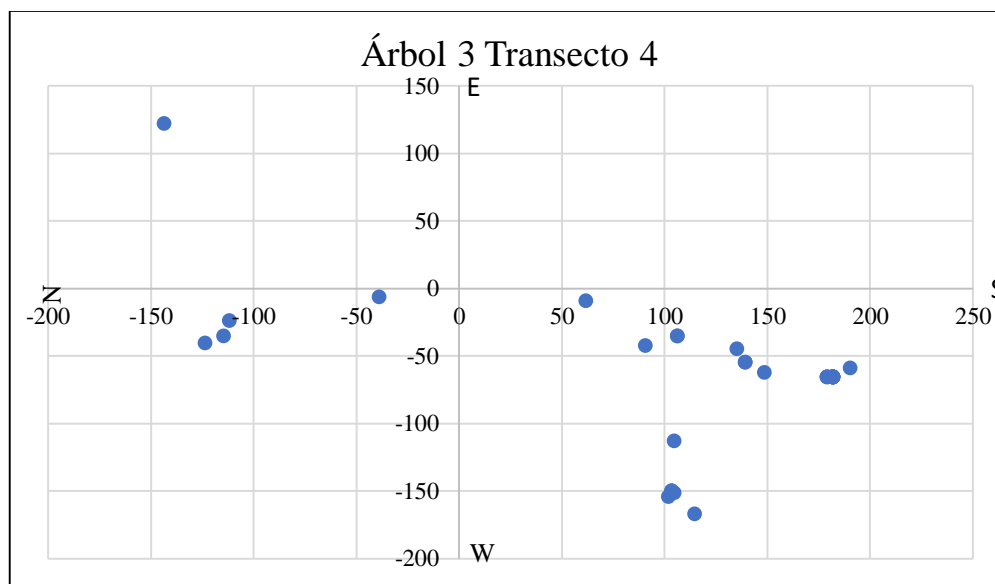


Gráfico 18 Número de morfo especies al NE: 1 *Mammillaria* sp SE: 0 *Mammillaria* sp NW: 4 *Mammillaria* sp, SW: 30 *Mammillaria* sp

Fuente: Autora

En el transecto 4 se observó la mayor cantidad de *Mammillaria* s al SW con un 52.12 %, seguido de NW con un 30.32%, es decir el W contó con la mayor cantidad de individuos presentes

en esta zona, patrón que difiere de los casos anteriores en los que la mayoría de individuos están ubicados al N de la planta nodriza.

