

MULTIFUNCIONALIDAD DE ÁRBOLES DISPERSOS Y ÁRBOLES AISLADOS EN CONTEXTOS URBANOS Y RURALES



Mosaico de fotografías de árboles aislados en diferentes contextos rurales,
presentes en el municipio de Vélez – Santander.

Fuente: Diego Alejandro Díaz Téllez (a) y William Ricardo Díaz Santamaría (b- f).

CUERPO DIRECTIVO

JAIME ALBERTO LEAL AFANADOR

Rector

CONSTANZA ABADÍA GARCÍA

Vicerrector Académica y de Investigación

EDGAR GUILLERMO RODRÍGUEZ

Vicerrector de Servicios a Aspirantes, Estudiantes y Egresados

LEONARDO YUNDA PERLAZA

Vicerrector de Medios y Mediaciones Pedagógicas

JULIA ALBA ANGEL OSORIO

Vicerrector de Desarrollo Regional y Proyección Comunitaria

LEONARDO EVEMELETH SÁNCHEZ TORRES

Vicerrector de Relaciones Internacionales

JORDANO SALAMANCA BASTIDAS

Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

JUAN SEBASTIÁN CHIRIVÍ SALOMÓN

Líder Nacional de Investigación UNAD

YOLVI PRADA

**Líder Nacional de Investigación Escuela de Ciencias Agrícolas,
Pecuarias y del Medio Ambiente**



MULTIFUNCIONALIDAD DE ÁRBOLES DISPERSOS Y ÁRBOLES AISLADOS EN CONTEXTOS URBANOS Y RURALES

William Ricardo Díaz Santamaría

Correo institucional: william.diaz@unad.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6973-3398>

Raúl Gonzalo García Vargas

Correo institucional: raul.garcia@unad.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-1956>

Ficha Bibliográfica Diligencia por
Biblioteca

**Multifuncionalidad de árboles dispersos
y árboles aislados en contextos urbanos y rurales**

Autores:

William Ricardo Díaz Santamaría
Raúl Gonzalo García Vargas

Grupos de Investigación:

CIDAGRO
Grupo Interdisciplinario de Estudios Sectoriales – GIES
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

DOI: 10.22490/notas.5870

©Editorial
Sello Editorial UNAD
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Calle 14 sur No. 14-23
Bogotá D.C
Año 2022.

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	10
1.Revisión conceptual de los árboles aislados y dispersos en sistemas productivos, fincas y centros urbanos	11
2. Funcionalidad de los árboles dispersos y de los árboles aislados	17
2.1. Breve contexto de los servicios ecosistémicos generados por los árboles.....	18
2.2. Árboles dispersos y aislados en contextos rurales	19
2.2.1. Árboles como generadores de sombrío	20
2.2.2. Árboles y hombres, por sus frutos se conocen (aporte a la calidad nutricional en sistemas productivos de los árboles dispersos y aislados)	30
2.2.3. Junto al agua cuando puedas, pon extensas arboledas (Aporte a la estructura ecológica de los árboles dispersos y aislados)	33
2.3. Árboles aislados en contextos urbanos	35
3.Cuestionario	40
BIBLIOGRAFÍA	41

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Árbol solitario en un potrero, luchando por su supervivencia y cumpliendo su funcionalidad ecosistémica	12
Figura 2. Árboles de sombrío en el sistema agroforestal cafetero.	12
Figura 3. Árboles remanentes en predio rural	15
Figura 4. El árbol como hábitat de especies de flora y fauna	17
Figura 5. Clasificación de Servicios Ambientales	19
Figura 6. Paisaje demarcado por la presencia de árboles aislados Municipio Vélez Santander	20
Figura 7. Funciones de los árboles de sombrío	21
Figura 8. Árbol empleado como sombrío en una huerta rural	22
Figura 9. Los árboles aislados y su función de protección de suelo en pendientes fuertes	22
Figura 10. Efectos de los árboles de sombra sobre la fotosíntesis, el balance hídrico y la nutrición mineral del cafeto	23
Figura 11. Efecto de los árboles de sombra sobre la pérdida de rendimiento en comparación con pleno sol, en cafetales con alto manejo	24
Figura 12. Diferencias del confort animal bajo un modelo de ganadería convencional vs sistemas silvopastoriles	29
Figura 13. Árboles aislados inmersos en un sistema silvopastoril	30
Figura 14. Esquema de las interacciones en un sistema silvopastoril	31
Figura 15. Conjunto de árboles dispersos empleados como lindero de un predio rural.	34
Figura 16. El árbol como prestador de servicios ambientales	36
Figura 17. Árbol como elemento natural en ambiente artificializado	36
Figura 18. Árboles empleados en paisajismo urbano	37
Figura 19. Árboles empleados en diseños de vías secundarias	38
Figura 20. Barrera de árboles que filtra el aire que llega a un conjunto residencial. Soacha – Ciudad Verde	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies recomendadas para sombrío de cacao	25
Tabla 2. Especies recomendadas para sombrío en sistemas agroforestales cafeteros	27
Tabla 3. Ejemplo de especies para diseño de sistemas silvopastoriles	30

RESUMEN

Contextualización. Las funciones de los individuos vegetales de carácter leñoso en un sentido amplio, están relacionadas con particularidades de carácter ecológico, ecosistémico, productivo, social y cultural. Ahora bien, cuando se analizan los aspectos conceptuales y las características específicas de los árboles dispersos y árboles aislados, entendidos como aquellos individuos producto de la regeneración natural o de la siembra directa por parte del ser humano, presentes en predios ubicados en áreas rurales y urbanas; conlleva a la especificidad de sus funciones en un contexto determinado. En tal sentido, los bienes y servicios ambientales y ecosistémicos que los árboles otorgan a la humanidad, adquieren un valor diferencial cuando el individuo arbóreo o el conjunto de árboles (aislados y dispersos), se encuentran haciendo parte de un sistema productivo rural (agrícola, pecuario y agroforestal) o de un casco urbano.

Vacío de investigación. Los árboles per se, otorgan a la humanidad una serie de bienes y servicios ambientales y ecosistémicos, los cuales son reconocidos en buena medida por la comunidad, especialmente cuando se relaciona a la funcionalidad ecológica o de suministro de productos. No obstante, cuando el árbol aislado o disperso hace parte de un sistema productivo, se incrementa o potencializa su relación directa con el entorno; motivo por el cual, los auto-

res han querido desarrollar el presente documento para denotar esa multifuncionalidad de los individuos vegetales leñosos en contextos rurales y urbanos.

Propósito de la nota de campus. Resaltar la multifuncionalidad de los árboles dispersos y árboles aislados en contextos productivos en áreas rurales y en ambientes urbanos, que conduzca a una correcta interpretación de los entornos ecosistémicos y a la inclusión de los árboles en el diseño de sistemas de producción.

Metodología. El presente documento se basa en el análisis de fuentes de documentales provenientes de instituciones educativas, académicas, entidades de carácter gubernamental e investigativa, empresas del sector privado y otros medios digitales, que han llevado a cabo publicaciones específicas o emitida normatividad, relacionada con el uso de los árboles dispersos y árboles aislados en distintos escenarios productivos a nivel rural y urbano. Los autores han querido reconocer la funcionalidad de los árboles en distintas categorías, según el contexto donde se presenten, para una mejor comprensión de la temática.

Cursos de formación. El documento ha sido realizado para que pueda hacer parte de los soportes bibliográficos para los cursos de introducción a la tecnología en manejo y comercialización Agroforestal, Introducción a la Ingeniería

Agroforestal y Agroforestería con cultivos anuales y perennes.

Conclusiones. Las funciones generales de los árboles que comprenden una amplia gama, desde ser corresponsables de la regulación hídrica, el control de erosión, el ciclaje de nutrientes, propiciar microclimas, producción de materias primas (productos maderables y no maderables), la conservación de la biodiversidad, el ser sumideros de carbono y la producción de oxígeno, entre otras, denota un análisis de mayor rigurosidad cuando el árbol hace parte esencial

del paisaje y de la estructura productiva rural y urbana. Así las cosas, los árboles dispersos y aislados manejados de forma adecuada y como constituyentes esenciales de un sistema, propician el incremento de la productividad, pero también de las condiciones ambientales que mejoran considerablemente el bienestar humano y la conectividad ecosistémica de una región determinada.

Palabras clave: Bienes y servicios ecosistémicos; ciudad; fragmentación; paisaje; sistema productivo.

INTRODUCCIÓN

Los árboles dispersos y árboles aislados reconocidos como aquellos individuos vegetales de carácter leñoso, producto de procesos naturales de regeneración o de siembra directa por parte de ser humano, han acompañado el desarrollo de procesos productivos rurales (sistemas agrícolas, ganaderos y forestales), a la par que hacen parte de los paisajes en centros poblados (FAO, 2010 citado por Korol et al., 2021). Su presencia en un contexto determinado, más allá de un producto del azar o de la intencionalidad de una comunidad, conlleva beneficios de diversa índole a niveles socio ecosistémicos (Ojeda et al., 2003).

A los árboles se les ha otorgado gran relevancia por funciones como ser uno de los principales sumideros de carbono, por su eficiencia en la liberación de oxígeno durante la fotosíntesis, por su aporte en la conservación del equilibrio en el ciclo hidrológico o por servir de hábitat para múltiples especies de avifauna e incluso, de muchas especies vegetales (Reyes et al., 2010). Estas son solo la punta del iceberg de la multifuncionalidad a nivel ecológico que cumple el árbol como individuo disperso o aislado. Sin embargo, cuando el árbol se encuentra inmerso dentro de un sistema productivo de carácter agropecuario o hace parte las calles, parques, antejardines o zonas de ronda en una ciudad, esas funciones se multiplican en tanto tienen que ver con el bienestar de comunidades humanas (Mahecha et al., 2010).

El presente documento pretende llevar al lector a un primer acercamiento sobre las múltiples funciones que cumplen los árboles dispersos y árboles aislados en contextos y escenarios rurales y urbanos. De esta manera, se expone en un primer capítulo, aquellas definiciones básicas sobre la temática y otros conceptos y aspectos relacionados que se encuentran en la normatividad colombiana y en algunos textos de carácter técnico. En el segundo capítulo, se abordan las funciones de los árboles aislados y árboles dispersos tomando como punto de partida el reconocimiento general de sus servicios ambientales y ecosistémicos, para luego profundizar propiamente en la temática, exponiendo ciertas particularidades de los árboles cuando se encuentran inmersos en predios rurales bajo esquemas productivos agrícolas, pecuarios o agroforestales o cuando su presencia hace parte del paisaje en un conglomerado urbano.

