

**UNIVERSIDAD DE LA SIERRA**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS**  
**BIOLÓGICAS**

Título del proyecto:

**Evaluación de la vegetación del Sendero  
Universidad de la Sierra para la  
identificación de área prioritaria para la  
conservación.**

**MEMORIA PROFESIONAL**

Que para obtener el título de:

**Licenciado en Biología**

Presenta:

**Natalia Yamileth Ballesteros Moroyoqui**

**Moctezuma, Sonora.**

**Febrero, 2026.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres y abuelos, quienes con su amor, ejemplo y enseñanzas han sido la base de mi formación académica y personal. Su paciencia, esfuerzo y confianza en mí me han motivado a superar cada reto y alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos y seres queridos, por su apoyo constante, compañía y palabras de motivación. Su presencia hizo que el camino fuera más lleno de aprendizajes compartidos.

A mis maestros, por su orientación y estímulo intelectual. Cada uno de ustedes ha dejado una huella importante en mi desarrollo académico, gracias a su apoyo, puedo hoy presentar este trabajo con orgullo y gratitud.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco profundamente a la Universidad de la Sierra por brindarme sus instalaciones y servicios, lo que me permitió desarrollar mi proyecto de estadía de manera óptima y alcanzar los objetivos planteados. Asimismo, agradezco a la División de Ciencias Biológicas por facilitarme el inicio de mi formación profesional y por el constante apoyo brindado a lo largo de mi trayectoria académica.

A mi asesora Gertrudis Yanes y asesor Uriel Angulo, así como a todos mis profesores, les expreso mi sincero reconocimiento por sus enseñanzas, guía y motivación, las cuales han sido fundamentales en mi crecimiento personal y profesional.

Mi agradecimiento también se extiende a Sky Island Alliance y a mi asesora Mónica Montaña, quienes me ofrecieron las redes de apoyo necesarias para llevar a cabo este proyecto actualizado de conservación, enriqueciendo la experiencia con su conocimiento y orientación.

Finalmente, agradezco a mis familiares por formar parte esencial de mi evolución y crecimiento, por su constante apoyo y acompañamiento, por estar presentes en cada etapa de mi desarrollo académico y personal.

## RESUMEN

El Sendero Universidad de la Sierra, ubicado en Moctezuma, Sonora, constituye un ecosistema semiárido con vegetación dispersa, altamente sensible a disturbios antrópicos. En el área se han observado alteraciones en la cobertura de la vegetación que superan la variabilidad natural, asociadas principalmente al tránsito humano, la accesibilidad del terreno y la acumulación de residuos sólidos, factores que interfieren con la regeneración natural y afectan la estructura y funcionalidad del ecosistema. Ante la carencia de información técnica actualizada y estandarizada, este estudio tuvo como objetivo generar datos cuantitativos que apoyen la identificación de áreas con potencial para la conservación. Se realizaron recorridos preliminares para reconocer la composición florística y delimitar dos zonas representativas con distinto grado de perturbación. Posteriormente, se aplicó el método de línea de intercepción de Canfield (1941), mediante el cual se estimaron la cobertura absoluta y relativa como indicadores de la estructura horizontal de la vegetación, complementados con las frecuencias de las especies como medida del patrón de distribución. Asimismo, los datos obtenidos para cada especie se enriquecieron con la medición de alturas, lo que permitió caracterizar la estructura vertical de la vegetación y realizar el análisis de la estratificación de la comunidad vegetal. Los resultados evidenciaron diferencias claras entre las zonas evaluadas, identificándose la zona 2 como el sector con mejores condiciones estructurales de la vegetación, lo que la posiciona como área prioritaria para la conservación. La información generada constituye una base técnica sólida para la toma de decisiones orientadas a la protección y sostenibilidad del ecosistema del Sendero UniSierra.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Importancia de los estudios de vegetación en ecosistemas semiáridos.....	2
2.3 Formas de vida y estructura de la comunidad vegetal.....	4
2.4 Factores que influyen en la estructura de la vegetación.....	6
2.5 Procesos de erosión y protección del suelo.....	8
2.6 Dinámica sucesional.....	9
2.7 Unidades de medida para la evaluación de la vegetación.....	9
2.8 Indicadores de la vegetación.....	10
2.8.1 Importancia de especies dominantes y no tan frecuentes.....	11
2.9 Vegetación como indicador ecológico.....	11
2.10 Comparación de comunidades vegetales entre sitios o condiciones.....	12
2.11 Planteamiento del problema.....	12
2.12 Justificación del proyecto.....	13
III. OBJETIVOS.....	14
3.1 Objetivo general.....	14
3.2 Objetivos específicos.....	14
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1 Descripción del área de estudio.....	15
4.2 Fechas de realización de la evaluación y coordenadas geográficas.....	16
4.3 Establecimiento de transectos.....	17
4.3.1 Registro de datos de la vegetación.....	19
4.4 Procesamiento de datos y obtención de parámetros estructurales.....	21
4.4.1 Cobertura absoluta (metros).....	21
4.4.2 Cobertura relativa.....	22
4.4.3 Frecuencia de las especies.....	22
4.4.4 Estratificación vertical de la vegetación.....	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
5.1 Comparación preliminar del registro florístico georreferenciado.....	24
5.2 Resultados del análisis comparativo de la vegetación: Cobertura relativa en la zona 1 y 2.....	25

5.3 Resultados del análisis comparativo de la vegetación: Frecuencia relativa por especie en la zona 1 y 2.....	28
5.4 Resultados del análisis comparativo de la estratificación vertical de la vegetación por zona.....	30
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXOS.....	viii

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.</b> Datos de la toma del recorrido preliminar y registro florístico georreferenciado.....	16
<b>Tabla II.</b> Datos de la toma de puntos registro transectos lineales de intercepción evaluación de la vegetación zona 1.....	18
<b>Tabla III.</b> Datos de la toma de puntos registro transectos lineales de intercepción evaluación de la vegetación zona 2.....	18
<b>Tabla IV.</b> Planilla para la toma de datos en campo estructura horizontal y vertical.....	20
<b>Tabla V.</b> Resultados del recorrido preliminar: Registro florístico.....	24
<b>Tabla VI.</b> Cobertura relativa (%) de las especies de la comunidad vegetal por zona.....	27
<b>Tabla VII.</b> Frecuencia relativa de las especies presentes en la comunidad vegetal por zona.....	29
<b>Tabla VIII.</b> Especies representativas de la estratificación vertical en la comunidad vegetal por zona.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura y composición de la vegetación en el Sendero UniSierra.....	3
<b>Figura 2.</b> Perturbaciones antrópicas (desechos sólidos) presentes en el Sendero UniSierra.....	4
<b>Figura 3.</b> Forma de vida arbustiva.....	5
<b>Figura 4.</b> Forma de vida herbácea ubicada en el Sendero UniSierra.....	6
<b>Figura 5.</b> Competencia entre especies Sendero UniSierra.....	7
<b>Figura 6.</b> Área con cobertura vegetal removida, mostrando el impacto del tránsito peatonal sobre la vegetación en el Sendero UniSierra.....	7
<b>Figura 7.</b> Vegetación con predominio activo, evidenciada por desarrollo foliar y hojas verdes presente en el Sendero UniSierra.....	8
<b>Figura 8.</b> Ejemplo de pérdida de cobertura vegetal y afectación al suelo presentes en el Sendero UniSierra.....	8
<b>Figura 9.</b> Mapa del polígono de estudio.....	15
<b>Figura 10.</b> Zona 1: Sector con alta accesibilidad peatonal.....	17
<b>Figura 11.</b> Zona 2: Sector con baja accesibilidad peatonal.....	17
<b>Figura 12.</b> Segmento de un transecto lineal que muestra la manera en que se mide la cobertura vegetal (Canfield, 1942).....	19
<b>Figura 13.</b> Representación medición de altura en el Sendero UniSierra.....	20
<b>Figura 14.</b> Observación de especie ( <i>Antigonon leptopus</i> ) con lámina foliar pigmentación rojiza, Sendero UniSierra.....	21

## I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas áridos y semiáridos abarcan extensas regiones del norte y noroeste de México y se caracterizan por condiciones ambientales extremas, como la limitada disponibilidad hídrica, condiciones climáticas con precipitaciones escasas o estacionales, suelos generalmente someros y una vegetación especializada en tolerar la sequía (Molina-Freaner et al., 2010). Aproximadamente el 95 % del estado de Sonora se encuentra comprendido dentro de alguna variante de clima seco (Brito-Castillo et al., 2010).

Por su parte, la intervención antrópica asociada a procesos como la deforestación parcial, y el incremento de la presión humana provoca modificaciones en la cobertura vegetal que acentúan la fragmentación del hábitat, favorecen los procesos erosivos y generan compactación del suelo, comprometiendo la estabilidad ecológica y la capacidad de regeneración natural de estas comunidades (Castellanos-Villegas et al., 2010). Estas condiciones incrementan la vulnerabilidad de la vegetación frente a procesos de degradación y uso no sustentable, por lo que, a nivel nacional, la Estrategia Mexicana para la Conservación Vegetal reconoce como una prioridad la conservación de la diversidad vegetal, con el objetivo de contribuir a la conservación de la biodiversidad y promover su uso sustentable (CONABIO et al., 2008).

En el estado de Sonora, estos ambientes están ampliamente representados por el matorral xerófilo, el cual se caracteriza por la presencia de especies con adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten desarrollarse bajo restricciones ambientales propias de estos ecosistemas. Este tipo de vegetación presenta una estructura particular, determinada por la forma de crecimiento y la disposición espacial de las especies, aspectos que influyen en el funcionamiento general del ecosistema (FAO, 2005).

Dentro de esta región, el Sendero Universidad de la Sierra, ubicado en Moctezuma, Sonora, constituye un sitio modificado de los ecosistemas semiáridos, el cual presenta alteraciones antropogénicas y carece de registros actualizados sobre el estado de la vegetación. Con la finalidad de generar información cuantitativa y estandarizada para la evaluación de la estructura de la vegetación, se aplicó el método de línea de intercepción propuesto por Canfield (1941). Dicho método permitió cuantificar la cobertura absoluta (metros), la cobertura relativa (%) y la frecuencia de las especies, así como la estratificación vertical, lo que posibilitó evaluar la estructura horizontal y vertical de la vegetación en sectores con distintos niveles de alteración antrópica y disponibilidad de acceso.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes**

El desarrollo de métodos cuantitativos para el estudio de la vegetación surge a principios del siglo XX como respuesta a la necesidad de contar con herramientas objetivas que permitan describir la estructura y composición de las comunidades de la vegetación de manera estandarizada. En este contexto, Canfield (1941) propuso el método de línea de intercepción como una alternativa eficiente para la estimación de la cobertura de la vegetación, particularmente en ecosistemas caracterizados por una distribución discontinua de la vegetación, como las regiones áridas y semiáridas. Posteriormente, su aplicación ha sido incorporada en diversos estudios de ecología de la vegetación para el análisis de la estructura de la comunidad vegetal, la dominancia de especies y la comparación de comunidades en el espacio y el tiempo (Mostacedo, 2000).