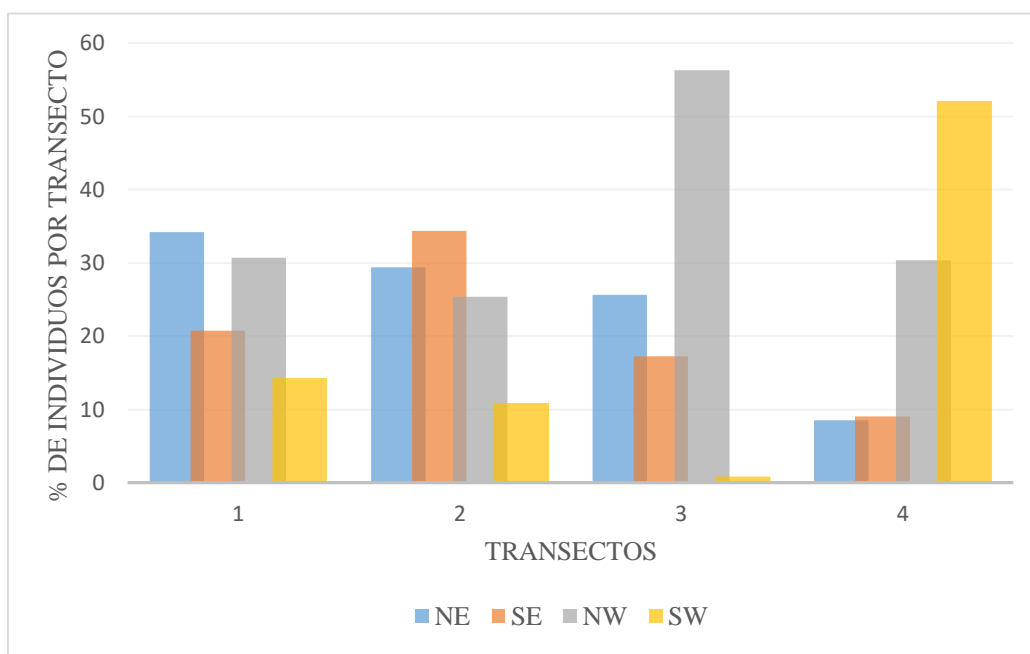


Gráfico 19 Porcentaje de distribución de *Mammillaria* sp respecto a la *Parkinsonia* sp teniendo en cuenta los puntos cardinales

Fuente: Autora

Según lo presentado en la Gráfica 19, la distribución espacial de la *Mammillaria* sp bajo la planta nodriza *Parkinsonia* sp indica que para el transecto 1 y 3 en su mayoría se ubican al N, con un 65% y 82%, respectivamente. Por otra parte, para el transecto 2 la cactácea se ubica hacia el E con un 64% y para el transecto 4 al W con un 82%. Cabe resaltar que los anteriores valores corresponden a la suma de los porcentajes mostrados en la Gráfica 19 y la Tabla 7, para la simplificación del análisis de la distribución espacial de la *Mammillaria* sp, de acuerdo a los puntos cardinales. Algunos autores han afirmado que la preferencia de ubicación de los individuos debajo de la nodriza hacia una zona en específico, puede deberse a que la distribución de los factores ambientales bajo la copa de la nodriza, no es la misma en todas las orientaciones (García y Mandujano, 2010).

Tabla 7 Resumen de la distribución de *Mammillaria sp* respecto a la *Parkinsonia sp* teniendo en cuenta los puntos cardinales (%)

	TRANSECTO 1	TRANSECTO 2	TRANSECTO 3	TRANSECTO 4
NE	34	29	26	9
SE	21	34	17	9
NW	31	25	56	30
SW	14	11	1	52

Fuente: Autora

Como lo afirma Godines et al (2003), citados por Martínez, Isaza y Betancur (2019) las cactáceas (plantas de hábito rupícola) muestran un patrón de distribución espacial agregado, que se relaciona con los extremos ambientales en los que habitan. El estudio de la distribución agregada de los individuos alrededor de los núcleos de vegetación, como resultado del establecimiento de los individuos bajo el dosel de otras especies, abarca un gran número de especies de diferentes formas de vida (Mandujano et al., 2002; García y Mandujano, 2010).

Diversos factores inciden en la distribución espacial de las especies de acuerdo a los puntos cardinales, entre los que se destacan las variables meteorológicas (requerimientos ambientales de temperatura, humedad), pendiente, cobertura vegetal (presencia de otras especies herbáceas), tipo de suelo (Martínez, Isaza y Betancur, 2019). Otro factor que puede afectar positivamente la distribución de una especie es la perturbación que ha sufrido el ecosistema a lo largo del tiempo, causada principalmente por la intervención antrópica, como el caso de los Bosques Secos Tropicales (Cogliatti-C, y Rocha, 2001; Martínez, Isaza y Betancur, 2019).

Este comportamiento se debe a la ubicación de los transectos con respecto del espesor del bosque circundante, en el cual la *Mammillaria sp* tiende a ubicarse en los cuadrantes menos

expuestos a la radiación solar directa. Como señalan Rodríguez-O y Ezcurra (2000), debido a la protección de los niveles de radiación proporcionada por la nodriza, se evidencia la preferencia de ciertas posiciones bajo el dosel de la planta facilitadora, donde las plántulas que se establezcan tengan mejores condiciones a lo largo del día. (García y Mandujano, 2010).