Los autores optan por emplear un lenguaje y terminología muy básica, coloquial y sin tecnicismos, con el objetivo de que el documento pueda ser empleado en aquellos cursos iniciales de los programas de la cadena agroforestal de la UNAD, tales como introducción a la tecnología en manejo y comercialización agroforestal, introducción a la ingeniería agroforestal y agroforestería con cultivos anuales y perennes.

1. Revisión conceptual de los árboles aislados y dispersos en sistemas productivos, fincas y centros urbanos

«Un árbol nos recuerda que, para crecer hacia lo alto, hacia lo espiritual, lo abstracto, es necesario estar bien arraigado en la tierra, en lo concreto, en la materia. Es al igual que el ser humano, un ser que une cielo y tierra. Es el portador del fruto acabado, y al mismo tiempo, está en pleno proceso de desarrollo. Nosotros, como seres humanos, somos la máxima expresión de la creación y al mismo tiempo estamos aún en proceso de crecimiento».

(Nietzsche F. *Poema Un Árbol*, citado en Casa Iriarte, 2020)

En términos generales, las personas del común pueden tener una noción básica que les permita comprender el concepto de árboles dispersos y árboles aislados en un escenario rural o urbano. Sin embargo, la revisión de textos técnicos, páginas especializadas, normatividad y artículos científicos es clara en la diferenciación de sus definiciones.

En primer lugar, la normatividad colombiana a través del Decreto 1076 de 2015¹ y el Decreto 1532 de 2019², definen el concepto de árboles aislados con el fin de manejar uniformidad en los criterios de actuación de cada una de las entidades que conforman el Sistema Nacional

Ambiental-SINA. Es así como dentro de sus definiciones, hace distinción entre aquellos individuos arbóreos que se encuentran dentro y fuera de la cobertura de bosque natural como se expone a continuación.

Árboles aislados dentro de la cobertura de bosque natural

Son los árboles ubicados en terrenos de dominio público o en predios de propiedad privada que se encuentren caídos o muertos por causas naturales, o que, por razones de orden fitosanitario debidamente comprobadas, requieran ser talados.

¹ Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

² Decreto 1532 de 2019, por medio del cual, se modifica la Sección 1 del Capítulo 1 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 y se sustituye la Sección 12 del Capítulo 1 del Título 2 de la Parte 2 del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, en relación con las plantaciones forestales.

Árboles aislados fuera de la cobertura de bosque natural

Son los individuos que resulten de regeneración natural, árboles plantados o establecidos y que no son parte de una cobertura de bosque natural o cultivo forestal con fines comerciales.

Figura 1

Árbol solitario en un potrero, luchando por su supervivencia y cumpliendo su funcionalidad ecosistémica



Árbol nativo, como hábitat de las conocidas “barbas de viejo” (*Tillandsia usneoides* (L.) L.). Vereda Los Ejidos. Municipio de Vélez-Santander, Colombia.

Fuente: autores

Ahora bien, en el análisis de la segunda definición se abarcarían varios escenarios en los cuales se podría incluir aquellos árboles aislados, llegando a considerarse su presencia en sistemas productivos (agrícolas o pecuarios), potreros, e incluso daría lugar a entender que se consideran los árboles presentes en espacios urbanos.

Sin embargo, los Decretos mencionados anteriormente, señalan otras definiciones que complementan la comprensión de la incidencia de los árboles en sistemas productivos. Es así, como incluye la definición particular para los árboles empleados como sombrío.

Árboles de sombrío

Son los árboles que acompañan, permanente o temporalmente, el desarrollo de cultivos agrícolas o de pastizales, brindándoles beneficios ambientales, tales como sombrío, prevención de plagas o enfermedades, evitar la erosión, suministro de abonos verdes, entre otros. Estos árboles pueden ser establecidos por el hombre o surgir por regeneración natural. Se ubican de manera dispersa o bajo un arreglo establecido dentro del sistema productivo.

Figura 2

Árboles de sombrío en el sistema agroforestal cafetero



En la fotografía se aprecia la interacción de árboles como sombrío, con especies agrícolas de diferente porte. Finca La Meseta. Municipio San Juan de Rioseco-Cundinamarca, Colombia.

Fuente: autores

De igual manera y considerando que los árboles pueden emplearse alinderrando predios, o protegiendo sistemas productivos de los efectos del viento, es pertinente traer a colación las definiciones de barrera rompevientos y cercas vivas, para poder hacer ciertas diferenciaciones procedimentales frente al papel de las entidades ambientales y entes territoriales.

Barrera rompevientos

Consiste en una o más hileras de árboles y arbustos plantados, en dirección perpendicular al viento dominante y dispuesto de tal forma que lo obligue a elevarse sobre sus copas.

Cercas vivas

Consiste en árboles o arbustos plantados ubicados en los linderos externos o internos de predios, como método de delimitación de los mismos.

Ahora bien, estas dos categorías pueden llegar a considerarse bajo arreglos agroforestales, silvopastoriles e incluso, como cultivos forestales con fines comerciales o plantaciones; por ende, no necesariamente daría lugar a considerarse como árboles aislados, por cuanto conllevaría conceptos y apreciaciones silvícolas relacionadas con la densidad y distancias de plantación (temas que no hacen parte del presente análisis), aunque tampoco se puede excluir totalmente el manejo de árboles aislados en estos tipos de arreglos.

Por otro lado, los espacios urbanos también darían lugar a la presencia de árboles aislados tanto en espacios públicos como privados, ubicándose en diversas zonas como antejardines, andenes, separadores viales, parques, entre otros. No existe como tal, una diferenciación entre la definición de árboles aislados en áreas urbanas frente a los espacios rurales; sin embargo, las autoridades ambientales de los grandes centros urbanos, si realizan un manejo específico para tal fin. La Alcaldía Mayor de Bogotá, a través del Decreto 383 de 2018³, ha definido varios términos relacionados con el arbolado urbano, que, para los efectos del presente documento, se considera oportuno conocer.

Árbol

Planta leñosa con un tronco principal que sostiene un follaje denominado copa, de arquitectura según la especie, cuya altura en estado adulto no sea inferior a tres (3) metros, medidos desde el nivel del suelo.

Arbolado urbano

Conjunto de plantas de las especies correspondientes a los biotipos árbol, arbusto, palma o helecho arborescente, ubicados en suelo urbano.

Arbusto

Vegetal leñoso con ramas desde la base.

³ Decreto 383 de 2018: Por medio del cual se modifica y adiciona el Decreto Distrital 531 de 2010, y se toman otras determinaciones.

Arbolado joven

Ejemplar vegetal plantado con altura superior a 1.5 metros de altura que requiere mantenimiento por un periodo mínimo de tres años para lograr su adaptación.

Cabe anotar que el término de árboles dispersos está más relacionado con la incorporación de los individuos arbóreos en procesos y sistemas productivos de carácter agropecuario, correspondiendo al manejo de la regeneración natural o a la siembra de especímenes forestales con algún propósito específico o incluso considerándose como aquellos árboles que se encuentran “fuera de los bosques” (FAO, 2010 citado por Korol et al., 2021).

Una de las definiciones más comunes, está enfocada a la incorporación de árboles en potreros bajo algún arreglo de sistemas silvopastoriles y es la de los árboles dispersos.

Árboles dispersos

En potrero, son la combinación de árboles y palmas con pastos, establecidos para generar beneficios ambientales y productivos como sombrío, leña, madera y forraje, entre otros. También funcionan como piedras de salto para la biodiversidad (CONTextoGanadero, 2019,p. 1).

El proyecto de ganadería sostenible, que cuenta con la participación de FEDEGAN, como una de las principales entidades, especifica que el manejo de los árboles dispersos bajo el enfoque de sistemas silvopastoriles, requiere y posibilita el manejo de la regeneración na-

tural; aunque en el diseño de sistemas silvopastoriles con árboles dispersos, también se aborda la incorporación de especímenes arbóreos como cercas vivas (Congo Yépez et al., 2018).

La FAO también ha propiciado las investigaciones y divulgaciones en torno a los árboles aislados en potreros, claramente identificados en sistemas silvopastoriles. Autores como Ojeda et al. (2003), han definido los árboles dispersos en potreros de la siguiente manera:

Aquel sistema en el cual, los árboles y/o arbustos se encuentran distribuidos al azar dentro de las áreas de pastoreo. Generalmente, la función de los árboles y/o arbustos en este sistema es la de proveer sombra al animal en días calurosos, o refugio en días lluviosos. Además, pueden generar otros productos tales como forraje, leña, frutos, semillas y servicios ecosistémicos como fijación de nitrógeno, aporte de materia orgánica y protección de la biodiversidad (p. 21).

Ahora, los árboles dispersos también hacen parte del paisaje en los sistemas productivos agrícolas, pudiendo provenir del manejo de la regeneración natural o siendo plantados con alguna intencionalidad específica (Harvey, 1999). En los sistemas agrosilvícolas ha sido tradicional el empleo de árboles dispersos en interacciones con cultivos de reconocimiento como el café y el maíz, aunque pueden emplearse en cultivos anuales y semiperennes con gran facilidad. Llegan a hacer parte de los tradicionales huertos caseros e incluso, se han podido identificar diferentes estratos arbóreos (alto, medio y bajo) generados con su in-

serción en los sistemas agrícolas y agrosilvícolas (Guapucal, 2013).

El concepto de árboles remanentes, también está muy relacionado a los conceptos previamente mencionados como árboles aislados y dispersos. Este hace alusión al árbol ubicado en clases diamétricas superiores al diámetro mínimo de corta, que luego de la estimación de la intensidad de corta no fue incluido en el plan de corta anual como árbol aprovechable, ni corresponde a un árbol semillero (CONAP, s.f.).

La expresión “árboles fuera del bosque” surgida en 1995, está definida por FAO (2002) como árboles en tierras que no pertenecen a la categoría de bosque (o tierras forestales) ni a la de otras tierras boscosas. Incluye además, la presencia de árboles en tierras agrícolas, en tierras con construcciones y en las tierras desnudas (p.1).

La FAO considera que los “árboles fuera del bosque” deben tener ciertas condiciones particulares como: *i*) cuya superficie sea inferior a 0.5 ha; *ii*) los árboles pueden alcanzar in situ, una altura mínima de 5 metros cuando son adultos, aunque el material en pie sea inferior al 5%; *iii*) los árboles no alcanzan in situ 5 metros cuando son adultos, pero su material en pie es inferior al 10% y *iv*) los árboles forman pantallas de abrigo y ripisilvas de menos de 20 metros de anchura y cubren una superficie de 0.5 ha (FAO, 2002).

Figura 3

Árboles remanentes en predio rural



Arboles remanentes de diferentes especies nativas ubicados en predio rural, conservados por el propietario de la finca. Municipio de Cáqueza-Cundinamarca, Colombia.