Históricamente, los primeros estudios de ecología vegetal se basaban principalmente en inventarios florísticos y métodos de parcelas, los cuales resultaban limitados en ambientes donde la vegetación presenta patrones espaciales irregulares y baja densidad. El método de Canfield (1941) introdujo un enfoque probabilístico y líneal, al asumir que la probabilidad de intercepción de una especie a lo largo de un transecto es proporcional a su cobertura real en el área de estudio. Este principio permitió obtener estimaciones confiables de la cobertura sin necesidad de censar completamente la comunidad vegetal (Canfield, 1941).

En la actualidad, este método sigue siendo una herramienta ampliamente utilizada en estudios ecológicos, especialmente en regiones áridas y semiáridas, donde la cobertura vegetal es un indicador clave de la salud del ecosistema, la estabilidad del suelo y la funcionalidad ecológica del paisaje (Herrick et al., 2021).

### **2.2 Importancia de los estudios de vegetación en ecosistemas semiáridos**

El estudio de la vegetación en ecosistemas semiáridos es fundamental para comprender la estructura y composición de las comunidades vegetales (Figura 1) y su relación con los factores ambientales y antrópicos que las afectan (Figura 2). Las actividades humanas, como el cambio de uso del suelo, la agricultura y el pastoreo, modifican la composición y la organización espacial de la vegetación, provocando alteraciones que pueden repercutir en la estabilidad y funcionalidad del ecosistema (Castellanos-Villegas et al., 2010).

En este contexto, el matorral xerófilo se caracteriza por formas de vida y patrones de distribución que reflejan adaptaciones a condiciones de sequía y a la variabilidad ambiental. La identificación de estas formas de vida permite describir la estructura de las comunidades vegetales y facilita la comparación entre distintos sitios de estudio (Rzedowski, 2006).

La aplicación de métodos estandarizados de monitoreo es crucial para documentar de manera precisa la cobertura, frecuencia y estratificación de la vegetación. Esto permite evaluar la condición de los ecosistemas, comparar comunidades entre sitios y a lo largo del tiempo, y detectar cambios asociados a perturbaciones naturales o antrópicas (Herrick et al., 2021).

La vegetación debe analizarse considerando su variación espacial y los patrones de organización interna de las comunidades, lo cual permite identificar parches, claros y gradientes ambientales. Esta perspectiva ayuda a comprender cómo la estructura de la vegetación refleja las condiciones del sitio, la heterogeneidad del suelo y la interacción con factores bióticos y antrópicos, ofreciendo un marco más integral para la conservación y manejo de los ecosistemas semiáridos (Van der Maarel, 2005).

En conjunto, integrar los estudios ecológicos, la descripción de formas de vida, los métodos de monitoreo, la estandarización de unidades de medida y la consideración de patrones espaciales permite una evaluación completa de la vegetación, contribuyendo a la conservación, manejo y recuperación de los ecosistemas áridos y semiáridos (Van der Maarel, 2005).



**Figura 1.** Estructura y composición de la vegetación en el Sendero UniSierra.



**Figura 2.** Perturbaciones antrópicas (desechos sólidos) presentes en el Sendero UniSierra.

### **2.3 Formas de vida y estructura de la comunidad vegetal**

La clasificación de la vegetación a partir de las formas de vida constituye un enfoque ampliamente utilizado en estudios ecológicos cuando el objetivo es describir la estructura general de las comunidades vegetales. De acuerdo con el Sistema de Clasificación de la Cobertura del Suelo (LCCS), las formas de vida representan categorías funcionales definidas con base en características fisionómicas y estructurales observables en campo, tales como el tipo de tejido, el hábito de crecimiento y la arquitectura general de las plantas, independientemente de su identidad taxonómica (FAO, 2005).

Desde este enfoque, las formas de vida permiten agrupar a las plantas según su comportamiento estructural, facilitando la descripción y comparación de la vegetación entre distintos sitios. El LCCS reconoce como criterios principales el hábito de crecimiento y el tipo de tejido, a partir de los cuales se distinguen categorías amplias como herbáceas, arbustos y árboles. Estas categorías reflejan adaptaciones funcionales de la vegetación a las condiciones ambientales, particularmente relevantes en ecosistemas áridos y semiáridos (FAO, 2005).

Los árboles se definen como plantas leñosas perennes, generalmente con un tallo principal bien definido y una copa diferenciada, cuya altura suele ser superior a 5 metros. No obstante, se reconoce que individuos con alturas comprendidas

entre 3 y 5 metros pueden clasificarse como árboles cuando presentan un claro aspecto fisionómico arbóreo. Los arbustos corresponden a plantas leñosas perennes de menor porte, generalmente inferiores a 5 metros de altura, con varios tallos desde la base y sin un tronco principal definido (Figura 3). Por su parte, las plantas herbáceas (Figura 4) se caracterizan por carecer de tejidos leñosos persistentes y presentar tallos no permanentes sobre el nivel del suelo (FAO, 2005).

La estructura de la vegetación se refiere a la organización física de las plantas en el espacio y se describe mediante atributos estructurales medibles, entre los cuales la altura constituye uno de los más relevantes. La altura permite caracterizar el porte de los individuos y describir la disposición vertical de la vegetación, contribuyendo a la identificación de distintos niveles estructurales dentro de una comunidad vegetal. Sin embargo, la altura no define por sí sola la forma de vida, sino que actúa como un atributo complementario para describir la estructura general de la vegetación (FAO, 2005).

En conjunto, la clasificación de las formas de vida y la descripción de la estructura vegetal a partir de criterios fisionómicos y estructurales proporcionan una base conceptual sólida para la evaluación de la vegetación en estudios ecológicos. Este enfoque resulta particularmente útil en ambientes donde la diversidad florística es elevada, pero la estructura de la vegetación refleja de manera directa las condiciones ambientales y el estado funcional del ecosistema (FAO, 2005).



**Figura 3.** Forma de vida arbustiva.



**Figura 4.** Forma de vida herbácea ubicada en el Sendero UniSierra.

## **2.4 Factores que influyen en la estructura de la vegetación**

La estructura de la vegetación está determinada por la interacción de diversos factores ambientales y antrópicos que condicionan la distribución, el porte y la organización espacial de las plantas. De acuerdo con Rzedowski (2006), el clima es uno de los factores más importantes, ya que la precipitación, la temperatura y la estacionalidad influyen directamente en el crecimiento, la forma de vida y la dominancia de las especies vegetales. En regiones con baja disponibilidad de agua o con temperaturas extremas, la vegetación tiende a presentar una estructura más simple y un predominio de formas de vida adaptadas al estrés ambiental.

Asimismo, los factores edáficos, como la profundidad del suelo, su textura y fertilidad, influyen en el desarrollo de la vegetación y en la presencia de estratos arbóreos, arbustivos o herbáceos. Suelos someros o pobres en nutrientes limitan el establecimiento de especies leñosas de gran porte, favoreciendo comunidades de menor altura y complejidad estructural.

Por otro lado, los factores biológicos, como la competencia entre especies (Figura 5) y las adaptaciones morfológicas y fisiológicas, también participan en la configuración de la estructura vegetal, al influir en la dominancia y coexistencia de distintas formas de vida dentro de una comunidad.

Finalmente, la actividad humana ha modificado de manera significativa la estructura de la vegetación mediante el cambio de uso de suelo, la tala y la remoción de la cobertura vegetal (Figura 6), lo que generalmente conduce a una

simplificación de la estructura vertical y a la reducción de la diversidad vegetal (Rzedowski, J. 2006).



**Figura 5.** Competencia entre especies Sendero UniSierra.



**Figura 6.** Área con cobertura vegetal removida, mostrando el impacto del tránsito peatonal sobre la vegetación en el Sendero UniSierra.

## 2.5 Procesos de erosión y protección del suelo

La vegetación es un componente fundamental para la estabilidad de los ecosistemas, ya que su presencia (Figura 7) mantiene la integridad del suelo y reduce los efectos negativos de su pérdida (Figura 8). La eliminación o disminución de la cobertura vegetal incrementa la vulnerabilidad del suelo frente a procesos de degradación, afectando la capacidad de regeneración de las comunidades vegetales. Por ello, la conservación de la vegetación representa un elemento clave para la protección del suelo y la preservación de las funciones ecológicas de los ecosistemas, especialmente en ambientes áridos y semiáridos (Rzedowski, 2006).



**Figura 7.** Vegetación con predominio activo, evidenciada por desarrollo foliar y hojas verdes presente en el Sendero UniSierra.



**Figura 8.** Ejemplo de pérdida de cobertura vegetal y afectación al suelo presentes en el Sendero UniSierra.

## **2.6 Dinámica sucesional**

La sucesión ecológica es el proceso mediante el cual la vegetación de un sitio cambia a lo largo del tiempo a través de una serie de comunidades vegetales que se reemplazan unas a otras. Este proceso inicia con comunidades pioneras, compuestas por especies capaces de establecerse en condiciones ambientales inicialmente desfavorables y de modificar gradualmente el microambiente y las propiedades del suelo, facilitando la llegada de especies sucesionales más diversas. Con el tiempo, la sucesión puede llevar al establecimiento de una comunidad clímax, caracterizada por una mayor estabilidad y diversidad de especies, hasta que perturbaciones naturales o antrópicas reinicien la secuencia sucesional (LibreTexts Español, s.f.).

## **2.7 Unidades de medida para la evaluación de la vegetación**

La cuantificación de la vegetación requiere el uso de unidades de medida estandarizadas, que permitan describir con precisión la estructura y composición de las comunidades vegetales, así como comparar resultados entre sitios y a lo largo del tiempo. La elección de la unidad depende del tipo de vegetación, del objetivo del estudio y de la escala de muestreo (Bonham, 2013).

El uso adecuado de unidades de medida influye directamente en la precisión de la evaluación y en la representatividad de los datos obtenidos. Por ejemplo, en comunidades con abundantes especies dominantes, la medición sistemática de cobertura permite calcular indicadores de abundancia relativa y estructura de la vegetación, mientras que las especies raras deben registrarse, aunque su influencia en los cálculos sea secundaria (Bonham, 2013).

En ecosistemas semiáridos, la correcta selección de unidades de medida es particularmente importante debido a la variabilidad espacial de la vegetación, la presencia de claros y parches abiertos y la heterogeneidad del suelo. En conjunto, la estandarización de las unidades de medida constituye un componente clave para la evaluación de la vegetación, asegurando que los resultados obtenidos sean comparables, reproducibles y útiles para la interpretación ecológica de los ecosistemas estudiados (Bonham, 2013).