8.3.4 Registro de cantidad de *Mammillaria* sp según el radio respecto a la distancia de la *Parkinsonia* sp

La Grafica 20 muestra el número de *Mammillaria* sp presentes según el radio respecto a la distancia de la *Parkinsonia* sp para el transecto 1, el registro evidencia que la mayor presencia de *Mammillaria* se encuentra en un radio de 50 cm a 200 cm.

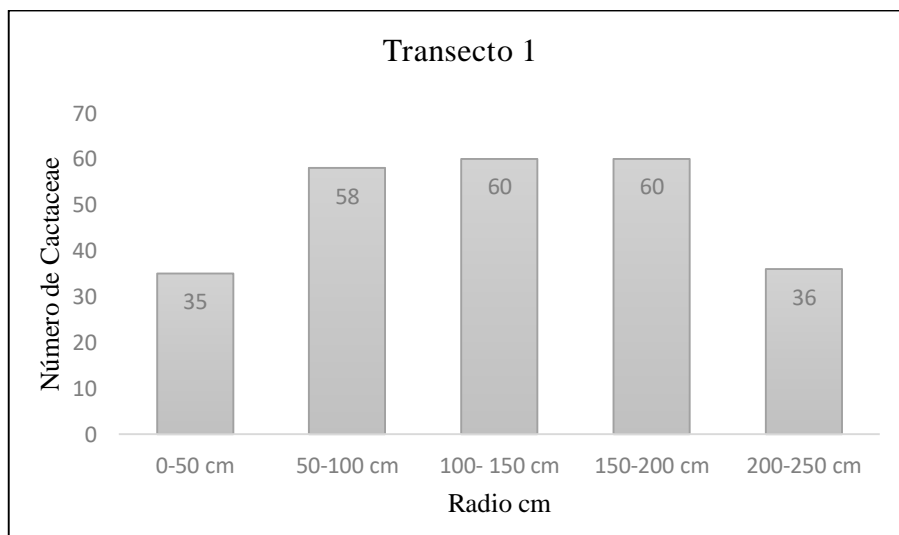


Gráfico 20 Mayor presencia de *Mammillaria* sp en radio de 50 cm hasta 200 cm.

Fuente: Autora

La gráfica 21 muestra el número de *Mammillaria* sp presentes según el radio respecto a la distancia de la *Parkinsonia* sp para el transecto 2, el registro evidencia que la mayor presencia de *Mammillaria* sp se encuentra en un radio de 100 a 200 cm.

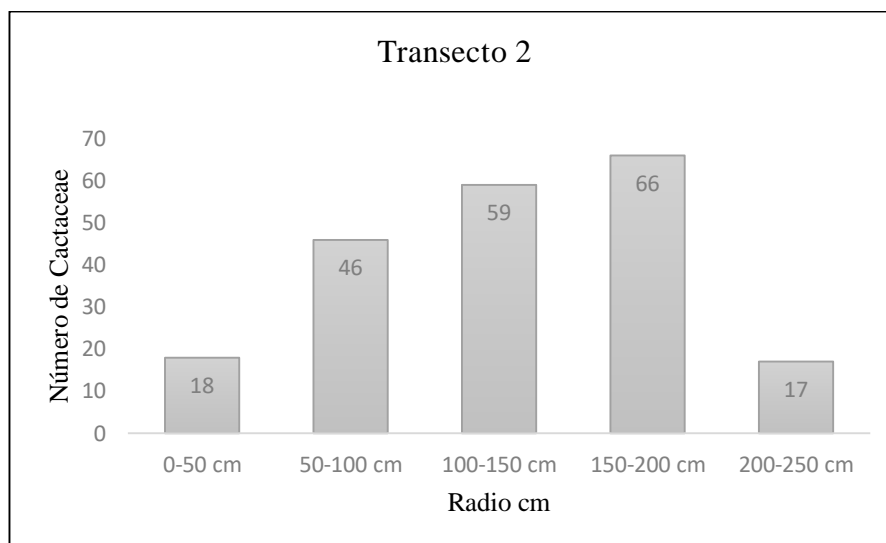


Gráfico 21 Mayor presencia de *Mammillaria* sp en radio de 100 cm hasta 200 cm.