Fuente: autores

Por su parte, Benítez y Equihua (2021), consideran que estos “árboles fuera del bosque”, tienen varias características, entre ellas se destacan: *i*) pueden ser especies espontáneas o cultivadas, exóticas, domesticadas y seleccionadas por las poblaciones locales; *ii*) poseen funciones de producción (huertos, árboles de campo y otros sistemas agroforestales), funciones de protección (paisajística y ecológica) o fines ornamentales (árboles cercanos a las ciudades, parques o viviendas); *iii*) pueden ser el resultado de una dinámica natural como son los remanentes de bosques primarios y secundarios que pueden llegar al extremo, ser reducidos a árboles aislados; *iv*) pueden estar dispersos sin continuidad, (árboles situados en tierras agrícolas y pastizales), lineal con continuidad (bordes de parcelas, carreteras, canales, a lo largo de cursos de agua, alrededor de lagos, en ciudades), o bien en conjuntos de dimensiones reducidas que presentan

un continuo espacial (árboles agrupados en remanentes de bosques, parques urbanos) y *v*) son un recurso disperso con funciones múltiples, proporcionan numerosos productos y servicios ambientales. Enfrentan muchas amenazas, posiblemente mayores que los del propio bosque.

En términos generales, se puede llegar a señalar que el término de árbol aislado es más general, logrando abarcar aquellos individuos arbóreos que están presentes en el bosque natural, pero también los que están fuera de la cobertura boscosa, no hace alusión específica a la productividad de los árboles en términos agropecuarios, sociales o productivos, pero sí deja entrever que pueden encontrarse en áreas rurales y urbanas.

Por su parte, el concepto de árbol disperso está muy relacionado con el uso

de los individuos arbóreos en sistemas productivos agrícolas, pecuarios, agro-silvícolas y silvopastoriles propiamente dichos. Los dos conceptos permiten inferir que pueden incluirse la regeneración natural, el empleo de especies nativas y exóticas e incluso, la incorporación de árboles en algunos arreglos agroforestales siempre y cuando haya una baja densidad de plantación y distanciamientos de siembra amplios, permitiendo en algún momento, llegar a hacer parte de los árboles empleados como sombrío e incluso como delimitantes de las propiedades.

Los términos de árbol remanente y árboles fuera del bosque, se consideran inmersos dentro de las definiciones de árboles aislados y árboles dispersos; por lo tanto, no se hará alusión particular a su empleabilidad en el presente documento.

2. Funcionalidad de los árboles dispersos y de los árboles aislados

Los árboles conforman el paisaje de los diferentes territorios, contribuyen a regular el clima, suministran alimento, medicinas, forraje para los animales, cobijo, materia prima para la construcción de viviendas y para la elaboración de toda clase de objetos, brindan paz espiritual y han sido vigías de los suelos y del agua (Mahecha Vega et al., 2010, p. 24).

Los árboles dispersos y aislados cumplen diferentes funciones ecosistémicas e incluso de carácter social y de representación simbólica, de acuerdo con el contexto en el que se localicen. De ahí que, aunque se reconocen de manera general ciertas funciones ecológicas de árbol como individuo (captura de CO₂,

generación de oxígeno, hábitat de avifauna, entre otros), la particularidad de su ubicación en escenarios rurales (sean estos sistemas productivos agrícolas o ganaderos) y en escenarios urbanos, conllevará funciones particulares para cada contexto.

Figura 4

El árbol como hábitat de especies de flora y fauna



Nótese cómo las especies leñosas, albergan especies epífitas como las bromelias y orquídeas.
Vereda El Amarillo. Municipio Vélez- Santander, Colombia

Fuente: autores

2.1. Breve contexto de los servicios ecosistémicos generados por los árboles

En primera instancia, el presente documento, quiere abordar ese reconocimiento dado a los árboles por su funcionalidad ecosistémica y ambiental, indiferentemente del lugar y contexto donde se encuentren localizados. Reyes Ávila y Gutiérrez Chaparro (2010), señalan por ejemplo que:

Es importante destacar cuáles son los servicios ambientales que brindan los árboles no sólo para insistir en su cuidado, además, para impulsar medidas que promuevan su función y utilidad en la ciudad porque sin duda, contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la población (p. 98).

Adicionalmente, Reyes Ávila y Gutiérrez Chaparro (2010), reconocen los siguientes servicios ambientales: *i)* captura de carbono; *ii)* regulación de la temperatura; *iii)* provisión de agua en calidad y cantidad; *iv)* generación de oxígeno; *v)* amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales; *vi)* protección y recuperación de suelos (estabilización de taludes); *vii)* barrera contra ruidos (diversos estudios señalan que se logra una disminución del ruido hasta por 10 a 12 decibeles con la plantación estratégica de árboles); *viii)* biodiversidad y *ix)* paisaje y recreación.

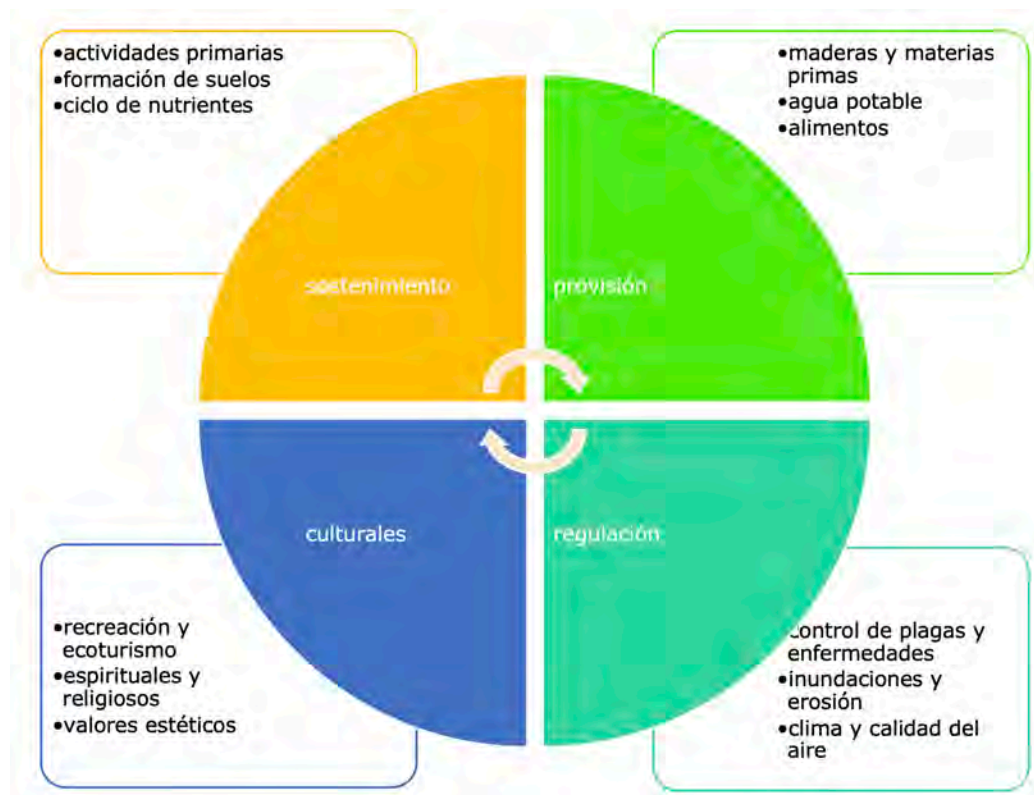
Otros autores como Aguirre et al. (2018), incorporan también el servicio ambiental relacionado con la “belleza escénica”, relacionada con esa funcionalidad de los árboles bajo ciertos aspectos particulares y en un escenario específico, y cuyo criterio puede ser subjetivo, pero igualmente válido.

Estos servicios ecosistémicos tienen a ser de difícil reconocimiento por parte de la población en general, centrándose principalmente en los bienes ambientales que los árboles brindan y que son aprovechados, cuantificados y puestos en un mercado para su comercialización, tales como la madera, los frutos, los forrajes, semillas, resinas, gomas, látex, flores, sustancias medicinales, entre otros, es decir, productos sobre los cuales se puede obtener una estimación precisa de sus precios. Los ingresos generados, conforme a lo estipulado por Aguirre et al. (2018), se prestan de manera más sencilla para los respectivos análisis financieros y económicos.

El Programa Nacional de Pagos por Servicios Ambientales, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, presenta la clasificación y categorización de estos servicios (ver figura 5) y aunque no hace una alusión específica al papel de los árboles aislados y árboles dispersos, sí se puede inferir cómo éstos, poseen una inherencia directa en cada uno de los servicios.

Figura 5

Clasificación de servicios ambientales



Fuente: Adaptado del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (2021).

En muchas ocasiones, las personas solo alcanzan a reconocer las funciones ecosistémicas que prestan los árboles. Tal y como lo afirman Aguirre Padilla et al. (2018), en la medida que los árboles tienen alguna relación estrecha con el servicio ambiental prestado; por lo que se necesitan encaminar acciones de investigación, divulgación y comunicación asertiva, para que las comunidades rurales y urbanas, puedan propiciar un acercamiento mayor con el árbol como individuo, y así lograr mecanismos que permitan su inserción en proyectos productivos y su conservación en el entorno específico en el que se presente.

En los capítulos siguientes, los autores presentan la descripción de la multifun-

cionalidad de los árboles dispersos y árboles aislados, en los escenarios rurales y urbanos; con los cuales, se busca el reconocimiento de su potencial funcional y estructural en los sistemas productivos agropecuarios y en los centros poblados.

2.2. Árboles dispersos y aislados en contextos rurales

“Nosotros jamás conocimos juguetes comprados, juguetes de plástico. Pero conocimos la naturaleza. Nuestra vida fue diferente a la de niños de otras sociedades. Jugamos con la naturaleza. Nuestros abuelos tenían un respeto profundo a la tierra, a los árboles, a los animales”.

Rigoberta Menchú

La presencia de árboles en cultivos agrícolas, en potreros, en huertas caseras, en linderos, en sistemas agrosilvícolas y sistemas silvopastoriles, trae consigo interacciones ecológicas de gran relevancia para los elementos que integran como tal, el sistema productivo. Aunque las condiciones agroecológicas

de los territorios en el país generan comportamientos diferenciales en diseños, trazados, especies empleadas, arreglos y actividades culturales, se presentan ciertos comportamientos de manera general que valen la pena su descripción detallada.

Figura 6

Paisaje demarcado por la presencia de árboles aislados



Municipio Vélez-Santander, Colombia.