## 2.8 Indicadores de la vegetación

**Cobertura absoluta:** Es la longitud total ocupada por cada especie a lo largo de la línea de muestreo, expresada en metros o centímetros. Este parámetro refleja la ocupación espacial de las especies dentro del sitio y constituye la medida básica obtenida mediante el método de línea de intercepción (Canfield, 1941). A partir de la cobertura absoluta se pueden realizar fórmulas derivadas con fines comparativos (Mostacedo et al., 2000).

**Cobertura relativa:** Es un atributo estructural de la vegetación que permite cuantificar la proporción de cada especie o forma de vida dentro de una comunidad, y se utiliza como un indicador de dominancia y abundancia. Este concepto resulta especialmente útil en especies que crecen vegetativamente, como pastos y arbustos, donde la estimación de densidad individual es difícil. La cobertura relativa permite comparar la dominancia de especies o formas de vida dentro de la comunidad, facilitando la interpretación de la estructura y composición de la vegetación en estudios ecológicos, especialmente en ecosistemas donde la densidad individual es difícil de medir (Mostacedo et al., 2000).

**Frecuencia de las especies:** Se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo, una especie) en una unidad de muestra y se mide en porcentaje. En otras palabras, este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades de muestra. En el método de línea de intercepción, el cálculo se realiza mediante el registro de la presencia o ausencia de cada especie en cada línea de muestreo. La frecuencia absoluta, en este caso, sería el número total de registros de una especie en cada unidad muestra. En el método de transectos la frecuencia relativa sería la relación de los registros absolutos de la presencia de una especie en los sub-transectos, en relación al número total de registros para todas las especies (Mostacedo et al., 2000).

**Estratificación vertical:** Es un atributo estructural de la vegetación que describe la distribución de las especies en distintos niveles de altura dentro de una comunidad vegetal. Este parámetro permite caracterizar la organización vertical de la vegetación y analizar la presencia de estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo, lo cual contribuye a la descripción de la estructura y complejidad de la comunidad (Mostacedo et al., 2000).

### **2.8.1 Importancia de especies dominantes y no tan frecuentes**

En los estudios de vegetación, no todas las especies presentes en una comunidad tienen la misma relevancia en los análisis de estructura y composición. Las especies dominantes, que ocupan mayor cobertura o frecuencia dentro de la evaluación, deben estar presentes de manera uniforme en la unidad de muestreo para garantizar que los indicadores reflejan de manera fiel la composición de la comunidad.

Por su parte, las especies menos frecuentes o raras pueden aparecer dispersas y, aunque su presencia debe registrarse, su influencia en los cálculos de cobertura y frecuencia se considera secundaria (Mueller-Dombois et al., 1974).

Este enfoque permite priorizar la representatividad de las especies más abundantes, las cuales suelen determinar la estructura funcional y la estabilidad del ecosistema, mientras se conserva información sobre la diversidad total de la comunidad. La consideración de la dominancia y distribución de especies es fundamental para interpretar correctamente los resultados obtenidos mediante métodos cuantitativos, ya que asegura que las estimaciones de cobertura, frecuencia y composición reflejan la verdadera organización de la vegetación (Mostacedo et al., 2000; Canfield, 1941).

## **2.9 Vegetación como indicador ecológico**

Los indicadores ecológicos son comunidades que, por sus características estructurales como riqueza específica, abundancia, densidad y dominancia, responden a cambios en el ambiente, reaccionan ante estímulos específicos y reflejan el impacto de perturbaciones antrópicas y naturales. Estos indicadores permiten suministrar información sobre el medio ambiente y representar de manera simplificada la complejidad del sistema, sirviendo además como guía para la toma de decisiones en manejo y conservación.

La vegetación, por su parte, funciona como un elemento estructural del ecosistema, ya que su estructura y composición florística evidencian alteraciones ambientales. Los cambios en la presencia ausencia de especies y en el equilibrio de la comunidad reflejan los efectos de disturbios, mientras que su capacidad de integrar información múltiple del entorno a lo largo del tiempo la convierte en un indicador eficaz para evaluar la condición y el estado de los ecosistemas (Martínez et al., 2020).

## **2.10 Comparación de comunidades vegetales entre sitios o condiciones**

La comparación de comunidades vegetales constituye una herramienta fundamental para entender la variabilidad y organización de la vegetación en distintos ambientes. Este enfoque permite analizar diferencias en composición, estructura y dominancia de especies entre sitios con características ambientales diversas, sin necesidad de realizar mediciones propias a todas las especies de la comunidad de la vegetación. A través de la comparación conceptual, es posible identificar patrones de asociación de especies, detectar subcomunidades características de cada sitio y evaluar la influencia de factores ambientales y perturbaciones sobre la organización de la vegetación. Además, este análisis proporciona un marco para interpretar cómo la diversidad y la estructura de las comunidades reflejan la funcionalidad ecológica de los ecosistemas y su capacidad de resiliencia frente a cambios naturales o perturbaciones antrópicas (Matteucci et al., 1982).

## **2.11 Planteamiento del problema**

El Sendero de la Universidad de la Sierra presenta alteraciones en la cobertura de la vegetación que superan la variabilidad natural propia de los ecosistemas semiáridos. Estas modificaciones se asocian principalmente a disturbios de origen antrópico, entre los que destaca la acumulación de residuos sólidos y el tránsito peatonal constante, los cuales interfieren con los procesos de regeneración natural de la vegetación y afectan la estructura y funcionalidad del ecosistema. Como consecuencia, se ven comprometidos procesos ecológicos esenciales, tales como la protección del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad.

A pesar de la relevancia ambiental del área, no se cuenta con registros sistemáticos y actualizados que documenten la cobertura, frecuencia y estratificación de la vegetación, ni la presencia general de disturbios antrópicos. Esta falta de información técnica dificulta la evaluación objetiva del estado actual del ecosistema y limita la identificación de sectores con distintos niveles de alteración.

El problema central que aborda el presente proyecto de estadía es la carencia de información técnica actualizada y estandarizada sobre la estructura y composición de la vegetación del Sendero de la Universidad de la Sierra, lo que restringe la evaluación integral del estado del ecosistema y la implementación de estrategias adecuadas de manejo y protección ambiental orientadas a la

conservación de la vegetación y al mantenimiento de los procesos ecológicos del sitio.

## **2.12 Justificación del proyecto**

En el contexto de los ecosistemas semiáridos, resulta limitada la disponibilidad de información técnica accesible que permita comprender el estado y la dinámica de la vegetación en áreas sometidas a presión antrópica. La falta de datos claros y sistematizados dificulta la comprensión de los procesos ecológicos que regulan la cobertura vegetal, la protección del suelo y el mantenimiento de la biodiversidad, aspectos fundamentales para la conservación y el manejo adecuado de estos ecosistemas.

El Sendero UniSierra constituye un espacio de importancia ambiental y académica, al haber funcionado como área de educación ambiental y contacto directo con la vegetación nativa. Sin embargo, para orientar acciones de manejo y conservación en este tipo de espacios, es indispensable contar con información técnica que permita identificar las condiciones actuales de la vegetación y reconocer zonas con distinto grado de alteración o potencial de conservación.

El presente proyecto se justifica por la necesidad de generar y sistematizar información técnica estandarizada sobre la cobertura, frecuencia y estratificación de la vegetación, con el fin de fortalecer el conocimiento sobre la estructura y composición vegetal del área de estudio, de este modo, la información obtenida permitirá sustentar la identificación de áreas con potencial de conservación y apoyar la toma de decisiones orientadas al manejo y conservación de la vegetación del Sendero Universidad de la Sierra. La ausencia de este tipo de información limita la comprensión del estado actual de la vegetación y dificulta el análisis de los procesos ecológicos que regulan su dinámica en ecosistemas semiáridos. Contar con información técnica resulta fundamental para la evaluación y seguimiento de la vegetación en espacios sujetos a presión antrópica.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la estructura y distribución de la vegetación del Sendero Universidad de la Sierra, con el fin de generar información cuantitativa y estandarizada que contribuya a la identificación de áreas prioritarias para la conservación del ecosistema.

#### **3.2 Objetivos específicos**

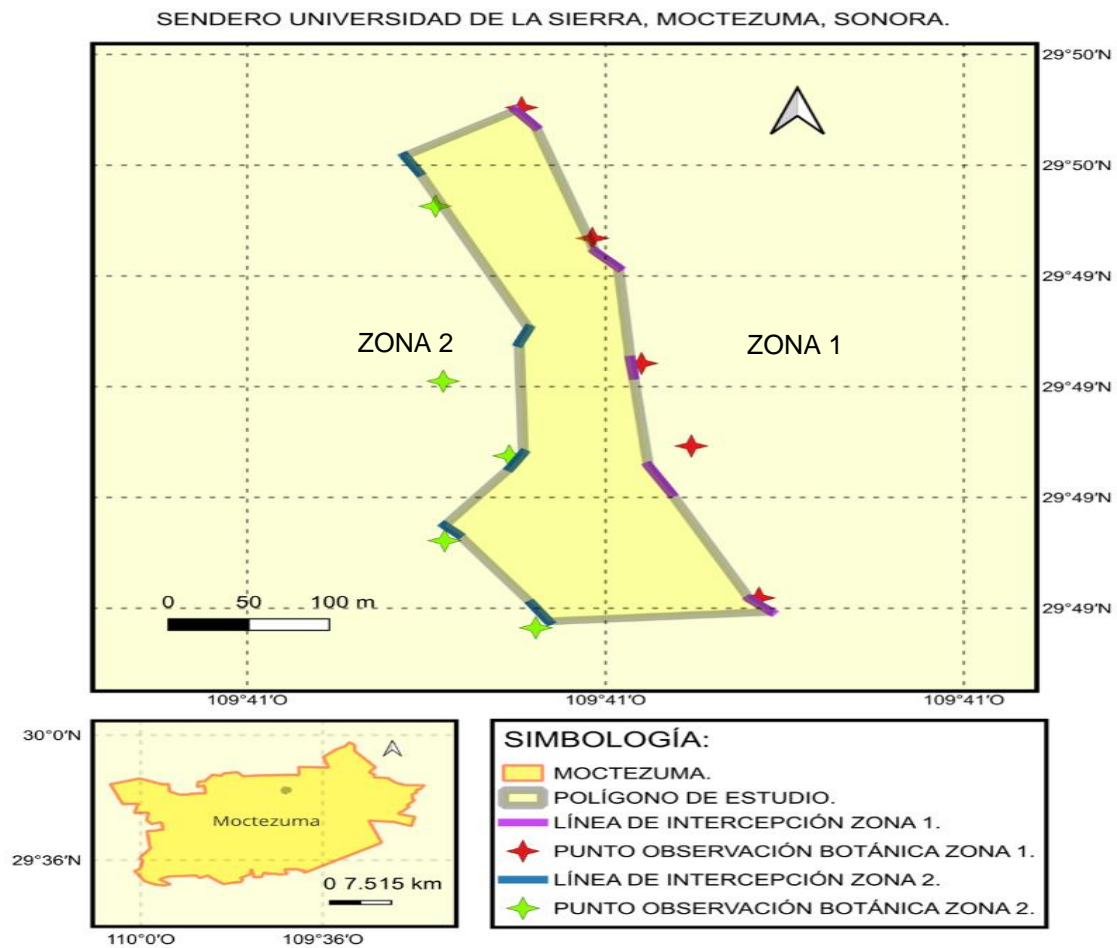
- Cuantificar la cobertura relativa de la vegetación, como indicador de la estructura horizontal de la comunidad vegetal.
- Determinar la frecuencia relativa de las especies registradas, con el propósito de identificar especies representativas dentro del área de estudio.
- Comparar la estratificación de la comunidad vegetal entre ambas zonas, a fin de identificar diferencias estructurales asociadas a distintos niveles de alteración.
- Generar información actualizada, que sirva como referente técnico para la selección de áreas con potencial de conservación y para la toma de decisiones futuras en materia de manejo y conservación del ecosistema.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

El Sendero Universidad de la Sierra (Figura 9) se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 29.823846°N y -109.680172°O en el municipio de Moctezuma, Sonora, el área de estudio cuenta con 8,16 hectáreas totales y el polígono de evaluación con 3,97 hectáreas; se encuentra a una estimación de elevación de altura máxima de 655,6 msnm (Google Earth). Cuenta con un clima semiárido cálido y en la vegetación del lugar predomina el matorral xerófilo.