Fuente: Autora

La gráfica 22 muestra el número de *Mammillaria* sp presentes según el radio respecto a la distancia de la *Parkinsonia* sp para el transecto 3, el registro evidencia que la mayor presencia de *Mammillaria* sp se encuentra en un radio de 50 cm a 150 cm.

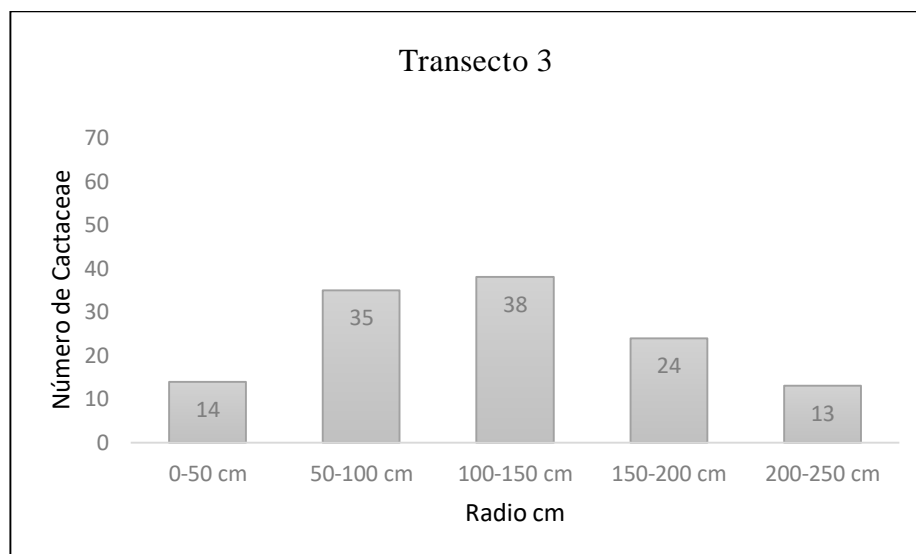


Gráfico 22 Mayor presencia de *Mammillaria* sp en radio de 50 cm hasta 150 cm.

Fuente: Autora

La gráfica 23 muestra el número de *Mammillaria* sp presentes según el radio respecto a la distancia de *la Parkinsonia* sp para el transecto 4, el registro evidencia que la mayor presencia de *Mammillaria* sp se encuentra en un radio de 100 cm a 150 cm.

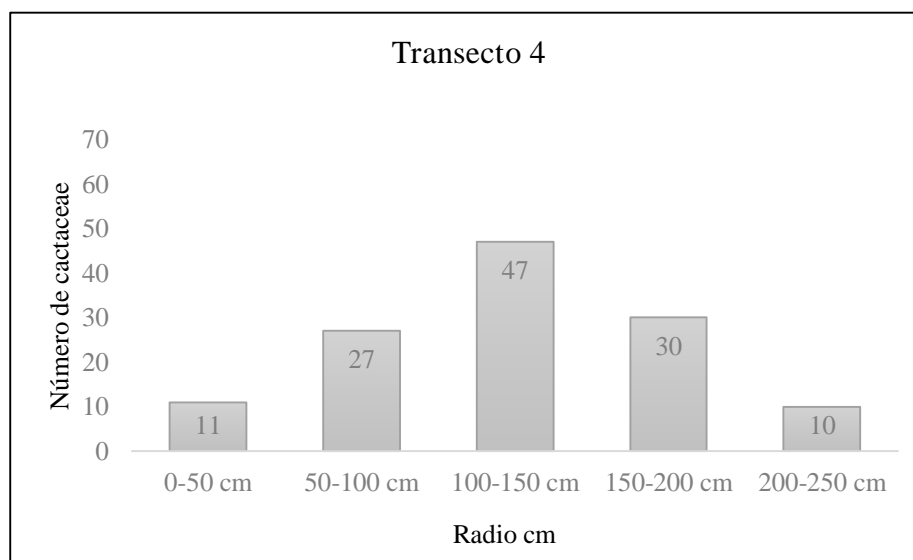


Gráfico 23 Mayor presencia de *Mammillaria* sp en radio de 100 cm hasta 150 cm.