Fuente: autores

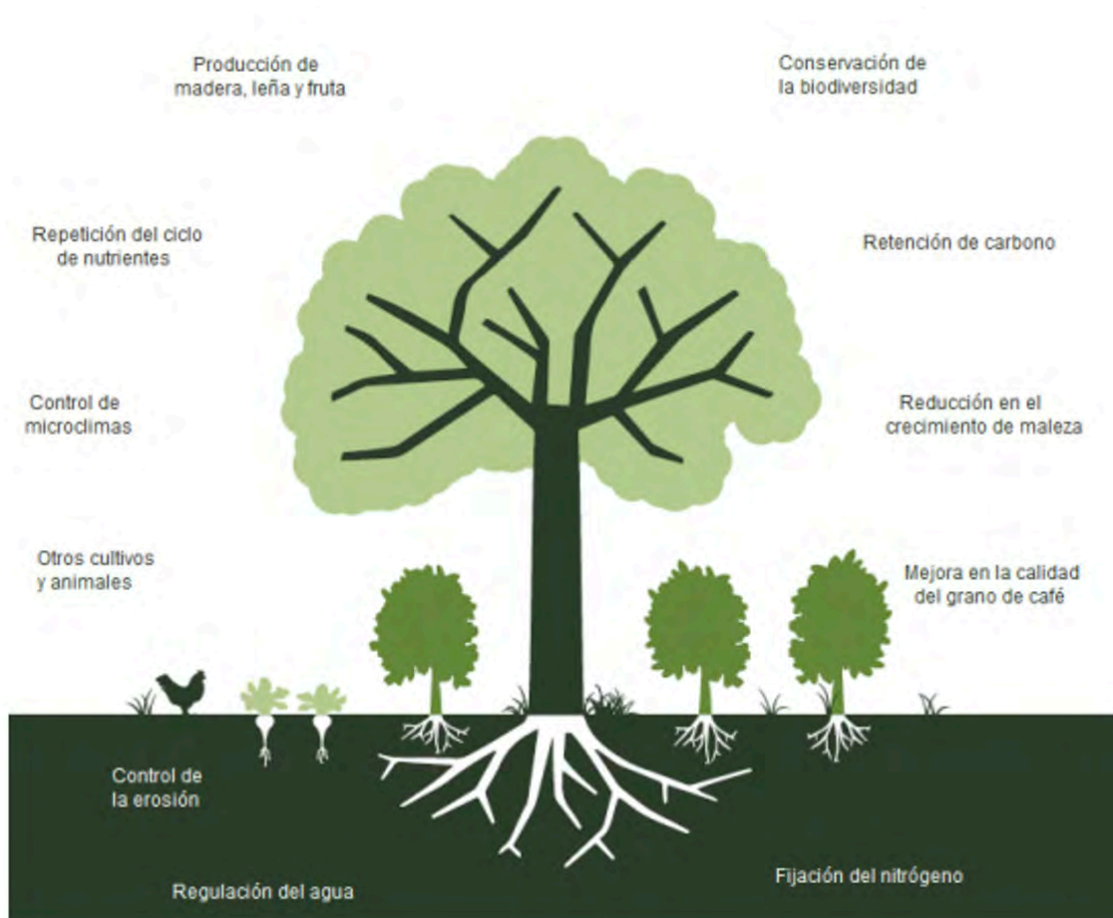
2.2.1. Árboles como generadores de sombrío.

El que a buen árbol se arrima...buena sombra le acobija. El sombrío es de gran importancia en los sistemas productivos agrícolas (agricultura sostenible) y en sistemas silvopastoriles (ver figura 7). Su relevancia está representada inicialmente como agente que puede coadyuvar a la adaptación al cambio climático,

al disminuir la temperatura alrededor de los cultivos, la protección del suelo de fenómenos erosivos y de las lluvias intensas, aunque sus beneficios son mayores; llegándose a convertir en espacios para la preservación de la biodiversidad, control de plagas, aumento de la fertilidad del suelo, la retención de carbono y el aumento de la productividad y rentabilidad (UTZ, 2017).

Figura 7

Funciones de los árboles de sombrío



Fuente: UTZ (2017, p.5).

Existen cultivos agrícolas en los cuales el sombrío ha sido clave para su desarrollo, tales como el café, cacao y el té; el número de árboles por hectárea puede variar considerablemente, llegándose a presentar entre 12 a 144 individuos arbóreos; presentándose diferencias en distanciamientos si la especie que produce sombra, corresponde a árboles maderables o especies leñosas de un menor tamaño (como los cítricos) (UTZ, 2017).

En el caso del cultivo de cacao, Manrique (1988), señala como beneficios del sombrío, los siguientes aspectos: *i*) regu-

lar la temperatura; *ii*) conservar la humedad ambiental; *iii*) moderar el proceso de evapotranspiración; *iv*) proteger el árbol contra los efectos del sol; *v*) favorecer a la planta de la acción de los vientos fuertes; *vi*) reducir el crecimiento y población de malezas; *vii*) proteger el suelo de la erosión; *viii*) regular el proceso fotosintético de la planta; *ix*) generar ingresos adicionales al agricultor.

Figura 8

Árbol empleado como sombrío en una huerta rural



Árbol de la especie Aliso (*Alnus acuminata* Kunth.) empleado en huerta rural para aportar sombra y fijar nitrógeno al suelo. Finca Las Mercedes. Vereda San Benito, Municipio Sibatécundinamarca, Colombia

Fuente: autores

Ahora bien, el comportamiento de los cultivos varía en consideración del nivel de sombra que posean, de ahí que se deben tener presente las condiciones climáticas de la localidad, la ubicación geográfica (latitud y altitud), la disponibilidad de radiación solar y de agua presente en el suelo. Autores como Farfán Valencia y Jaramillo (2009), especifican que:

La calidad y la cantidad de radiación solar afecta el crecimiento y el desarrollo de las plantas, el funcionamiento de los estomas y las respuestas fisiológicas; en el café, la disponibilidad de radiación afecta de forma muy significativa la producción, especialmente si el sistema de producción se hace bajo árboles de sombrío (p.2).

Seguidamente, Farfán Valencia y Jaramillo (2009), mencionan que se debe tener presente las “dos dimensiones de la sombra” entendidas por la intensidad del sombrío (grado, nivel o porcentaje de sombra) y la distribución de la sombra (dependiente de la estructura, arquitectura, forma y desarrollo de las copas de los árboles, distancias de siembra, número de especies y manejo cultural dado a los árboles). Es de señalar que el porcentaje de sombrío para el cultivo también variará según el estado del desarrollo de este; por ejemplo, en el cultivo de café, se puede presentar un “sombrío ralo” en los primeros años de desarrollo del cultivo y un “sombrío denso”, cuando el cultivo tiene un elevado desarrollo.

Figura 9

Los árboles aislados y su función de protección de suelo en pendientes fuertes



Árbol de la especie arrayán (*Calycolpus moritzianus* (O.Berg) Burret), que se desarrolla de forma natural en varios predios rural de la provincia de Vélez-Santander, Colombia.

Fuente: autores

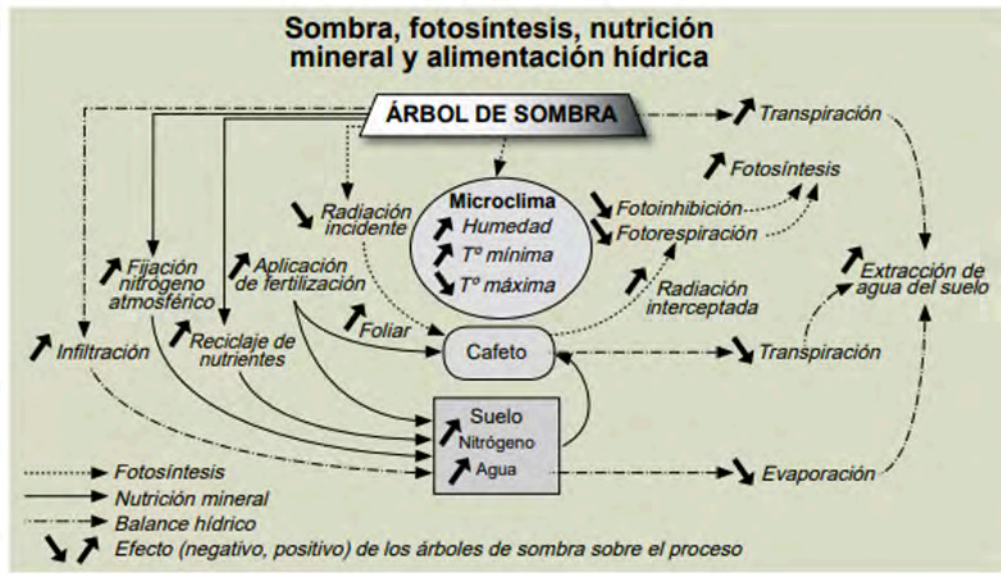
La luminosidad es un factor base para un correcto manejo de un cultivo agrícola, de ahí que puede llegar a ser como un factor limitante en la producción. En el caso de producción de heliconias, mantener un porcentaje de sombra que varía entre el 10 al 25%, conlleva a la obtención de plantas sanas y de buena tonalidad en su color. Una variación en el porcentaje de sombra (sea por exceso o por defecto), llevará a formaciones no deseadas en inflorescencias y crecimiento vegetativo (Sánchez Arenas, 2008).

El empleo de árboles como sombrío no debe ser una acción fortuita y aislada,

o un simple producto del azar ocasionada por un crecimiento de individuos vegetales de carácter leñoso producto de la regeneración natural. Debe considerar criterios técnicos basados en el análisis de información relacionada con la radiación fotosintética activa⁴, el brillo solar⁵, la nubosidad⁶ de la zona y la disponibilidad de agua en el suelo (ver figura 10). Diseños e implementaciones de sistemas agrosilvícolas manteniendo trazados y especies similares, pero en condiciones agroclimáticas diferentes, puede conllevar a obtener producciones muy disímiles.

Figura 10

Efectos de los árboles de sombra sobre la fotosíntesis, el balance hídrico y la nutrición mineral del café



Fuente: Montagnini (2015, p. 10).