La cartografía del área de estudio se elaboró mediante el software QGIS versión 3.44, utilizando el sistema de coordenadas geográficas WGS 84 (EPSG:4326). En los mapas generados se incluyó la orientación norte para garantizar una correcta interpretación espacial de la información.



INEGI, (2024).

Figura 9. Mapa del polígono de estudio.

## 4.2 Fechas de realización de la evaluación y coordenadas geográficas

El trabajo de campo se realizó durante los meses de octubre y diciembre del 2025. Previo al establecimiento de los transectos, se realizaron recorridos preliminares de reconocimiento con el propósito de identificar la composición florística del Sendero UniSierra, asimismo para la delimitación del polígono de estudio, esta etapa también permitió conocer el grado general de perturbación antrópica por zona.

Se registraron en total cinco puntos georreferenciados (Tabla I) por zona, a lo largo del Sendero, para ello se utilizó un dispositivo de posicionamiento global Garmin inReach® Mini 2, gestionado mediante la aplicación Garmin Explore (versión 4.10.2), lo que permitió asegurar la precisión espacial.

Con base en este reconocimiento, se definieron dos zonas de estudio con diferencias en accesibilidad y nivel de perturbación, las cuales fueron consideradas representativas de la vegetación presente:

**Zona 1:** Sector con alta accesibilidad peatonal, que presenta una elevada incidencia de disturbios de origen antrópico (Figura 10).

**Zona 2:** Sector con baja accesibilidad peatonal, con disturbios antrópicos de ocurrencia moderada (Figura 11).

**Tabla I.** Datos de la toma del recorrido preliminar y registro florístico georreferenciado.

Fecha	Punto	Coordenada	
		Zona 1	Zona 2
10 de octubre de 2025	1	N 29.825568° O 109.680468°	N 29.824767° O 109.680949°
	2	N 29.824506° O 109.680074°	N 29.823345° O 109.680906°
	3	N 29.823489° O 109.679798°	N 29.822738° O 109.680537°
	4	N 29.822818° O 109.679520°	N 29.822049° O 109.680898°
	5	N 29.821583° O 109.679143°	N 29.821341° O 109.680389°



**Figura 10.** Zona 1: Sector con alta accesibilidad peatonal.



**Figura 11.** Zona 2: Sector con baja accesibilidad peatonal.

#### **4.3 Establecimiento de transectos**

La selección de los transectos fue mediante un muestreo dirigido se consideraron criterios de accesibilidad y viabilidad para la aplicación del método de línea de intercepción (Canfield, 1941), se excluyeron áreas sin cobertura vegetal, suelos compactados, zonas de tránsito peatonal frecuente y sitios con disturbios antrópicos evidentes, debido a que estas condiciones alteran la medición de la cobertura y la frecuencia de las especies. La selección de la ubicación de los transectos se realizó tomando como referencia los puntos del registro florístico preliminar (Tabla I).

En cada zona de estudio se establecieron cinco transectos lineales de 15 metros de longitud, fueron delimitados en campo mediante el uso de una cinta métrica, asegurando la precisión en la medición de la distancia. Asimismo, se registraron las coordenadas geográficas de inicio y fin de cada transecto lineal de cada zona (Tabla II y III), con el propósito de garantizar la precisión espacial y la replicación para futuros muestreos.

**Tabla II.** Datos de la toma de puntos registro transectos lineales de intercepción evaluación de la vegetación zona 1.

Fecha	Zona	Muestra	Coordenadas	
			Inicio	Fin
10 de diciembre de 2025	1	1	N 29.825546° O 109.680500°	N 29.825414° O 109.680391°
		2	N 29.824400° O 109.680060°	N 29.824268° O 109.679928°
		3	N 29.823521° O 109.679862°	N 29.823388° O 109.679844°
		4	N 29.822658° O 109.679760°	N 29.822433° O 109.679632°
		5	N 29.821574° O 109.679195°	N 29.821471° O 109.679074°

**Tabla III.** Datos de la toma de puntos registro transectos lineales de intercepción evaluación de la vegetación zona 2.

Fecha	Zona	Muestra	Coordenadas	
			Inicio	Fin
10 de diciembre de 2025	2	1	N 29.825175° O 109.681121°	N 29.825041° O 109.681040°
		2	N 29.823774° O 109.680428°	N 29.823653° O 109.680482°
		3	N 29.822761° O 109.680458°	N 29.822641° O 109.680531°
		4	N 29.822173° O 109.680898°	N 29.822101° O 109.680821°
		5	N 29.821536° O 109.680411°	N 29.821393° O 109.680316°

### 4.3.1 Registro de datos de la vegetación

Se realizó mediante el método de línea de intercepción (Canfield, 1941), el cual se basó en el registro de la intercepción de la vegetación a lo largo de la línea de evaluación en campo, para la estimación de la cobertura vegetal (Figura 12). En este estudio, los transectos tuvieron la misma longitud (15 metros), y en cada transecto se registraron los datos de las especies presentes, la aplicación del método se realizó con apoyo de una planilla de datos de campo (Tabla IV) complementaria, basada en el formato propuesto por Mostacedo y Fredericksen (2000), lo que permitió integrar información estructural vertical adicional sin modificar el procedimiento de medición de la cobertura horizontal.

Se registraron de manera sistemática las variables asociadas a cada intercepción. Las variables 1 a 4 corresponden al método de línea de intercepción de Canfield (1941) y se emplearon para describir la estructura horizontal de la vegetación. De forma complementaria, las variables 5 a 6 se consideraron estructurales y se utilizaron para caracterizar atributos de la estructura vertical de la vegetación (FAO, 2005), y la variable 7 es complementaria para la interpretación visual ya que refleja las condiciones del ecosistema semiárido (Mostacedo et al., 2000).



**Figura 12.** Segmento de un transecto lineal que muestra la manera en que se mide la cobertura vegetal (Canfield, 1942).

**Tabla IV.** Planilla para la toma de datos en campo estructura horizontal y vertical.

1	2	3	4	5	6	7
Línea	Posición	Familia	Especie	Forma de vida	Altura	Observación

(Mostacedo & Fredericksen 2000).

**(1) Línea:** Se registró el número del transecto.

**(2) Posición:** Se registró el punto exacto donde ocurrió la intercepción de cada especie con la línea del transecto, y se anotaron todas las longitudes, independientemente de la frecuencia.

**(3) Familia y (4) Especie:** Se registró la familia botánica y la especie de cada individuo interceptado.

**(5) Forma de vida:** Las especies fueron clasificadas de acuerdo con su forma de vida, considerando criterios estructurales y funcionales, y no taxonómicos.

**(6) Altura:** Se registró la altura (metros) de la planta en el punto donde el individuo interceptó la línea de evaluación (Figura 13).

**(7) Observaciones:** Se registró cualquier información adicional visible y significativa (Figura 14).



**Figura 13.** Representación medición de altura en el Sendero UniSierra.



**Figura 14.** Observación de especie (*Antigonon leptopus*) con lámina foliar pigmentación rojiza, Sendero UniSierra.

#### **4.4 Procesamiento de datos y obtención de parámetros estructurales**

La información obtenida durante el trabajo en campo se organizó con el fin de calcular los parámetros estructurales de la vegetación. Los datos se integraron en matrices de datos organizados por especie y zona de estudio, lo que permitió realizar un análisis cuantitativo y comparativo de la cobertura de la vegetación.

##### **4.4.1 Cobertura absoluta (metros)**

Se obtuvo siguiendo el método de intercepción de línea desarrollado por Canfield (1941), que consiste en medir directamente la longitud de cada especie interceptada a lo largo de transectos lineales y en la suma de estas coberturas absolutas, separadas por especie. Este procedimiento permitió cuantificar la superficie real ocupada por cada especie en los transectos establecidos, proporcionando una medida objetiva de la presencia de la vegetación, y se consideró la base de los cálculos posteriores.

El registro puntual de especies sin longitud medible no se incluyó en el cálculo de la cobertura absoluta, ya que no representa una intercepción cuantificable. Sin embargo, estos registros fueron considerados en otros parámetros estructurales, como frecuencia y estratos, según se describe en metodologías posteriores.

#### 4.4.2 Cobertura relativa (%)

Se calculó como la proporción de su cobertura absoluta sobre la cobertura total de todas las especies, utilizando la fórmula (Mostacedo et al., 2000):

$$CR = (Le / It) * 100$$

Donde:

- **CR** = Cobertura relativa por especie
- **Le** = Sumatoria de intercepción de cada especie
- **It** = Sumatoria de intercepción de todas las especies

Este procedimiento permitió determinar la contribución proporcional de cada especie dentro de la comunidad, facilitando la descripción de la estructura horizontal y composición de la vegetación evaluada.

#### 4.4.3 Frecuencia de las especies

Se registró la presencia o ausencia de cada especie en cada transecto establecido en el área de estudio. La frecuencia absoluta correspondió al número de transectos en los que se observó cada especie.

La frecuencia relativa (FR) se calculó como la relación de los registros absolutos de cada especie respecto al total de registros de todas las especies, multiplicado por 100, según la fórmula (Mostacedo et al., 2000):

$$FR = (Ai / A) * 100$$

Donde:

- **Ai** = número de apariciones de la especie i
- **A** = número total de apariciones de todas las especies

Se utilizó este procedimiento para describir la composición de la vegetación y evaluar la representación de cada especie dentro del área de estudio.