Fuente: Autora

Al analizar los datos obtenidos se encuentra que en los radios entre 100 a 150 cm presentó el mayor número de la morfo especie estudiada, con un 29 %, los radios entre 150-200 cm y 50-100 cm contaron con un 25.7 % y 23.6 % respectivamente sobre los registros tomados, lo cual indica la facilitación de la *Mammillaria* sp en promedio a 100 cm de radio de distancia a la *Parkinsonia* sp, permitiendo una variación entre los 50 cm y 200 cm de radio. Los radios entre 0-50 cm y superiores a 250 presentan porcentajes menores a un 11 %, siendo ambientes extremos que evitan la propagación adecuada de la morfoespecie. En varios ecosistemas secos, la distribución espacial de la vegetación esta conformada por parches de vegetación alternados con espacios abiertos (De Villiers et al., 2001; García y Mandujano, 2010). La posición que tenga cada uno de los individuos en el espacio depende de la distribución espacial de los factores ambientales que determinan su desarrollo. Según se ha evidenciado, en las zonas áridas y semiáridas es común encontrar que la distribución espacial de los individuos de diferentes especies de plantas se da de manera no accidental (García y Mandujano, 2010).

8.4 Análisis de la diversidad alfa de las especies *Mammillaria* sp y *Parkinsonia* sp, mediante software estadístico PAST

En la Tabla 8 se muestran los Índices de la diversidad obtenidos mediante el software estadístico PAST, para los transectos seleccionados como estudio del Proyecto en BST.

Índices de Diversidad	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
Simpson_1-D	0,6999	0,631	0,495	0,6605
Shannon_H	1,26	1,047	0,6881	1,305
Menhinick	0,4558	0,5774	0,4472	0,5488
Margalef	0,6906	0,6068	0,3338	0,9052
Dominance_D	0,3001	0,369	0,505	0,3395

Fuente: Autora

La dominancia de Simpson presentó valores relativamente altos, de acuerdo a los valores establecidos por el índice de dominancia que va de 0-1 lo que indica que es menos diversa la comunidad, es decir, la probabilidad de que si se toman dos individuos al azar de la comunidad ambos sean de la misma especie, al igual que el índice de Menhinick evidencia que no existe abundancia de especies y existe una tendencia a la predominancia de pocas especies.

El índice de Margalef considera que aquellos valores inferiores a 2 están relacionados con zonas de baja diversidad, y los valores superiores a 5 como alta biodiversidad; en concordancia con los resultados obtenidos, que oscilan entre 0.3338 a 0.9052 en los transectos establecidos, indican que no existen muchas especies, por lo tanto la diversidad en la zona de estudio es baja.

Según algunas investigaciones (Pizano, Cabrera y García, 2014; Pizano et al., 2014), la región Norandina (departamentos de Santander y Norte de Santander), junto con la región de los llanos orientales son los sitios menos conocidos en cuanto a la riqueza y diversidad de plantas en el Bosque Seco Tropical; de acuerdo a esto, presentan los valores más bajos en cuanto a riqueza observada de especies. Sin embargo, es importante tener en cuenta los sesgos de muestreo en la mayoría de los sitios de distribución actual (Vásquez, 2016).