⁴ Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA): Es la franja del espectro electromagnético utilizada para los procesos de la fotosíntesis (400 a 700 nm) y es un rango muy próximo a la radiación visible (luz)

⁵ Brillo solar: tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer

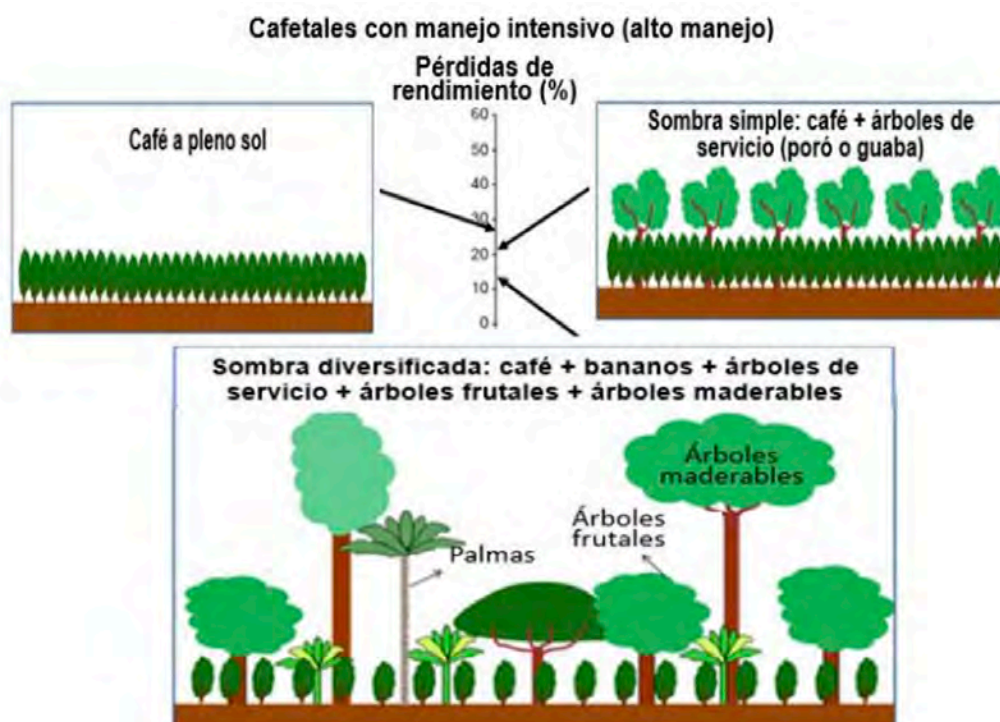
⁶ La nubosidad está determinada por la presencia de la Zona de Confluencia Intertropical y por los movimientos locales de las masas de aire que se originan dentro de las montañas, denominadas circulaciones valle - montaña - valle.

No cabe duda que los árboles empleados como sombrío en cultivos agrícolas, poseen un efecto benéfico para el control de microclimas, el ciclaje de nutrientes, el aporte de materia orgánica al suelo, la preservación de humedad en épocas secas, la regulación hídrica e incluso, la

reducción de ataques de plagas y enfermedades en cultivos (ver figura 11). Sin embargo, un exceso de sombrío, puede conllevar a un efecto contrario a lo buscado con su incorporación, llegando a afectar negativamente la producción de los cultivos.

Figura 11

Efecto de los árboles de sombra sobre la pérdida de rendimiento en comparación con pleno sol, en cafetales con alto manejo



Fuente: Villarreyña Acuña (2016, p. 11).

La UTZ, recomienda que para los cultivos de cacao y café, se deben sembrar árboles con sistemas de raíces profun-

das que interfieran en menor grado, con cultivos agrícolas respecto a los nutrientes y el agua subterránea (ver tablas 1,2).

►Tabla 1

Especies recomendadas para sombrío de cacao

Arboles de sombrío para cacao	Instituciones que recomiendan
<i>Acacia Mangium</i> Willd.	Le Conseil du Café-Cacao
	FEDECACAO
<i>Albizia spp.</i>	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Albizia Coriaria</i> Oliv.	CRIG
<i>Alstonia Boonei</i> De Wild.	Le Conseil du Café-Cacao
	CRIG
<i>Cedrela odorata</i> L.	Universität Hamburg
	FEDECACAO
<i>Cocos nucifera</i> L.	University of Gent
	Cocoa Research Institute of Ghana, Le Conseil du Café-
	Cacao, FEDECACAO, INIAP

Fuente: Adaptado de UTZ (2017, p. 8).

►Tabla 1

Continuación

Arboles de sombrío para cacao	Instituciones que recomiendan
<i>Citrus spp.</i>	INIAP
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	CATIE, FEDECACAO, INIAP
<i>Dacryodes edulis</i> (G.Don) H.J.Lam	Le Conseil du Café-Cacao
	IITA, CIFOR
<i>Durio spp.</i>	University of Gent
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Le Conseil du Café-Cacao
	Universität Hamburg
<i>Entandrophragma angolense</i> (Welw.) C.DC.	Le Conseil du Café-Cacao Forest research Institute of
	Ghana, CRIG
<i>Entandrophragma utile</i> (Dawe & Sprague) Sprague	
<i>Erythrina fusca</i> Lour.	University of Gent CATIE FEDECACAO
<i>Erythrina spp.</i>	
<i>Erythrina glauca</i> Willd.	
<i>Funtumia Elastica</i> (Preuss) Stapf	Le Conseil du Café-Cacao
	CRIG

Arboles de sombrío para cacao	Instituciones que recomiendan
<i>Garcinia spp.</i>	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	University of Gent
<i>Gliricidia spp.</i>	German Research Foundation CATIE, FEDECACAO
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	Le Conseil du Café-Cacao FEDECACAO
<i>Inga edulis</i> Mart.	Universität Hamburg CATIE, INIAP
<i>Irvingia spp.</i>	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Khaya anthotheca</i> (Welw.) C.DC.	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Khaya grandifoliola</i> C.DC. <i>Khaya ivorensis</i> A.Chev.	Forest research Institute of Ghana, CRIG
<i>Mangifera indica</i> L.	IITA, CIFOR
<i>Milicia excelsa</i> (Welw.) C.C.Berg	CRIG
<i>Musa spp.</i>	Le Conseil du Café-Cacao Universität Hamburg
<i>Musa x paradisiaca</i> L.	CIRAD, CATIE, FEDECACAO
<i>Musa x sapientum</i> L.	
<i>Parkia speciosa</i> Hassk.	University of Gent; CRIG

Fuente: Adaptado de UTZ (2017, p. 8).

► Tabla 1

Continuación

Arboles de sombrío para cacao	Instituciones que recomiendan
<i>Persea americana</i> Mill.	IITA, CIFOR, , Forest research Institute of Ghana,
<i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwen	FEDECACAO
<i>Peltophorum pterocarpum</i>	University of Gent
<i>Petersanthus macrocarpa</i>	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Psidium quayava</i> L.	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Pycnanthus angolensis</i> (Welw.) Warb.	CRIG
<i>Riconodendron heudelotti</i>	Le Conseil du Café-Cacao
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) Bertero ex A.DC.	CATIE
<i>Terminalia superba</i> Engl. & Diels	Le Conseil du Café-Cacao IITA, CIFOR, STCP, AVRDC, RCA, CATIE, CRIG
<i>Terminalia ivorensis</i> A.Chev.	

Arboles de sombrío para cacao	Instituciones que recomiendan
<i>Tieghemella africana</i> Pierre	Le Conseil du Café-Cacao CRIG
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A.Rich.	Le Conseil du Café-Cacao

Fuente: Adaptado de UTZ (2017, p. 8).

►Tabla 2

Especies recomendadas para sombrío en sistemas agroforestales cafeteros

Arboles de sombrío para Café	Instituciones que recomiendan
<i>Arecaceae</i>	Wageningen University
<i>Albizzia</i>	Wageningen University
<i>Bignoniaceae</i>	Wageningen University
<i>Calathea</i>	CATIE
<i>Calliandra spp.</i>	Smithsonian Migratory Bird Center
<i>Cariniana legales</i> (Mart.) Kuntze	Incaper
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.	Wageningen University FAPEMIG
<i>Chamaedorea cataractarum</i> Mart.	CATIE
<i>Citrus spp.</i>	International Center for Tropical Agriculture (CIAT)
<i>Chrysophyllum Mexicanum</i> Brandegees	CATIE
<i>Dalbergia latifolia</i> Roxb.	Smithsonian Migratory Bird Center

Fuente: Adaptado de UTZ (2017, p. 9).

►Tabla 2

Continuación

Arboles de sombrío para Café	Instituciones que recomiendan
<i>Erythrina</i>	Wageningen University Smithsonian Migratory Bird Center
<i>Erythrina subumbrans</i> <i>Erythrina peopiggiana</i>	CATIE
<i>Eugenia Uniflora</i>	FAPEMIG
<i>Euphorbiaceae</i>	Wageningen University
<i>Ficus spp.</i>	International Center for
<i>Ficus thonningii</i>	Tropical Agriculture (CIAT)
<i>Grevillea robusta</i>	Wageningen University

Arboles de sombrío para Café	Instituciones que recomiendan
<i>Glyricidia sepium</i>	Wageningen University Smithsonian Migratory Bird
<i>Glyricidia maculata</i>	Center
<i>Heliocarpus Donell-smithi</i>	CATIE
<i>Inga spp</i>	Wageningen University International Center for
<i>Inga Latibracteata</i> Harms.	Tropical Agriculture (CIAT)
<i>Leucaena spp.</i>	Wageningen University and
	Research Centre
<i>Licania tomentosa</i>	FAPEMIG
<i>Lippia myriocephala</i> Schltidl. & Cham.	CATIE
<i>Musa x Sapientum</i> L.	Wageningen University International Center for
	Tropical Agriculture (CIAT)
<i>Myrtaceae</i>	Wageningen Universtiy
<i>Persea americana</i> Mill.	CIRAD/ICIPE Kenya

Fuente: Adaptado de UTZ (2017, p. 9).

El empleo de árboles dispersos en potreros genera un efecto que impacta positivamente a las especies pecuarias. El ganado vacuno, por ejemplo, requiere de sombra para protegerse de los rayos solares durante las horas más calurosas. Así mismo, se pueden diseñar los sitios para dar las raciones, sales y bebidas, en consideración de la presencia de árboles aislados; optimizando así, costos de traslado, pisoteo de pasturas y uso racional del recurso hídrico (CONTextogadero, 2015).

Otra de las grandes ventajas del empleo de sombra de árboles dispersos, consiste en la disminución del impacto causado por la presencia de los animales en un solo sitio y su posterior generación de “calvas” y deterioro de suelo. La ubicación de estos árboles en el potrero puede darse alrededor de los linderos

o en rodales, dentro de los espacios o parcelas ganaderas, teniendo en consideración aspectos ecológicos relacionados con las especies adecuadas, tasas de crecimiento y su uso (como forraje o insumo para leña) (Cipagauta Hernández, 1997).