#### **4.4.4 Estratificación vertical de la vegetación**

Se realizó con base en las formas de vida registradas en el área de estudio, considerando tres estratos principales: herbáceo, arbustivo y arbóreo. Esta clasificación permitió describir la organización vertical de la vegetación y su complejidad estructural dentro de cada zona de estudio.

La altura de los individuos se utilizó como el principal atributo estructural para caracterizar la estratificación vertical, siguiendo el enfoque del Sistema de Clasificación de la Cobertura del Suelo (LCCS; FAO, 2005). A partir de los valores de altura registrados, se establecieron rangos mínimos y máximos por especie, los cuales permitieron identificar la amplitud vertical y la posición relativa de las especies dentro de su respectivo estrato.

Cabe señalar que, debido a las condiciones propias del ecosistema semiárido, las especies clasificadas dentro del estrato arbóreo presentan generalmente un porte bajo en comparación con bosques templados o tropicales; sin embargo, se consideran arbóreas por su forma de crecimiento, carácter leñoso y arquitectura estructural, de acuerdo con criterios funcionales y fisonómicos (LCCS; FAO, 2005).

Con base en estos rangos de altura, se evaluó la distribución vertical de la vegetación y el grado de superposición entre estratos, como un indicador de la organización estructural del conjunto vegetal. El análisis se realizó de manera independiente para cada zona, con el objetivo de comparar la estructura vertical de la vegetación bajo distintos niveles de disturbio antrópico.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Comparación preliminar del registro florístico georreferenciado

Los resultados obtenidos durante el recorrido preliminar (Tabla V) indican la presencia de especies pertenecientes a las familias Fabaceae, Poaceae, Cactaceae, Asteraceae y Rubiaceae. La distribución de estas familias mostró diferencias entre zonas: Fabaceae y Poaceae estuvieron presentes en ambas, mientras que Cactaceae y Rubiaceae se registraron únicamente en la zona 1, y Asteraceae exclusivamente en la zona 2.

En cuanto a la estructura vertical, las mediciones de altura correspondieron únicamente a las especies registradas en cada punto. *Cenchrus ciliaris* presentó una altura de 1.09 m en el punto 4 de la zona 1, mientras que en el punto 1 de la zona 2 alcanzó 1.20 metros, evidenciando variaciones en la altura incluso dentro de una misma especie.

La zona 1 se caracterizó por la presencia de árboles y arbustos, con alturas que oscilaron entre 0.17 y 2.98 metros, mientras que la zona 2 mostró un predominio de arbustos bajos y árboles aislados, con alturas comprendidas entre 0.70 y 2.44 m. Estas observaciones reflejan diferencias preliminares tanto en la composición florística como en la estructura vertical de la vegetación entre ambas zonas.

**Tabla V.** Resultados del recorrido preliminar: Registro florístico.

Punto	Zona 1			Zona 2		
	Familia-Especie	Forma de vida	Altura	Familia-Especie	Forma de vida	Altura
1	Fabaceae - <i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0.66	Poaceae - <i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	1.20
2	Cactaceae - <i>Opuntia engelmannii</i>	Arbusto	0.17	Fabaceae - <i>Parkinsonia praecox</i>	Árbol	2.44
3	Cactaceae - <i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	1.44	Asteraceae - <i>Encelia farinosa</i>	Arbusto	1.02
4	Poaceae - <i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	1.09	Fabaceae - <i>Mimosa distachya</i>	Arbusto	1.93
5	Rubiaceae - <i>Randia thurberi</i>	Arbusto	2.98	Asteraceae - <i>Encelia farinosa</i>	Arbusto	0.70

La presencia de *Cenchrus ciliaris* en ambas zonas, así como las diferencias registradas en su altura, indican la capacidad de esta especie para establecerse bajo distintas condiciones ambientales dentro del área de estudio. Esta gramínea mostró una forma de vida herbácea dominante en los puntos donde fue registrada, lo que sugiere su afinidad por espacios abiertos y su tolerancia a variaciones locales en factores como humedad del suelo y disponibilidad de recursos. Su registro durante el recorrido preliminar resulta relevante, ya que esta especie puede influir en la estructura de la comunidad vegetal y en la configuración del estrato herbáceo del sitio.

## **5.2 Resultados del análisis comparativo de la vegetación: Cobertura relativa en la zona 1 y 2**

En la zona 1, *Aristida* sp. presentó la mayor cobertura relativa (39.39 %), lo que refleja una amplia ocupación del suelo y una alta capacidad de dominancia. Ecológicamente, su elevada cobertura indica un sistema donde las gramíneas tolerantes tienen ventaja, contribuyendo a la protección superficial del suelo, pero también sugiriendo una estructura vegetal simplificada cuando se presenta como especie dominante.

Entre las especies asociadas a perturbación, *Antigonon leptopus* alcanzó una cobertura relativa de 9.72 %, lo que refleja su estrategia de crecimiento rápido y su capacidad de expansión lateral, típica de ambientes alterados donde aprovecha espacios abiertos. *Cenchrus ciliaris* presentó una cobertura de 8.71 %, indicando una alta competitividad y una fuerte capacidad de colonización, lo que puede limitar el establecimiento de especies nativas al ocupar extensivamente el espacio disponible. *Tetramerium nervosum* mostró una cobertura intermedia (5.90 %), reflejando su tolerancia a condiciones ambientales variables y su adaptación a comunidades abiertas.

*Boerhavia* sp. (4.50 %) y *Ambrosia cordifolia* (2.92 %) aportaron una cobertura secundaria, lo que indica su papel como especies acompañantes frecuentes en comunidades con disturbio moderado, contribuyendo a la cobertura del suelo sin generar una estructura vegetal compleja. Las coberturas más bajas registradas para *Tridax* sp. (1.57 %) y *Melinis repens* (0.45 %) reflejan una participación espacial limitada, propia de especies que colonizan áreas específicas o de manera temporal.

Dentro de las especies de mayor importancia ecológica, *Neltuma velutina* presentó una cobertura relativa de 12.81 %, lo que indica su contribución a la

estructura del sitio, especialmente en la generación de sombra y mejora de las condiciones microambientales, *Randia thurberi* (3.76 %), *Celtis pallida* (1.87 %) y *Parkinsonia praecox* (1.22 %) mostraron coberturas bajas, reflejando una presencia puntual y una menor influencia estructural en esta zona.

En la zona 2, *Aristida* sp. nuevamente mostró la mayor cobertura relativa (43.16 %), lo que indica una dominancia marcada y una amplia distribución espacial. Su presencia sugiere una cobertura continua del suelo, favoreciendo la estabilidad superficial y la reducción de procesos erosivos.

Las especies de mayor importancia ecológica presentaron coberturas relativas elevadas, *Neltuma velutina* alcanzó 19.31 %, reflejando su papel central en la estructura del matorral, al proporcionar sombra, refugio y condiciones favorables para otras especies. *Mimosa distachya* presentó una cobertura de 13.24 %, indicando una amplia ocupación espacial y su contribución a la heterogeneidad estructural del sitio. *Encelia farinosa* (5.39 %) aportó una cobertura relevante asociada a especies perennes adaptadas a ambientes semiáridos, mientras que *Cylindropuntia thurberi* (3.91 %) reflejó la presencia de especies de crecimiento lento, características de comunidades vegetales más estables.

Las especies asociadas a perturbación presentaron valores de cobertura relativa menores en esta zona. *Tidestromia suffruticosa* (5.85 %) y *Cenchrus ciliaris* (5.26 %) mostraron coberturas intermedias, lo que indica su presencia sin llegar a ser dominantes. *Ambrosia cordifolia* (2.08 %) y *Antigonon leptopus* (0.90 %) presentaron coberturas bajas, reflejando una menor capacidad de expansión en comparación con la zona 1.

La comparación de la cobertura relativa entre zonas evidencia diferencias claras en la estructura y funcionalidad de la vegetación. En la zona 1 predominan especies oportunistas y asociadas a perturbación, con estrategias de crecimiento rápido y alta capacidad de colonización, lo que refleja una comunidad más simplificada y con menor estabilidad ecológica. Estas especies dominantes ocupan extensamente el suelo, limitando la expansión de taxones nativos estructurales y reduciendo la complejidad del matorral (Anexo A y B).

En contraste, la zona 2 concentra las mayores coberturas relativas en especies nativas de importancia ecológica, arbustos perennes que contribuyen a la heterogeneidad estructural, la generación de sombra, la retención de humedad y la estabilización del suelo. La presencia menor de especies asociadas a perturbación en esta zona refleja una vegetación más estable y resiliente frente a alteraciones, con mayor capacidad de mantener procesos ecológicos y hábitats para fauna asociada.

Desde el punto de vista de la conservación, la zona 2 representa un sistema más cercano a las condiciones naturales del matorral semiárido, con especies estructurales dominantes y cobertura equilibrada, mientras que la zona 1 muestra indicios de degradación y menor funcionalidad ecológica debido a la dominancia de especies oportunistas.

**Tabla VI.** Cobertura relativa (%) de las especies de la comunidad vegetal por zona.

Especie	Σ Le		Σ Le de Sp / Σ total de zona * 100	
	Zona 1	Zona 2	Zona 1	Zona 2
	Cobertura absoluta (metros)	Cobertura absoluta (metros)	Cobertura relativa (%)	Cobertura relativa (%)
<i>Aristida sp.</i>	46.77	47.43	39.39	43.16
<i>Neltuma velutina</i>	15.21	21.22	12.81	19.31
<i>Cenchrus ciliaris</i>	10.34	5.79	8.71	5.26
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	3.40	6.43	2.86	5.85
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	2.34	4.30	1.97	3.91
<i>Ambrosia cordifolia</i>	3.47	2.29	2.92	2.08
<i>Antigonon leptopus</i>	11.54	0.99	9.72	0.90
<i>Mimosa distachya</i>	0.90	14.55	0.75	13.24
<i>Randia thurberi</i>	4.47	0.96	3.76	0.87
<i>Tetramerium nervosum</i>	7.01	–	5.90	–
<i>Boerhavia sp.</i>	5.35	–	4.50	–
<i>Celtis pallida</i>	2.22	–	1.87	–
<i>Tridax sp.</i>	1.87	–	1.57	–
<i>sp. herbácea</i>	1.83	–	1.54	–
<i>Parkinsonia praecox</i>	1.45	–	1.22	–
<i>Melinis repens</i>	0.54	–	0.45	–
<i>Encelia farinosa</i>	–	5.93	–	5.39
<b>Σ TOTAL</b>	<b>Σ 118.71</b>	<b>Σ 109.89</b>		

### 5.3 Resultados del análisis comparativo de la vegetación: Frecuencia relativa por especie en la zona 1 y 2

La frecuencia de las especies registradas evidenció diferencias claras en la composición florística entre las dos zonas de estudio (Anexo C), asociadas a la intensidad del tránsito humano. La zona 1, caracterizada por mayor tránsito peatonal, presentó un total de 36 registros (16 especies).