Las áreas con BST son remanentes altamente fragmentados y poco conectados. El 88% de estos remanentes son parches de menos de 500 Ha, en donde el 26% tiene menos de 50 Ha. La transformación histórica del BST es el resultado de fuertes presiones antrópicas. El 65% de las áreas que fueron bosque ahora se usan para ganadería. A su vez, el 43% de estas áreas presentan erosión moderada y el 23% presenta sobreutilización severa, con evidencia de erosión en tres cuartas partes de los remanentes (incluso ausencia de suelo). Adicionalmente, de los 81 tipos de ecosistemas evaluados en la Lista Roja de Ecosistemas, se reporta al BST como uno de los más amenazados en la regiones andina y Caribe del país. (Humboldt, 2019)

Frente a este panorama, es imperativo plasmar una estrategia integral de gestión del BST que detenga su degradación y eventual desaparición, y que promueva la restauración ecológica, tanto en áreas de conservación estricta como en paisajes productivos. Es necesario, además, aumentar la representatividad de BST en el SINAP, garantizar su inclusión en los instrumentos de ordenación tales como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Plan de Manejo y Ordenación de Cuenca (POMCA) e involucrar a la sociedad civil en su manejo a través de programas de protección en mosaicos de producción. Cualquier estrategia de conservación de BST debe priorizar su estudio ecológico a una escala detallada y relevante (Humboldt, 2019)

9. Conclusiones

Con la caracterización de los diferentes microambientes del Bosque Seco Tropical durante la época seca, se encontró que la *Parkinsonia* sp brinda un efecto sombrilla a las Cactaceae, favoreciendo la reducción de temperatura en 2 °C con respecto a la temperatura registrada en zonas con incidencia de radiación solar directa.

Se registró un total de 1373 individuos de la familia *Cactaceae* bajo el dosel de las *Parkinsonia* sp. De esta familia, se identificaron cuatro morfo especies, donde la *Mammillaria* sp representa la mayor cantidad de individuos registrados, con un total de 985; seguido del *Melocactus Curvispinus*, con un total de 178 individuos y *Opuntia Wentiana* con un total de 170. La morfo especie con menor presencia fue la *Acanthocereus Tetraganus*, con un total de 40 individuos. En la zona de estudio se evidenció que como mínimo siempre se encontró la presencia de tres de las cuatro morfo especies registradas.

La distribución espacial de las especies *Mammillaria* sp bajo el dosel de la *Parkinsonia* sp en parcelas ubicadas en el ecosistema de bosque seco permitió determinar que la existencia de la *Parkinsonia* sp no determina una distribución homogénea de la *Mammillaria* sp, si no que la orientación hacia el sol y la densidad de bosque juega un papel importante debido a que se encontró que esta cactácea prefiere no estar expuesta a radiación solar directa.

La *Parkinsonia* sp actúa como nodriza facilitadora; sin embargo, la *Mammillaria* sp requiere un ambiente adecuado para su desarrollo y propagación; por lo tanto, la morfo especie establece

un rango preferente para su ubicación respecto al dosel de la planta nodriza, rango que oscila entre los 50 cm a 200 cm de radio; del mismo modo, aquellos rango inferiores o superiores afectan negativamente su densidad poblacional en el terreno.

Al analizar los índices de diversidad, se determinó que en la zona de estudio la diversidad es baja, es decir, no existe abundancia de especies y existe una tendencia a la predominancia de pocas especies.

10. Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones el estudio de mecanismos de disminución de condiciones ambientales estresantes, las cuales podrían incluir modificaciones químicas y físicas del suelo bajo de la copa de una potencial planta nodriza.

Respecto a los remanentes de BST presentes en el municipio de Los Patios, es importante que las autoridades ambientales competentes implementen acciones de manejo adecuado del ecosistema, así como charlas con las comunidades aledañas para evitar el uso inadecuado del suelo en estas zonas, contaminación por residuos sólidos y pérdida de las especies nativas y que, a su vez, propendan por su conservación.

Así mismo, se hace relevante ampliar los estudios de investigación para analizar la interacción de las especies presentes en los remanentes de BST de todo el departamento, de manera que se tenga mayor conocimiento de su estado actual y de la importancia de las especies nativas y su desarrollo, que conduzcan a generar bases teóricas y técnicas para la implementación de estrategias de conservación y restauración para estos ecosistemas.