El Proyecto de Ganadería Sostenible, que cuenta con la participación de FEDEGAN, como una de las principales entidades, especifica que el manejo de los árboles dispersos bajo el enfoque de sistemas silvopastoriles requiere y posibilita el manejo de la regeneración natural, trayendo consigo ciertos aspectos silvícolas a considerar como corresponden a: *i*) la selección de árboles y arbustos; *ii*) la eliminación de individuos no deseados; *iii*) la protección de árboles jóvenes; *iv*) en control de arvenses; *v*) la realización de podas de formación; *vi*) el

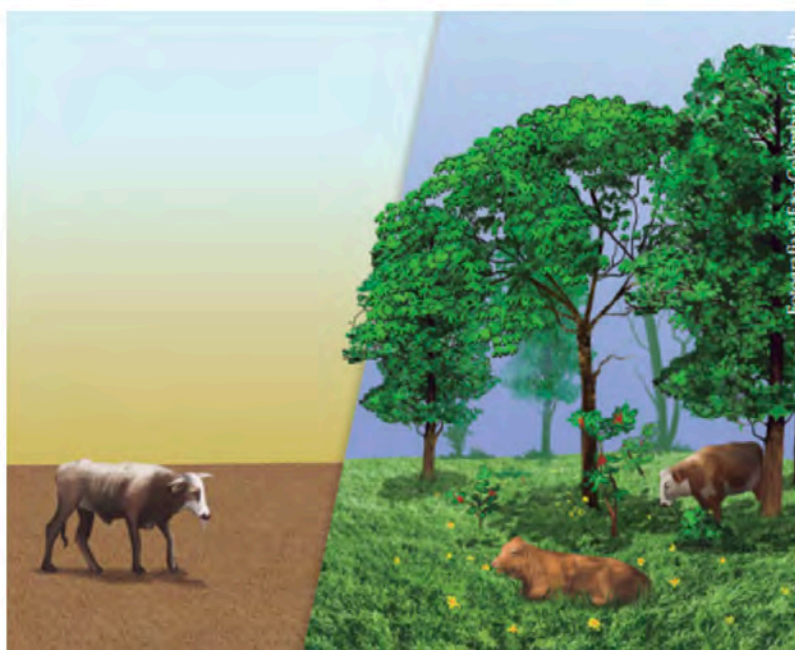
control del sobrepastoreo y *vii*) la siembra de pastos propiamente dicha.

En el diseño de sistemas silvopastoriles con árboles dispersos, también se aborda la incorporación de especímenes arbóreos como cercas vivas (Congo

Yépez et al., 2018), propiciando espacios para la conservación de la agrobiodiversidad, la conformación de corredores biológicos, la conectividad con relictos boscosos, entre otros servicios ecosistémicos y ambientales.

Figura 12

Diferencias del confort animal bajo un modelo de ganadería convencional vs sistemas silvopastoriles



Fuente: FAO-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015, p. 13).

Cabe señalar que el arreglo específico del sistema silvopastoril (ver tabla 3), dependerá de varios aspectos, entre ellos las condiciones agroecológicas de la región y por ende el número de árboles y las distancias y densidades de siembra de los árboles podrá variar considerablemente, pudiendo llegar

a encontrarse sistemas silvopastoriles que incorporan entre 1 a 50 árboles por hectárea, garantizando así, el bienestar animal y ofreciendo un óptimo funcionamiento fisiológico para sus procesos de alimentación, reproducción y producción (FAO-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2015).

►Tabla 3

Ejemplo de especies para diseño de sistemas silvopastoriles

Estrato	Nombre común	Nombre científico
Porte arbóreo	Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i> Miers
	Cachicamo	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess
	Cuyubí	<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.
Porte arbustivo	Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A.Gray
	Fleminga	<i>Flemingia macrophylla</i> (Willd.) Merr.
Pastos	Dallis, amargo	<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf
	Pasto dulce	<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.
	Llanero	<i>Brachiaria dictyoneura</i> (Fig. & De Not.) Stapf

Fuente: Adaptado de FAO-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2015,p. 40).

2.2.2. Árboles y hombres, por sus frutos se conocen (Aporte a la calidad nutricional en sistemas productivos de los árboles dispersos y aislados).

El individuo arbóreo en el marco de un sistema productivo (sea este un sistema agrosilvícola, un sistema silvo-

pastoril, una huerta o haciendo parte de cualquier otro arreglo agroforestal en un predio rural), puede hacer parte de la dieta alimenticia para las especies pecuarias y fauna silvestre, para la comunidad humana e incluso aportar en el mismo reciclaje de nutrientes en el suelo, beneficiando las plantas a su alrededor.

■ Figura 13

Árboles aislados inmersos en un sistema silvopastoril



Árboles de especies nativas y exóticas inmersos en un sistema silvopastoril en la vereda El Amarillo. Municipio de Vélez-Santander, Colombia. Fotografía tomada por Díaz Téllez (2022).

Los árboles dispersos enmarcados en sistemas silvopastoriles, de acuerdo con lo que señala Congo Yépez et al. (2018), pueden aportar forraje y frutos para ser consumidos por especies pecuarias de tal manera que:

Contribuyen con al mejoramiento de la calidad nutritiva y al rendimiento de forraje en base seca cuando la pastura está asociada a árboles frutales de guayaba (*Psidium guajaba* L.) como sombra y arbustos forrajeros (*Leucaena leucocephala* Lam.) para ramoneo (p.65).

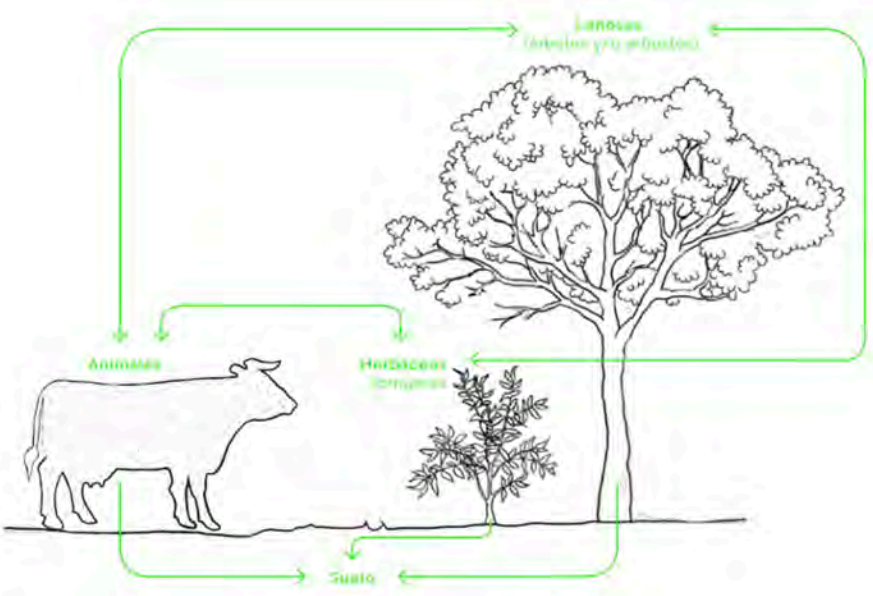
Ahora bien, el aporte en el bloque nutricional de las especies pecuarias por parte de los árboles, no debe entenderse como un hecho aislado, sino que debe corresponder a una correcta planificación de las actividades propias de la finca y del manejo correcto de los potreros. Es allí precisamente, cuando la intencio-

nalidad de la presencia de una o varias especies determinadas juegan un papel importante para la producción de alimento, pero también en el mejoramiento de las condiciones de suelo, el incremento en la producción de pasto y, por ende, en el bienestar animal.

Aunque el presente documento no pretende hacer una descripción detallada sobre el diseño de sistemas silvopastoriles, si es necesario que se tenga en cuenta el tipo de pastoreo que se presenta en la zona que se esté evaluando, para lograr comprender mejor cómo el conjunto de árboles dispersos va a contribuir de manera sustancial frente a la calidad nutritiva aportada a las especies pecuarias. De esta manera, las prácticas de pastoreo continuo o de pastoreo alterno, determinarán unas condiciones cambiantes para los árboles presentes en el potrero.

Figura 14

Esquema de las interacciones en un sistema silvopastoril



Fuente: Navas (2016, p. 40).

Está claro que los árboles dispersos o aislados pueden aportar forraje y frutos a los animales presentes en el potrero (o la finca como unidad productiva), pero cuando se analizan bajo un enfoque agroforestal y un diseño silvopastoril específico, haciendo parte de una cerca o incluso logrando desarrollar sistema multiestrato, manejándose especies forrajeras de porte medio y bajo alrededor de los árboles, implicará un mejoramiento de las condiciones de bienestar animal (ver figura 6), pudiendo lograr mayores aportes nutricionales en el bloque alimenticio del forraje. Cabe anotar que se deben tener presente los periodos de recuperación tanto de árboles, arbustos y pasturas propiamente dicha, para garantizar el éxito del sistema (Navas, 2016).

Esta interacción de los árboles en potreros (sean totalmente aislados o bajo algún arreglo silvopastoril), puede permitir la incorporación de especies vegetales para la alimentación de la familia (fríjoles, yuca, maíz, etc.), así como la combinación con cultivos forrajeros proteicos y energéticos (como pueden corresponder a pasto de corte y caña de azúcar), posibilitando la presencia de alimento constantemente en el año, independientemente si hay épocas de sequía o de lluvias (Suárez et al., 2018).

Por otro lado, los árboles dispersos y aislados también influyen de manera directa en las propiedades físicas y químicas de los suelos. Es reconocido el papel de las especies leguminosas y del aliso, como fijadoras de nitrógeno, dadas sus asociaciones simbióticas con microorganismos fijadores de nitrógeno de los géneros *Rhizobium* y *Frankia*, respectivamente. Sin embargo, estas condicio-

nes van mucho más allá, posibilitando el mejoramiento la estructura del suelo para garantizar la absorción del agua, la asimilación de nutrientes, la recuperación de áreas degradadas e incluso su empleo en áreas con condiciones de salinidad, acidez, metales pesados, sequía, compactación y deficiencia nutricional. Es de reconocer el papel fundamental de los árboles en los procesos de reciclaje de materia orgánica y nutrientes a través de la descomposición de materia orgánica (Ferrari y Wall, 2004).

La presencia de árboles dispersos en cultivos agrícolas proporciona elementos fundamentales para favorecer una baja evaporación del suelo, la conservación de mayores cantidades de hojarasca y ramas en el suelo, el aumento de la cantidad de carbono en el suelo y su incremento en las tasas de intercambio catiónico (Villarreyna Acuña, 2016).

Además de los elementos mencionados hasta aquí, los árboles dispersos contribuyen directa e indirectamente en la fertilidad del suelo mediante los siguientes aspectos relevantes: *i*) reducción de la erodabilidad del suelo por el impacto de las gotas de lluvia, siendo la copa y la hojarasca las responsables de esta acción; *ii*) conservación de suelos en zonas de pendiente, más si los árboles están presentes en filas paralelas a las curvas de nivel; *iii*) el sistema radicular de los árboles propicia un anclado adecuado del suelo, estabilizando este recurso y favoreciéndolo de agentes erosivos como el viento y el agua; *iv*) propician la rehabilitación de suelos que ha sido degradados por la compactación, por el deterioro de la estructura del suelo ocasionado por prácticas de labranza

y el intenso pisoteo y sobrepastoreo; *v*) mantienen el buen drenaje en el suelo y se eliminan las altas tasas de evapotranspiración; *vi*) el mantillo, la hojarasca y el abono verde, mejoran la fertilidad de los suelos pobres; en algunos casos, la liberación de nutrientes está en sincronía con la demanda del cultivo agrícola; *vii*) aumento de la mineralización bajo la sombra de los árboles y de la descomposición de la materia orgánica; *viii*) se regula el balance de macroelementos fundamentales como el nitrógeno y *ix*) el sistema radicular de los árboles, al estar a mayor profundidad que el de los cultivos agrícolas, provoca una mayor tasa de reciclaje de nutrientes, evitando su lixiviación (Ferrari y Wall, 2004).