En la zona 1, se registró una mayor presencia de especies asociadas a disturbio antrópico, diferenciándose aquellas con impacto ecológico grave de aquellas con impacto moderado. Entre las especies de impacto grave, destacan los pastos exóticos *Cenchrus ciliaris* (5.55 %) y *Melinis repens* (2.77 %), los cuales son reconocidos por su alta capacidad de colonización en áreas perturbadas y su efecto negativo sobre la estructura de la vegetación nativa.

Por otro lado, se registraron especies con impacto moderado, principalmente oportunistas, como *Boerhavia* sp. (5.55 %), típica de zonas alteradas, *Ambrosia cordifolia* (5.55 %), asociada a ambientes abiertos y *Tridax* sp. (2.77 %), especie común en suelos removidos. Estas especies responden positivamente al disturbio, pero su presencia no implica una transformación profunda del ecosistema.

La presencia conjunta de estas especies, junto con especies oportunistas como *Antigonon leptopus* (13.88 %) presente en los cinco transectos, y que indica una composición florística influenciada por disturbio antrópico, consistente con la alta intensidad de tránsito humano registrada en la zona 1.

En la zona 2 predominan especies características de ecosistemas áridos y semiáridos con una distribución amplia y relativamente homogénea a lo largo de los transectos. Destacan *Neltuma velutina* y *Aristida* sp., ambas con una frecuencia relativa de 14.81 %, presentes de manera constante en los transectos. Estas especies cumplen funciones ecológicas clave, como la estabilización del suelo, la reducción de procesos erosivos y el mantenimiento de la estructura vegetal, lo que es consistente con condiciones ambientales más estables.

Asimismo, se registraron especies con frecuencias intermedias (11.11 %) como *Cylindropuntia thurberi*, *Cenchrus ciliaris*, *Tidestromia suffruticosa* y *Mimosa distachya*. *Cylindropuntia thurberi* y *Mimosa distachya* contribuyen a la complejidad estructural del matorral y al mantenimiento de procesos ecológicos como la retención de humedad y nutrientes. *Tidestromia suffruticosa* aporta cobertura al estrato bajo, favoreciendo la protección del suelo. En el caso de *Cenchrus ciliaris*, su presencia moderada sugiere la existencia de áreas abiertas,

sin que ello implique una dominancia o un impacto negativo significativo sobre la vegetación nativa.

Finalmente, especies con frecuencias menores, como *Ambrosia cordifolia* (7.40 %), *Encelia farinosa* (7.40 %) y *Randia thurberi* (3.70 %), complementan la composición florística de la zona 2, arbusto nativo característico del matorral semiárido, aporta diversidad estructural y funcional a la comunidad vegetal; su baja frecuencia corresponde a una distribución natural limitada, propia de ecosistemas relativamente conservados.

En conjunto, la distribución de las especies registradas en la zona 2 indica una comunidad vegetal funcionalmente estable, dominada por especies nativas de importancia ecológica, lo que concuerda con la menor intensidad de tránsito humano y el mejor estado de conservación observado en esta zona.

**Tabla VII.** Frecuencia relativa de las especies presentes en la comunidad vegetal por zona.

Especie	Zona 1		Zona 2	
	FA	F (%)	FA	F (%)
<i>Aristida sp.</i>	4	11.11	4	14.81
<i>Neltuma velutina</i>	4	11.11	4	14.81
<i>Antigonon leptopus</i>	5	13.88	2	7.40
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	4	11.11	3	11.11
<i>Cenchrus ciliaris</i>	2	5.55	3	11.11
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	2	5.55	3	11.11
<i>Ambrosia cordifolia</i>	2	5.55	2	7.40
<i>Randia thurberi</i>	1	2.77	1	3.70
<i>Mimosa distachya</i>	1	2.77	3	11.11
<i>Encelia farinosa</i>	–	–	2	7.40
<i>Tetramerium nervosum</i>	3	8.33	–	–
<i>sp. herbácea</i>	2	5.55	–	–
<i>Boerhavia sp.</i>	2	5.55	–	–
<i>Tridax sp.</i>	1	2.77	–	–
<i>Parkinsonia praecox</i>	1	2.77	–	–
<i>Melinis repens</i>	1	2.77	–	–
<i>Celtis pallida</i>	1	2.77	–	–
<b>Σ FA</b>	<b>Σ36</b>		<b>Σ27</b>	

#### 5.4 Resultados del análisis comparativo de la estratificación vertical de la vegetación por zona.

Las diferencias observadas entre la zona 1 y la zona 2 se expresan claramente en la composición de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo, así como en los rangos de altura registrados para las especies presentes, lo que refleja distintos grados de complejidad estructural de la vegetación.

En la zona 1, el estrato herbáceo presenta una marcada heterogeneidad vertical. *Antigonon leptopus* (0.06–2.66 m) muestra el rango de altura más amplio dentro de este estrato, lo que evidencia una estrategia de crecimiento flexible que le permite ocupar tanto niveles bajos como superiores, generando superposición vertical con otras especies y una estructura poco definida. Especies como *Boerhavia* sp. (0.12–0.49 m) y *Aristida* sp. (0.13–0.30 m) se concentran en los niveles más bajos, lo que sugiere una ocupación cercana al suelo y una contribución limitada a la complejidad vertical. *Tidestromia suffruticosa* (0.24–0.24 m) presenta un porte bajo y constante, indicando escasa variación estructural. En niveles intermedios se encuentran *Ambrosia cordifolia* (0.45–0.83 m), *Tridax* sp. (0.52–0.90 m), *Melinis repens* (0.58–0.58 m) y *Cenchrus ciliaris* (0.60–2.09 m), las cuales aportan volumen al estrato medio; sin embargo, la coexistencia de especies con rangos muy amplios y otras de crecimiento restringido genera un estrato herbáceo irregular y poco cohesionado.

El estrato arbustivo en la zona 1 presenta una amplia dispersión de alturas. *Cylindropuntia thurberi* (0.22–2.06 m) ocupa desde niveles bajos hasta intermedios, contribuyendo a la complejidad vertical y a la superposición con el estrato herbáceo superior, por su parte *Randia thurberi* (2.03–2.03 m), *Celtis pallida* (1.90–1.90 m), *Mimosa distachya* (0.67–0.67 m) muestra un porte bajo y constante, con una participación limitada en la diferenciación vertical del estrato.

El estrato arbóreo está representado por especies de porte definido. *Neltuma velutina* (0.70–3.95 m) alcanza las mayores alturas, constituyendo el elemento dominante de la estructura vertical. *Parkinsonia praecox* (2.67–2.67 m) presentan alturas constantes, conformando un dosel arbóreo incipiente; no obstante, la variabilidad de alturas entre especies refleja una estratificación arbórea discontinua.

En la zona 2, el estrato herbáceo muestra una distribución vertical más ordenada. *Aristida* sp. (0.23–0.59 m) ocupa los niveles inferiores, favoreciendo una cobertura baja continua. *Antigonon leptopus* (0.33–1.35 m) se extiende hacia alturas intermedias, aportando volumen sin generar superposición extrema. *Ambrosia cordifolia* (0.37–0.86 m) se mantiene en niveles intermedios, mientras

que *Tidestromia suffruticosa* (0.17–1.77 m) presenta un rango amplio, pero estructuralmente contenido. *Cenchrus ciliaris* (0.79–1.48 m) se concentra en los valores superiores del estrato, reforzando la diferenciación vertical.

El estrato arbustivo de la zona 2 se caracteriza por rangos de altura predominantemente intermedios. *Cylindropuntia thurberi* (0.33–1.52 m) ocupa niveles bajos a medios, favoreciendo la continuidad estructural entre estratos. *Encelia farinosa* (0.48–1.60 m) contribuye a la densidad y cohesión del estrato medio, mientras que *Mimosa distachya* (0.93–2.52 m) presenta un porte intermedio que facilita una transición gradual hacia los niveles superiores.

El estrato arbóreo en la zona 2 está representado por *Neltuma velutina* (0.77–3.23 m) alcanza las mayores alturas, y su rango es más acotado que en la zona 1, lo que reduce contrastes extremos y favorece una estructura vertical más equilibrada.

Desde una perspectiva ecológica, una estructura vegetal más estable se asocia con rangos de altura coherentes dentro de cada estrato y transiciones progresivas entre niveles verticales. Bajo este criterio, la zona 2 presenta una organización más equilibrada, con menor dispersión extrema de alturas y una integración más clara entre los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo. En contraste, la zona 1, aunque muestra mayor amplitud de rangos de altura, refleja una estructura vertical más fragmentada, con superposición irregular y contrastes marcados. Con base en la estratificación vertical y la distribución de alturas de las especies, la zona 2 presenta condiciones estructurales más favorables para la conservación. Este patrón se sustenta en el análisis de la estratificación vertical y la distribución de alturas de las especies por zona, presentado en la sección de anexos (Anexo D).

**Tabla VIII.** Especies representativas de la estratificación vertical en la comunidad vegetal por zona.

Especie	Zona 1		Zona 2	
	Estrato	Hmáx.	Estrato	Hmáx.
<i>Mimosa distachya</i>	Arbustivo	<b>0.67</b>	Arbustivo	<b>2.52</b>
<i>Randia thurberi</i>	Arbustivo	<b>2.03</b>	Arbustivo	<b>1.53</b>
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbustivo	<b>2.06</b>	Arbustivo	<b>1.52</b>
<i>Neltuma velutina</i>	Arbóreo	<b>3.95</b>	Arbóreo	<b>3.23</b>
<i>Encelia farinosa</i>	–	–	Arbustivo	<b>1.60</b>
<i>Parkinsonia praecox</i>	Arbóreo	<b>2.67</b>	–	–
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	<b>2.09</b>	Herbácea	<b>1.48</b>
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	<b>0.24</b>	Herbácea	<b>1.77</b>

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la cobertura relativa permitió identificar diferencias claras en la ocupación del espacio entre las zonas evaluadas. La zona 1 presenta una comunidad vegetal dominada por especies de rápida respuesta ecológica y alta capacidad de colonización, lo que refleja un sistema simplificado y con menor participación de especies nativas estructurales propias del matorral semiárido. En contraste, la zona 2 muestra una distribución de cobertura más equilibrada, dominada por especies nativas perennes que contribuyen a la estabilidad del suelo, a la regulación del microclima y al mantenimiento de la estructura vegetal, lo que indica un mejor estado de conservación.