11. Bibliografía

- Bascompte, J., y Jordano, P. (2013). *Mutualistic networks* (Vol. 70). Princeton University Press, Estados Unidos.
- Briñez, L., Castro, P., Cifuentes, D., Diaz, L. P., Guepe, C. A., Matoma, C. A., Ospina, D., Vila, A. S., Walteros, O. W., y Zárata, A. S. (2011). *Habemus₂Oikos*. Universidad de Ibagué y Universidad Autónoma de Occidente.
- Callaway, R.M. (2007). *Positive Interactions and Interdependence in Plant Communities*. Springer, Países Bajos.
- Carrillo-Fajardo, M., Rivera-Díaz, O., y Sánchez-Montaño, R. (2007). Caracterización florística y estructural del Bosque Seco Tropical del Cerro Tasajero, San José de Cúcuta (Norte de Santander), Colombia. *Actual Biol* 29 (86), 55-73.
- Cogliatti-Carvalho, L., Rocha, C. (2001). Spatial distribution and preferential substrate of *Neoregelia johannis* (Carrière) L.B. Smith (Bromeliaceae) in a disturbed area of Atlantic Rainforest at Ilha Grande, RJ, Brazil. *Rev. bras. Bot.* 24 (4), 398–394.
- De Villiers, A. J., Van Rooyen, M. W., y Theron, G. K. (2001). The role of facilitation in seedling recruitment and survival patterns, in the Strandveld Succulent Karoo, South Africa. *J Arid Environ* 49, 809-821.
- García-Naranjo, A., y Mandujano, M. (2010). Patrón de distribución espacial y nodricismo del peyote (*Lophophora williamsii*) en Cuatrociénegas, México. *Cact Suc Mex* 55 (2), 36-55.
- Godines-Álvarez, H., Valverde, T., Ortega-Baes, P. (2003). Demographic Trends in the Cactaceae. *Bot. Rev.* 69 (2), 173–203.

- Gross, N., Borger, L., Soriano, S. I., Bagousse, Y. L., Quero, J. L., García, M., Valencia, E., y Maestre, F. T. (2013). Uncovering multiscale effects of aridity and biotic interactions on the functional structure of Mediterranean shrublands. *Journal of Ecology* 101, 637-649.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2014). El Bosque seco Tropical en Colombia. *IAVH*, 5.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2019). *Bosque seco Colombia: Biodiversidad y gestión*. Bogotá: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Jaramillo, V. J., Martínez, A., y Stanford, R. L. (2011). Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests. 109-128. Island Press, Washington, EC, EE.UU.
- Londoño L, V., y Torres G, A. M. (2015). Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). *Colombia Forestal*, 18 (1),71-85.
- Lopezara, M. Q.-A.-A.-C.-A.-S. (2009). Sucesión y manejo de bosques secos tropicales en las Américas: revisión y nuevas perspectivas. *Ecología y Gestion Forestal*, 1014-1024.
- Mandujano, M. C., Flores-Martínez, A., Golubo, J., y Ezcurra, E. (2002). Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas. *Southwest Nat* 47, 162-168.
- Martínez-Castro, J., Isaza, C., y Betancur, J. (2019). Distribucion espacial y estructura de la población de *Pitcairnia huilensis* (Bromeliaceae) en el valle alto del rio Magdalena (Huila, Colombia). *Caldasia* 41 (1), 165-178.
- McIntire, E.J., Fajardo, A. (2014). Facilitation as a ubiquitous driver of biodiversity. *New Phytologist* 201(2):403-416.
- Meave, E. L.-T.-G. (2009). Cambio sucesivo y resiliencia de un bosque de hoja caduca tropical muy seco después de la agricultura migratoria. *BIOTROPICA*, 422.