La dinámica de la fauna en el suelo (micro y macrofauna), también se incrementa con la presencia de árboles como sombrío, su aporte en hojarasca favorece las actividades de descomposición de materia orgánica, afecta la estructura del suelo, fomenta el crecimiento de las raíces y la ventilación del suelo (Villarreyna Acuña, 2016).

2.2.3. "Junto al agua cuando puedas, pon extensas arboledas" (aporte a la estructura ecológica de los árboles dispersos y aislados).

En este sentido, León Alfaro (2019), señala lo siguiente:

Las zonas rurales están expuestas a procesos de fragmentación de bosques debido al desarrollo de actividades agropecuarias ambientalmente no sostenibles", de ahí surge como tal, la importancia de la implementación de árboles inmersos

en un diseño, manejo y correcta evaluación silvicultural en los sistemas productivos (agrícolas, ganaderos y forestales) (p. 105).

Una de las funciones de los árboles dispersos y de los árboles aislados más representativas, está configurada por el aporte frente a la conservación de la biodiversidad (o agrobiodiversidad), el establecimiento de corredores biológicos, redes estructurales (Congo Yépez et al., 2018) y la provisión de servicios ecosistémicos (muchos de ellos intangibles para las personas del común). En la literatura especializada, también se puede encontrar el concepto de árbol núcleo (haciendo referencia a árboles dispersos con ciertas características particulares), que ocupa un papel importante frente al esquema conservacionista, que propicia la conectividad ecológica y la conformación de la estructura ecológica. Juárez García y Saragos Méndez (2019), lo definen como:

Aquellos individuos de especies arbóreas más o menos aislados en los potreros y que facilitan la regeneración de la vegetación bajo su copa. Estos árboles atraen fauna dispersora de semillas y ofrecen condiciones microambientales propicias para la germinación y establecimiento de plántulas de especies arbóreas. Este mecanismo de facilitación puede ser usado como instrumento para la recuperación de la vegetación en suelos agropecuarios (p. 36).

Estos árboles núcleo tienen ciertas particularidades que valen la pena señalar: *i*) son árboles que, por su estructura y porte, son atractivos para la fauna, siendo empleados como sitio de anidamiento

to, refugio y alimentación; *ii*) sirven de “sombrija” para propiciar la germinación de semillas de otras especies, además de generar procesos de regeneración natural en zonas que se han dejado al descanso o han sido abandonadas; *iii*) los árboles de mayor altura y tamaño de copa tienen mayor visibilidad y espacio para los dispersores; también permiten el establecimiento de un mayor número de plántulas (Toh et al. 1999, Duarte et al. 2010, citado por Juárez García y Saragos Méndez, 2019).

Como se ha mencionado anteriormente, el papel de los árboles dispersos no debe entenderse y analizarse de forma individual, sino en un conjunto de individuos vegetales arbóreos en una unidad de área y frente al entorno natural que lo rodea. Es así cuando tiene sentido el señalar la contribución a la conservación de biodiversidad; por ejemplo, cuando se analiza el conjunto de especies presentes en un potrero, en un cultivo agrícola o en un sistema agroforestal propiamente dicho, discriminando número de especies forestales, porcentajes de cobertura, densidades, dominancia y otros índices de biodiversidad, que permiten determinar lo diverso de una zona investigada.

Las investigaciones consultadas presentan resultados tan diversos, como lo constituyen las áreas geográficas, los sistemas productivos, las ecorregiones y metodologías empleadas; sin embargo, hay un elemento común, que vale la pena mencionar, y está relacionado al papel que cumplen los árboles dispersos y los árboles aislados en la conformación de corredores bioló-

gicos que permiten la conectividad de las áreas boscosas fragmentadas (Ruiz Osorio et al., 2012). Al respecto, autores como Gutiérrez et al. (2012) señalan que los árboles dispersos en potreros permiten conservar la diversidad animal al proporcionar refugio, sitios de descanso, anidación y alimento, además de contribuir con la conectividad del paisaje (p. 32).

La incorporación de árboles en sistemas productivos como pueden corresponder a los sistemas silvopastoriles otorga conectividad entre los ecosistemas naturales y son refugio para una cantidad superior de especies que los sistemas de pasturas convencionales (Pagiola et al. 2004, citado por Ramírez Sandoval, 2007).

Figura 15

Conjunto de árboles dispersos empleados como lindero de un predio rural



Árboles nativos (entre ellos, individuos arbóreos de la especie roble (*Quercus humboldtii*), empleados como linderos en la Finca Las Mercedes. Vereda San Benito–Sibaté, Cundinamarca, Colombia.

Fuente: autores

Así mismo, las estrategias de conservación (vistas desde la integralidad y no solo centrándose en los fragmentos bos-

cosos), conllevan al análisis desde una ecología del paisaje, donde los bosques (fragmentados o no) y los hábitats modificados por las actividades antrópicas, permiten el establecimiento de estrategias útiles para la gestión de la conservación (León Alfaro, 2019).

El papel de los árboles dispersos está directamente relacionado con las especies de fauna silvestre analizadas, llegando a determinar la perturbación, la fragilidad y la fragmentación de los ecosistemas. Las aves frugívoras o migratorias, por ejemplo, son sensibles a las alteraciones, y pueden ser estudiadas como bioindicadoras (Ruiz Osorio et al., 2012).

Algunas especies de aves emplean a los árboles dispersos como “piedras de salto” o “trampolines” entre los fragmentos boscosos, refugiándose temporalmente en sus copas. También estos árboles dispersos pueden suministrar alimento para la fauna, como es el caso del guatín que se alimenta de la semilla del árbol de la cruz (*Brownea ariza* Benth.) o de los perezosos que emplean la copa de esta misma especie para la obtención de alimento, refugio y protección a lo largo del año (incluso en época seca, ya que es una especie perenne) (Espinoza y López, 2019).

Desde otra perspectiva, es de gran importancia resaltar el papel preponderante que juegan las comunidades locales en el reconocimiento de la funcionalidad ecosistémica de los árboles dispersos y aislados, así como de la fauna silvestre presente en las diversas zo-

nas, porque permitirán la efectividad de las estrategias de conservación. Ese reconocimiento ecológico local, “producto de la acumulación de experiencias y de relaciones sociales y culturales de la población” con su entorno, es esencial para el impulso de sistemas agrodiversos (Ramírez Sandoval, 2007).

2.3. Árboles aislados en contextos urbanos

“Vale más una tierra con árboles en los montes que un Estado con oro en los bancos.”
Alfonso Daniel Rodríguez Castelaio

Actualmente, viven más personas en ciudades y pueblos que en áreas rurales y cada vez son más las personas que eligen vivir en estos contextos, por lo tanto, los espacios verdes son una parte vital de cualquier conglomerado urbano (Sieghardt et al., 2005). Los mismos autores plantean que los usos más frecuentes del árbol urbano se encuentran en jardines, separadores de vías, plazas y bosques remanentes. Estos usos han sido característicos del diseño urbano y la arquitectura paisajística desde hace varios siglos (Arnold, 1980, citado por Ely, 2020). De manera general, las evidencias actuales respaldan la idea de que el arbolado urbano contribuye con el enfriamiento local, la captación y absorción de aguas lluvias y beneficios en la salud de los residentes locales (Pataki et al., 2021). En el mismo sentido, otros autores manifiestan que la proximidad a la vegetación urbana incrementa el valor de las propiedades (Sander et al., 2010).

Figura 16

El árbol como prestador de servicios ambientales



Institución Educativa Chiloé. Soacha "Ciudad Verde". Cundinamarca, Colombia

Fuente: autores

Para Lawrence (1995), los árboles cumplen tres roles en el paisaje urbano, ser un elemento natural en un ambiente artificializado, ser un objeto estético y ser un objeto social. Lawrence describe estos roles así: Como elemento natural, el árbol está sujeto a las condiciones ambientales de su entorno pero a la vez incide en él, a la vez que representa una conexión del ser humano con la naturaleza; desde lo estético, anima o enriquece paisajes urbanos monótonos por sus variadas formas, texturas, colores, fragancias y movimientos; desde lo social, el árbol urbano responde a patrones sociales de poder y cultura en tanto los espacios donde se encuentran son una construcción social.

Figura 17

Árbol como elemento natural en ambiente artificializado



Institución Educativa Chiloé. Soacha "Ciudad Verde". Cundinamarca, Colombia

Fuente: autores

Con relación a la función social del árbol urbano, Restrepo et al. (2015), manifiestan que ésta se encuentra referida por

una parte, a la posibilidad que ofrecen de espaciamento, distensión, encuentro, recreación y conexión intraurbana, como parte de los sistemas de espacios públicos, que se relacionan con el mejoramiento de la calidad de vida; y por otra, una mayor diversidad paisajística que se traduce en diversidad de opciones de uso para usuarios y preferencias distintas.

Desde una perspectiva ornamental, el árbol urbano debe participar de la composición paisajística y estética de los diferentes espacios de la ciudad. Es decir, que cobran importancia aspectos individuales como la floración, el follaje, la silueta, el color, el tamaño, la textura, entre otros; sin dejar de lado las funciones que cumplen en su conjunto todos los árboles (Restrepo et al., 2015).

Figura 18

Árboles empleados en paisajismo urbano



Soacha "Ciudad Verde". Cundinamarca, Colombia

Fuente: autores

Detallando un poco más los beneficios del árbol urbano con relación a la regulación del clima en la ciudad, se considera que estos sirven como filtros naturales al amortiguar los vientos y retener parte de la lluvia, mejorando el proceso de infiltración y disminuyendo los riesgos de inundaciones. La temperatura es otro de los factores climáticos que se ven influenciados por la presencia del árbol urbano. Al respecto, Pérez y Talavera (2008), afirman que su presencia amortigua los rayos solares, reduce los efectos de la "isla de calor", por cuanto se produce sombra y confort térmico en pasos peatonales, edificios, lugares de estar, a la vez que se regula la humedad ambiental.

En la misma publicación, Pérez y Talavera reconocen que el árbol urbano desempeña una función importante en relación con la calidad del aire al retener polvo y contaminantes en la superficie foliar. Por su parte, Restrepo et al (2015), consideran importante la función de amortiguación del ruido al disminuir las consecuencias de la velocidad de los vehículos, absorber parte del ruido y matizar el impacto visual en los sitios con alta densidad de edificaciones.