Con base en los resultados de frecuencia relativa, se concluye que la composición florística de la zona 1 está fuertemente influenciada por disturbio antrópico recurrente, lo cual favorece la presencia y amplia distribución de especies oportunistas y exóticas. En la zona 2, la frecuencia de las especies refleja una distribución más homogénea de taxones nativos estructurales, lo que sugiere condiciones ambientales más estables y una menor presión de disturbio, favoreciendo la permanencia de la vegetación característica del matorral semiárido.

Respecto a la estratificación vertical, la zona 1 se caracteriza por una organización estructural discontinua, con superposición irregular entre estratos y una transición poco definida entre los componentes herbáceo y arbustivo, condición típica de comunidades vegetales alteradas. Por el contrario, la zona 2 presenta una estructura vertical más coherente, con estratos mejor definidos y una transición gradual entre niveles de altura, lo que favorece una mayor complejidad estructural y funcional del ecosistema.

De manera general, la integración de los análisis de cobertura relativa, frecuencia y estratificación vertical permite concluir que la zona 2 representa un estado más conservado del matorral semiárido, con una comunidad vegetal estructuralmente más compleja, estable y funcional. En contraste, la zona 1 evidencia un estado de alteración ecológica, asociado a la dominancia de especies oportunistas y exóticas, así como a una reducción de la complejidad estructural.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman la utilidad del método de línea de intercepción para evaluar la estructura de la vegetación en ecosistemas semiáridos y evidencian la importancia de contar con información cuantitativa que permita orientar acciones de manejo, conservación y monitoreo del Sendero Universidad de la Sierra

A manera de recomendación, se sugiere implementar programas de manejo y monitoreo en ambas zonas de estudio, con objetivos diferenciados. En la zona 1, se recomienda delimitar y reordenar el tránsito peatonal mediante la definición de senderos formales, acompañados de señalización visible, con el fin de concentrar el paso de personas y reducir la expansión de caminos informales. Asimismo, se sugiere restringir el acceso a áreas sensibles mediante barreras físicas de bajo impacto (cercos rústicos, delimitadores naturales o acumulación controlada de material vegetal), favoreciendo la regeneración natural de la vegetación.

En la zona 2, se recomienda mantener el tránsito peatonal limitado y controlado, evitando la apertura de nuevos senderos y promoviendo su conservación como área de referencia ecológica. El monitoreo en esta zona deberá enfocarse en la detección temprana de cambios en la cobertura, frecuencia y estructura vertical de la vegetación, a fin de prevenir procesos de degradación.

Finalmente, se recomienda que las evaluaciones se realicen de manera periódica y a largo plazo, considerando la variabilidad climática propia de los ecosistemas semiáridos, para obtener una valoración más precisa de la dinámica de la vegetación y fortalecer las estrategias de manejo, restauración y conservación del sitio.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Bonham, C.D. 2013. *Measurements for Terrestrial Vegetation*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Ltd. Colorado. 254 pp.

Brito-Castillo, L., M.A. Crimmins y S.C. Díaz C. 2010. Clima. En F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender (eds.), *Diversidad biológica de Sonora*. UNAM. México. pp. 73–96.

Canfield, R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling: range vegetation. *Journal of Forestry* 39: 388–394.

Canfield, R.H. 1942. Sampling ranges by the line interception method: Plant cover—composition—density—degree of forage use. Report No. 4. Southwestern Forest and Range Experiment Station, U.S. Department of Agriculture. 70 pp.

Castellanos-Villegas, A.E., L.C. Bravo, G.W. Koch, J. Llano, D. López, R. Méndez, J.C. Rodríguez, R. Romo, T.D. Sisk y G. Yanes-Arvayo. 2010. Impactos ecológicos por el uso del terreno en el funcionamiento de ecosistemas áridos y semiáridos. En F.E. Molina-Freaner y T.R. Van Devender (eds.), *Diversidad biológica de Sonora*. UNAM. México. pp. 157–186.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2008. *Estrategia mexicana para la conservación vegetal: Objetivos y metas*. CONABIO. México, D.F. 36 pp.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2005. *Land cover classification system (LCCS): Classifiers and attributes*. FAO. Roma. 54 pp.

Herrick, J.E., J.W. Van Zee, S.E. McCord, E.M. Courtright, J.W. Karl y L.M. Burkett. 2021. *Monitoring Manual for Grassland, Shrubland, and Savanna Ecosystems. Volume I: Core Methods*. 2nd Ed. USDA-ARS Jornada Experimental Range. Las Cruces, New Mexico. 86 pp.

Matteucci, S.D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. En *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. pp. 55–56.

Molina-Freaner, F.E. y T.R. Van Devender. 2010. Introducción. En *Diversidad biológica de Sonora*. UNAM y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 12–15.

Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Community sampling. En Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons. New York. pp. 45–47.

Mostacedo, B. y T.S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOS). Santa Cruz, Bolivia. 92 pp.

Rzedowski, J. 2006. Factores que determinan la distribución de la vegetación. En Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. pp. 154–159.

Rzedowski, J. 2006. Matorral xerófilo. En Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México. pp. 447–473.

Van der Maarel, E. (Ed.). 2005. Vegetation Ecology. Blackwell Science Ltd. Malden, MA, USA. 411 pp.

### **Referencias electrónicas**

LibreTexts Español. 12.2: Ecología de la vegetación y sucesión vegetal. 6 pp. Disponible en PDF:

<https://espanol.libretexts.org/%40api/deki/pages/91791/pdf/12.2%253A%2BEcolog%C3%ADa%2Bde%2Bla%2BVegetaci%C3%B3n%2By%2BSucesi%C3%B3n%2BVegetal.pdf>

Martínez, J. y D. Esbeida. 2020. La vegetación y flora como indicadores ecológicos y su relación con los disturbios antrópicos del Parque Estatal Cerro El Faro, Tlalmanalco, Estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. 95 pp. Disponible en: <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/24821>

### **Referencia consultada**

Yanes Arvayo, G., Montañez Armenta, M.P., Silva Kurumiya, H., Gil Montaña, E., Van Devender, T.R. y Reina Guerrero, A.L. 2011. Catálogo de plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas de Sierra La Madera. Universidad de la Sierra. Moctezuma, Sonora. 90 pp.

## ANEXOS

### Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros por especie: Zona 1

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #1 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	6.20–6.50 = 0.30	<b>0.30</b>
Amaranthaceae	<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	0.90–1.50 = 0.60	<b>0.60</b>
Desconocida.	sp.	Herbácea	9.00–9.55 = 0.55 9.80–10.48 = 0.68	<b>1.23</b>
Fabaceae	<i>Parkinsonia praecox</i>	Árbol	5.65–7.10 = 1.45	<b>1.45</b>
Ulmaceae	<i>Celtis pallida</i>	Árbol	12.78–15.00 = 2.22	<b>2.22</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0–0.50 = 0.50 0.88–5.55 = 4.67	<b>5.17</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–15.00 = 15.00	<b>15.00</b>

### Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros por especie: Zona 1

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #2 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	14.53–14.78 = 0.25	<b>0.25</b>
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	3.15–3.44 = 0.29	<b>0.29</b>
Poaceae	<i>Melinis repens</i>	Herbácea	14.46–15.00 = 0.54	<b>0.54</b>
Acanthaceae	<i>Tetramerium nervosum</i>	Herbácea	0–1.56 = 1.56	<b>1.56</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0–1.70 = 1.70	<b>1.70</b>
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	0–1.85 = 1.85	<b>1.85</b>
Amaranthaceae	<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	11.95–14.75 = 2.80	<b>2.80</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–15.00 = 15.00	<b>15.00</b>

### Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros por especie: Zona 1

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #3 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	10.80–11.56 = 0.76	<b>0.76</b>
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i> sp.	Herbácea	4.60–5.60 = 1.00	<b>1.00</b>
Asteraceae	<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	3.63–4.35 = 0.72 6.20–7.55 = 1.35	<b>2.07</b>
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	1.70–3.90 = 2.20 8.85–9.74 = 0.89 10.95–11.40 = 0.45	<b>3.54</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–2.00 = 2.00 9.65–15.00 = 5.35	<b>7.35</b>

Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 1

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #4 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Desconocida	sp.	Herbácea	3.30–3.90 = 0.60	<b>0.60</b>
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	14.15–15 = 0.85	<b>0.85</b>
Asteraceae	<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	13.60–15 = 1.40	<b>1.40</b>
Asteraceae	<i>Tridax</i> sp.	Herbácea	12.84–14.71 = 1.87	<b>1.87</b>
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	6.35–8.55 = 2.20	<b>2.20</b>
Acanthaceae	<i>Tetramerium nervosum</i>	Herbácea	6.59–7.00 = 0.41 8.44–10.29 = 1.85	<b>2.26</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	12.46–15 = 2.54	<b>2.54</b>
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia</i> sp.	Herbácea	4.10–7.05 = 2.95 11.20–12.60 = 1.40	<b>4.35</b>
Rubiaceae	<i>Randia thurberi</i>	Árbusto	4.07–8.54 = 4.47	<b>4.47</b>
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	0–3.33 = 3.33 8.82–13.40 = 4.58 14.27–14.85 = 0.58	<b>8.49</b>

Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 1

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #5 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	12.96–13.40 = 0.44	<b>0.44</b>
Fabaceae	<i>Mimosa distachya</i>	Arbusto	2.60–3.50 = 0.90	<b>0.90</b>
Acanthaceae	<i>Tetramerium nervosum</i>	Herbácea	0.70–2.78 = 2.08 6.68–7.22 = 0.54 10.70–11.27 = 0.57	<b>3.19</b>
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	0–5.25 = 5.25	<b>5.25</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0–5.80 = 5.80	<b>5.80</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	5.58–15.00 = 9.42	<b>9.42</b>

**Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 2**

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #1 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Poaceae	<i>Aristida sp.</i>	Herbácea	0-7.00 = 7.00	<b>7.00</b>
Fabaceae	<i>Mimosa distachya</i>	Arbusto	0-0.80 = 0.80 7.70-8.65 = 0.95 9.32-12.05=2.73 12.88-13.90 = 1.02	<b>5.50</b>
Amaranthaceae	<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	4.70-8.10=3.40 12.35-13.90 = 1.55	<b>4.95</b>
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	7.00-7.90 = 0.90 13.92-15.00 = 1.08	<b>1.98</b>
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	1.60-2.24=0.64 12.00-12.50 = 0.50	<b>1.14</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0-2.20=2.20 11.50-12.13 = 0.63	<b>2.83</b>
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	0-0.78 = 0.78	<b>0.78</b>
Asteraceae	<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	0.68-0.79 = 0.11	<b>0.11</b>

**Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros por especie: Zona 2**

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #2 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Amaranthaceae	<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	2.80-3.75 = 0.95	<b>0.95</b>
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	0-1.20 = 1.20 7.30-9.33 = 2.03	<b>3.23</b>
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	7.57-9.35 = 1.78	<b>1.78</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0-2.41 = 2.41 9.12-14.85 = 5.73	<b>8.14</b>

**Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 2**

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #3 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Asteraceae	<i>Encelia farinosa</i>	Arbusto	0.50–2.00 = 1.50 1.04–2.12 = 1.08 2.74–4.80 = 2.06 9.57–10.20 = 0.63 12.16–12.40 = 0.24	<b>5.51</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–3.85 = 3.85 4.50–5.28 = 0.78 5.10–15 = 9.90	<b>14.53</b>
Fabaceae	<i>Mimosa distachya</i>	Arbusto	2.20–6.82 = 4.62 9.80–11.15 = 1.35 11.26–12.91 = 1.65	<b>7.62</b>

**Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 2**

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto #4 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–15 = 15	<b>15</b>
Amaranthaceae	<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	8.40–8.93 = 0.53	<b>0.53</b>
Cactaceae	<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbusto	2.97–3.51 = 0.54	<b>0.54</b>
Asteraceae	<i>Encelia farinosa</i>	Arbusto	3.62–4.04 = 0.42	<b>0.42</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0–5.45 = 5.45	<b>5.45</b>

**Anexo A. Datos de cobertura absoluta en metros: Zona 2**

Familia	Especie	Forma de vida	Transecto lineal #5 (15m)	
			Longitud (Inicio-Fin)	Cobertura absoluta
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	5.84–6.05 = 0.21	<b>0.21</b>
Rubiaceae	<i>Randia thurberi</i>	Árbusto	8.21–9.17 = 0.96	<b>0.96</b>
Fabaceae	<i>Neltuma velutina</i>	Árbol	0–1.30 = 1.30 10.73–14.23 = 3.50	<b>4.80</b>
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	8.58–10.00 = 1.42	<b>1.42</b>
Fabaceae	<i>Mimosa distachya</i>	Arbusto	5.37–6.80 = 1.43	<b>1.43</b>
Asteraceae	<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	5.96–8.14 = 2.18	<b>2.18</b>
Poaceae	<i>Aristida</i> sp.	Herbácea	0–5.70 = 5.70 9.80–15.00 = 5.20	<b>10.90</b>

**Anexo B. Familia y especies presentes en la evaluación de la vegetación.**



**Poaceae**  
***Aristida* sp.**



**Fabaceae**  
***Neltuma velutina***



**Polygonaceae**  
***Antigonon leptopus***



**Asteraceae**  
***Ambrosia cordifolia***



**Rubiaceae**  
***Randia thurberi***



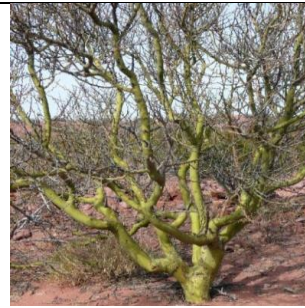
**Fabaceae**  
***Mimosa distachya***



**Nyctaginaceae**  
***Boerhavia* sp.**



**Asteraceae**  
***Tridax* sp.**



**Fabaceae**  
***Parkinsonia praecox***



**Poaceae**  
***Cenchrus ciliaris***



**Amaranthaceae**  
***Tidestromia suffruticosa***



**Poaceae**  
***Melinis repens***



**Acanthaceae**  
***Tetramerium nervosum***



**Ulmaceae**  
***Celtis pallida***



**Cactaceae**  
***Cyllindropuntia thurberi***



**Asteraceae**  
***Encelia farinosa***



**sp.**  
**Herbácea**

Anexo C. Frecuencia absoluta y frecuencia relativa (%) por especie en la zona 1

Especie	Transecto línea (metros)					Zona 1	
	L1	L2	L3	L4	L5	FA	FR
<i>Aristida sp.</i>	15	15	7.35	–	9.42	4	11.11
<i>Neltuma velutina</i>	5.17	1.70	–	2.54	5.80	4	11.11
<i>Antigonon leptopus</i>	0.30	0.25	3.54	2.20	5.25	5	13.88
<i>Cenchrus ciliaris</i>	–	1.85	–	8.49	–	2	5.55
<i>Tetramerium nervosum</i>	–	1.56	–	2.26	3.19	3	8.33
<i>Boerhavia sp.</i>	–	–	1.00	4.35	–	2	5.55
<i>Randia thurberi</i>	–	–	–	4.47	–	1	2.77
<i>Ambrosia cordifolia</i>	–	–	2.07	1.40	–	2	5.55
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	0.60	2.80	–	–	–	2	5.55
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	–	0.29	0.76	0.85	0.44	4	11.11
<i>Celtis pallida</i>	2.22	–	–	–	–	1	2.77
<i>Parkinsonia praecox</i>	1.45	–	–	–	–	1	2.77
<i>Tridax sp.</i>	–	–	–	1.87	–	1	2.77
<i>sp. herbácea</i>	1.23	–	–	0.60	–	2	5.55
<i>Mimosa distachya</i>	–	–	–	–	0.90	1	2.77
<i>Melinis repens</i>	–	0.54	–	–	–	1	2.77
<b>Σsp: 16</b>						<b>Σ 36</b>	

Anexo C. Frecuencia absoluta y frecuencia relativa (%) por especie en la zona 2

Especie	Transecto línea (metros)					Zona 2	
	T1	T2	T3	T4	T5	FA	FR
<i>Aristida sp.</i>	7.00	–	14.53	15.00	10.90	4	14.81
<i>Neltuma velutina</i>	2.83	8.14	–	5.45	4.80	4	14.81
<i>Mimosa distachya</i>	5.50	–	7.62	–	1.43	3	11.11
<i>Encelia farinosa</i>	–	–	5.51	0.42	–	2	7.40
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	4.95	0.95	–	0.53	–	3	11.11
<i>Cenchrus ciliaris</i>	1.14	3.23	–	–	1.42	3	11.11
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	1.98	1.78	–	0.54	–	3	11.11
<i>Ambrosia cordifolia</i>	0.11	–	–	–	2.18	2	7.40
<i>Antigonon leptopus</i>	0.78	–	–	–	0.21	2	7.40
<i>Randia thurberi</i>	–	–	–	–	0.96	1	3.70
<b>Σsp: 10</b>						<b>Σ 27</b>	

Anexo C. Frecuencia absoluta y frecuencia relativa (%) por especie en la zona 1 y 2

Especie	Zona 1		Zona 2	
	FA	F(%)	FA	F (%)
<i>Aristida sp.</i>	4	11.11	4	14.81
<i>Neltuma velutina</i>	4	11.11	4	14.81
<i>Antigonon leptopus</i>	5	13.88	2	7.40
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	4	11.11	3	11.11
<i>Cenchrus ciliaris</i>	2	5.55	3	11.11
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	2	5.55	3	11.11
<i>Ambrosia cordifolia</i>	2	5.55	2	7.40
<i>Randia thurberi</i>	1	2.77	1	3.70
<i>Mimosa distachya</i>	1	2.77	3	11.11
<i>Encelia farinosa</i>	–	–	2	7.40
<i>Tetramerium nervosum</i>	3	8.33	–	–
<i>sp. herbácea</i>	2	5.55	–	–
<i>Boerhavia sp.</i>	2	5.55	–	–
<i>Tridax sp.</i>	1	2.77	–	–
<i>Parkinsonia praecox</i>	1	2.77	–	–
<i>Melinis repens</i>	1	2.77	–	–
<i>Celtis pallida</i>	1	2.77	–	–
<b>Σ FA</b>	<b>36</b>		<b>27</b>	

Anexo D. Estratificación vertical de la vegetación zona 1

Especie	Estrato	Altura		
		Transectos	Mín.	Máx.
<i>Aristida sp.</i>	Herbácea	0.30, 0.26, 0.27, 0.13, 0.28	0.13	<b>0.30</b>
<i>Neltuma velutina</i>	Arbóreo	1.18 , 1.37, 2.52, 0.70, 3.34, 3.95	0.70	<b>3.95</b>
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	0.60, 1.25, 2.09, 1.98	0.60	<b>2.09</b>
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	0.24	0.24	<b>0.24</b>
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbustivo	1.00, 0.22, 1.57, 2.06, 1.32	0.22	<b>2.06</b>
<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	0.60, 0.83, 0.45	0.45	<b>0.83</b>
<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	0.87, 1.13, 0.06, 0.19, 0.81, 0.20, 0.74, 0.64, 2.66	0.06	<b>2.66</b>
<i>Mimosa distachya</i>	Arbustivo	0.67	0.67	<b>0.67</b>
<i>Randia thurberi</i>	Arbustivo	2.03	2.03	<b>2.03</b>
<i>Tetramerium nervosum</i>	Herbácea	0.43, 0.40, 0.46, 0.48, 0.28, 0.32	0.28	<b>0.48</b>
<i>Boerhavia sp.</i>	Herbácea	0.12, 0.35, 0.49	0.12	<b>0.49</b>
<i>Celtis pallida</i>	Arbustivo	1.90	1.90	<b>1.90</b>
<i>Tridax sp.</i>	Herbácea	0.52, 0.90	0.52	<b>0.90</b>
<i>sp. herbácea</i>	Herbácea	0.54, 0.50, 0.33	0.33	<b>0.54</b>
<i>Parkinsonia praecox</i>	Arbóreo	2.67	2.67	<b>2.67</b>
<i>Melinis repens</i>	Herbácea	0.58	0.58	<b>0.58</b>

**Anexo D. Estratificación vertical de la vegetación zona 2**

Especie	Estrato	Altura		
		Transectos	Mín.	Máx.
<i>Aristida sp.</i>	Herbácea	0.59, 0.30, 0.23, 0.28, 0.37, 0.41, 0.45	0.23	<b>0.59</b>
<i>Neltuma velutina</i>	Arbóreo	3.23, 0.77, 2.51, 2.90, 1.05, 1.13, 2.29	0.77	<b>3.23</b>
<i>Cenchrus ciliaris</i>	Herbácea	1.14, 0.79, 1.48, 1.16, 1.24	0.79	<b>1.48</b>
<i>Tidestromia suffruticosa</i>	Herbácea	0.28, 1.77, 0.17, 0.15	0.17	<b>1.77</b>
<i>Cylindropuntia thurberi</i>	Arbustivo	1.35, 1.49, 1.52, 1.15, 0.33	0.33	<b>1.52</b>
<i>Ambrosia cordifolia</i>	Herbácea	0.37, 0.86	0.37	<b>0.86</b>
<i>Antigonon leptopus</i>	Herbácea	0.54, 0.33, 1.35	0.33	<b>1.35</b>
<i>Mimosa distachya</i>	Arbustivo	2.52, 1.02, 2.16, 1.75, 1.36, 0.93, 1.70	0.93	<b>2.52</b>
<i>Randia thurberi</i>	Arbustivo	1.53	1.53	<b>1.53</b>
<i>Encelia farinosa</i>	Arbustivo	0.95, 0.55, 1.60, 0.94, 0.48, 0.49	0.48	<b>1.60</b>