- Melo, O., Fernández-Méndez, F., y Villanueva, B. (2017). Hábitat lumínico, estructura, diversidad y dinámica de los bosques secos tropicales del Alto Magdalena. *Colombia Forestal* 20 (1), 19-30.
- Navarro Cano, J. A., Goberna, M., y Verdú, M. (2019). La facilitación entre plantas como herramienta de restauración de diversidad y funciones ecosistémicas. *ecosistemas* 28 (2): 20-31.
- Olascuaga-Vargas, D. M.-G.-M. (2016). Análisis de la vegetación sucesional en un fragmento de bosque seco tropical. *Colombia Forestal*, 3.
- Ortiz-Manrique, M. D., y Roa-Páez, C. A. (2019). Determinación de los mecanismos de reproducción de dos cactáceas de los géneros *Mammillaria* y *Melocactus* en el ecosistema de Bosque muy seco tropical.
- Pizano, C., Cabrera, M., y García, H. (2014). El Bosque Seco Tropical en Colombia. Generalidades y Contexto. In C. Pizano & H. García (Eds.), *Bosque seco tropical en Colombia* (1st ed., pp. 36–47). Bogotá, D.C. Colombia.
- Pizano, C., González-M, R., González, M. F., Castro-Lima, F., López, R., Rodríguez, N., y Toro, J. L. (2014). Las Plantas de los Bosques Secos de Colombia. In C. Pizano & H. García (Eds.), *El Bosque Seco Tropical en Colombia* (1st ed., pp. 48–93). Bogotá, D.C. Colombia.
- Rodríguez-Ortega, C. E., y Ezcurra, E. (2000). Distribución espacial en el hábitat de *Mammillaria pectinifera* y *M. carnea* en el valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, México. *Cact Suc Mex* 45, 4-14.
- Rodríguez, G., Banda, K., Reyes, S., y Estupiñán, A. C. (2012). Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar (Caribe colombiano). *Biota colombiana* 13 (2), 8-19.

- Sánchez, G. A., Quesada, J., Calvo, J. P., Rodríguez, J., Nassar, T., Garvin, R. A., Herrera-Peraza, S., Schnitzer, K., Stoner, D., Lawrence, J., Gamon, S., Bohlman, P., Van laake., y Kalacska. (2005). Research priorities for tropical secondary dry forests. *Biotropica* 37, 477-485.
- Salmerón-L, A., y Geada-L, G. (2018). Interacciones entre plantas en un bosque semidecídulo micrófilo de Cuba Oriental. *BOSQUE* 39 (2), 347-356.
- Soliveres, S., Eldridge, J. D., Maestre, F. T., Bowker, M. A., Tighed, M., y Escudero, A. (2011). Microhabitat amelioration and reduced competition among understorey plants as drivers of facilitation across environmental gradients: Towards a unifying framework. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 13, 247-258.
- Toro, J. L. (2004). El bosque seco tropical en Colombia. Corporacion Autonoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. Medellin, Antioquia.
- Ulloa-Delgado, G. A. (2016). *Aspectos ecológicos*. Bogota: Tropenbos internacional colombia & Fondo de Patrimonio Internacional.
- Valiente- Banuet, A., y Godínez- Álvarez, H. (2002). *Population and Community Ecology*. En: Nobel PS (ed.). *Cacti Biology and Uses*. University of California Press.
- Valiente-Banuet, A., y Verdú, M. (2007). Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. *Ecology Letters* 10:1029-1036.
- Valiente-Banuet, A., Verdú, M. (2008). Temporal shifts from facilitation to competition occur between closely related taxa. *Journal of Ecology* 96: 489-494.
- Vásquez-Peinado, A. J. (2016). *Modelación de distribución de especies arbóreas de Bosque Seco Tropical en Colombia para la priorización de áreas de conservación y restauración*.

Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Bosques y Conservación Ambiental.
Medellín, Colombia.

Zúñiga, B., Malda, G., y Suzán, H. (2005). Interacciones Planta-Nodriza en *Lophophora difusa* (Cactaceae) en un Desierto Subtropical de México. *BIOTROPICA*, 37 (3), 351-356.