También se reconoce la importancia del árbol urbano desde el punto de vista de conservación de la biodiversidad (Restrepo et al, 2015). Existen espacios urbanos que se han convertido en sitios donde se protegen diferentes especies de árboles, las cuales, a su vez les proveen hábitat y alimento a múltiples especies animales; contribuyendo, en conjunto, con el mantenimiento de algunos procesos ecológicos. Para Pérez y Tala-

vera (2008), lo anterior cobra importancia desde el punto de vista social cuando estos espacios se usan como “aulas vi-

vas” para el reconocimiento de los ciclos naturales y nuestra dependencia de la naturaleza.

Figura 19

Árboles empleados en diseños de vías secundarias



Soacha, “Ciudad Verde”. Cundinamarca, Colombia

Fuente: autores

Los árboles, de acuerdo con Mahecha et al. (2010), pueden considerarse indicadores de aspectos vitales y socio-culturales de la ciudad y para muchas personas, son la única conexión con la naturaleza. En ciudades como Bogotá, los árboles cumplen con diferentes funciones de tipo ambiental, a saber:

i) la producción de oxígeno a través del proceso fotosintético en su calidad de plantas superiores; *ii)* contribuyen con la percepción de un ambiente urbano más amable y natural. Permiten una mejor definición de los espacios, dan sensación de profundidad, crean ambientes aislados y tranquilos, generan privacidad, protegen y constituyen atractivos visuales gracias a sus variadas formas, volúmenes, sombras, texturas y colo-

res; *iii)* en la evocación de eventos históricos, gratos o tristes que hacen parte de la historia personal o colectiva de la gente; *iv)* poseen influencia psicológica positiva en la vida de las personas al ser usados en parques como elementos para el juego, deporte y esparcimiento, para la reflexión y contemplación de la naturaleza; *v)* en muchos casos, hacen parte del patrimonio vivo de las ciudades por diferentes motivos: Por ejemplo, la edad que tienen, la especie, lo que representa desde el punto de vista ambiental o paisajístico, la significancia por algún hecho histórico o cultural que represente; *vi)* tienen un efecto regulador de la temperatura, y por consiguiente del clima, al controlar la radiación solar, el viento, la humedad y la evapotranspiración. El

efecto en estos casos depende de la densidad del follaje, la forma de las hojas y los patrones de ramificación; *vii*) la presencia de árboles con ramas resistentes, follaje permanente y abundante, cumple una función importante en la mitigación de los efectos del viento, al obstruir, filtrar y desviar las corrientes de aire y por lo tanto disminuir su capacidad de arrastre; *viii*) con relación a la contaminación atmosférica, los árboles en las ciudades cumplen varias funciones.

Por otro lado, los árboles contribuyen a disminuir los niveles de CO₂ atmosférico

mediante la fotosíntesis y, por otra parte, cuando se establecen barreras anchas conformadas por diferentes especies, se logra fijar, retener y capturar los contaminantes emitidos por procesos industriales y por combustión vehicular, especialmente SO₂ y NO₂. Así mismo, mediante la evapotranspiración los árboles contribuyen en aumentar la humedad atmosférica y esta humedad ayuda a capturar del aire partículas como polvo, arena, ceniza y humo. Estas partículas son atrapadas por las hojas, ramas y tronco para posteriormente ser lavadas por la lluvia.

Figura 20

Barrera de árboles que filtra el aire que llega a un conjunto residencial



Soacha "Ciudad Verde", Cundinamarca, Colombia.

Fuente: autores

Los árboles urbanos, cuando se encuentran localizados en zonas de influencia hídrica pueden contribuir con la conservación del suelo y la estabilización de taludes, algo que resulta de suma importancia en la prevención de desastres. Para Mahecha et al (2010), las características de la raíz, son las que determinan que los árboles actúen como anclas estableciendo un amarre sobre el suelo y minimizando el efecto de roda-

dero. Con relación a la valorización de los predios, Mahecha et al (2010), estiman que cuando los árboles se encuentran ubicados adecuadamente en inmediaciones de las construcciones, pueden llegar a generar una valorización significativa de la propiedad, especialmente si se trata de una especie longeva, poco común, amenazada y que ha contado con un manejo apropiado.

CUESTIONARIO

Estimado lector,

A continuación, encontrará una serie de cuestionamientos e inquietudes que le invitamos a resolver, basados en la lectura del presente documento y del análisis de su entorno ecosistémico y socioeconómico.

1. ¿Qué aspectos ecosistémicos deben tenerse en cuenta para que un individuo vegetal leñoso pueda ser considerado como un árbol disperso o un árbol aislado?
2. ¿Considera que existen diferencias entre los conceptos de árbol disperso y árbol aislado? Explique su respuesta.
3. ¿Cuáles son los principales bienes y servicios ecosistémicos y ambientales que identifica y apropia claramente de los árboles dispersos y árboles aislados?
4. ¿Por qué es importante incorporar los árboles en el diseño de sistemas productivos agropecuarios?
5. ¿Qué incidencia tienen los árboles en las poblaciones urbanas?
6. ¿Qué especies de árboles son empleadas en sistemas productivos (cultivos agrícolas, potreros y huertas) en la zona donde reside?
7. ¿Son las principales arbóreas que se encuentran en los espacios urbanos en el municipio donde se encuentra?
8. Indague con sus vecinos, productores agropecuarios y amigos del sector, el valor socio ecosistémico que le dan al árbol como individuo en su entorno rural y urbano.
9. ¿Cuál es la especie forestal que ha sido declarada árbol municipal o departamental en la zona donde reside?
10. En caso de que no exista una especie forestal declarada en su municipio, ¿cuáles son las posibles causas que han repercutido en esa determinación?, ¿qué especie propondría para que fuese declarada por el Concejo Municipal?

Esperamos que la lectura de este documento, le haya generado la oportunidad para investigar y profundizar sobre el papel preponderante que cumplen los árboles en los sistemas antrópicos.

Con aprecio,

Los autores.

“Si supiera que el mundo se acaba mañana, yo, hoy todavía, plantaría un árbol” -Martin Luther King

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Padilla, N., Alvarado Espejo, J. y Granda Pardo, J. (2018). Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(2), 118-130. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/499>
- Benítez Badillo, G. y Equihua Zamora, M. (s.f.). Árboles fuera del bosque recursos forestales en el futuro. Instituto de Ecología - México: 2021. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1112-arboles-fuera-del-bosque-recursos-forestales-en-el-futuro>
- Casa Iriarte. (24 de mayo de 2020). Crecer desde la tierra. Casa Iriarte: <http://www.casairiarte.com/crecer-desde-la-tierra/>
- Cipagauta Hernández, M. (1997). Sistemas silvopastoriles: una alternativa para el manejo sostenible de la ganadería en la amazonia. Bogotá: Corpoica- Pronatta. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4024/1/2006112717650_Sistema%20silvopastoril%20manejo%20sostenible%20ganaderia.pdf
- CONAP. (s.f.). Glosario CONAP. Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Obtenido de Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala. <http://denp.conap.gob.gt/Glosario.aspx>
- Congo Yépez, C., Velástegui Lara, F., Caicedo Vargas, C., Rodríguez Iturralde, L., Vera Zambrano, A. y Montero Cruz, O. (2018). Árboles dispersos y su efecto en la productividad de los potreros en la Amazonía. La granja. *Revista de Ciencias de la Vida*. 27(1), 63-80. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.05>
- CONTextogadero. (3 de noviembre de 2015). Disposición de los árboles de sombra para la ganadería. Obtenido de Contexto ganadero. Una lectura rural de la realidad colombiana. <https://www.contextogadero.com/blog/bgs-disposicion-de-los-arboles-de-sombra-para-la-ganaderia-falta-foto>
- CONTextoGadero. (10 de octubre de 2019). CONTexto Ganadero. Una lectura rural de la realidad colombiana. Obtenido de 7 beneficios de los árboles dispersos en potrero según el proyecto GCS. <https://www.contextogadero.com/ganaderia-sostenible/7-beneficios-de-los-arboles-dispersos-en-potrero-segun-el-proyecto-gcs#:~:text=Los%20%C3%A1rboles%20dispersos%20en%20potrero%20son%20la%20combinaci%C3%B3n%20de%20%C3%A1rboles,de%20salto%20para%20la%20b>
- Ely, M.E. (2010). Integrating trees into the design of the city: expert opinions on developing more sustainable practices for planting street trees in Australian cities.

school of architecture, landscape architecture and urban design. Faculty of the Professions. The University of Adelaide. <https://digital.library.adelaide.edu.au/dspace/bitstream/2440/65557/8/02whole.pdf>

Espinosa, R. y López, A. (2019). Árboles nativos importantes para la conservación de la biodiversidad. Propagación y uso en paisajes cafeteros. Federación Nacional de Cafeteros - Cenicafé.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1087/1/Arboles%20nativos%20importantes.pdf>

FAO. (2002). Los árboles fuera del bosque: Hacia una mejor consideración. Obtenido de FAO.ORG: <https://www.fao.org/3/y2328s/y2328s03.htm>

FAO-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Guía metodológica para la implementación de Escuelas de Campo. Bogotá: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i4950s/i4950s.pdf>

Farfán Valencia, F. y Jaramillo Robledo, Á. (2009). Sombrío para el cultivo de café según la nubosidad de la región. Avances técnicos Cenicafé 379, 1-8. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0379.pdf>

FEDEGAN. (s.f.). Árboles dispersos en potreros a través de la regeneración natural. Proyecto Ganadería Colombia Sostenible. Obtenido de <http://ganaderiacolombianasostenible.co/>: <http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2016/02/4-REGENERACION-NATURAL.pdf>

Ferrari, A. and Wall, L. (2004). Utilization of nitrogen fixing trees for revegetation of degraded. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105 (2), 63-87. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15679?show=full>

Guapucal, M. B. (2013). Caracterización de fincas con sistemas agroforestales tradicionales en la vereda Franco Villa, municipio de Buesaco Nariño. *Revista Agroforestería Neotropical*, 47 - 61.

<http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/view/321>

Gutiérrez, G. A., Suárez, J. C., Álvarez Carrillo, F. y Orjuela, J. (2012). Árboles dispersos en potreros y conectividad estructural en el paisaje de fincas ganaderas en la Amazonia Colombiana. *Ingenierías & Amazonia* 5(1), 30-41. <https://www.uniamazonia.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/98/30-41>

Harvey, C.A. (1999). Árboles remanentes en potreros de Costa Rica: ¿Herramientas para la conservación? *Agroforestería en las Américas*, 6(24), 19-22.

Juárez García, A. y Saragos Méndez, J. (2019). Árboles en potreros: más que sombra y forraje. *Desde el Herbario CICY* 11, 34-40.

- Korol, Y., Khokthong, W., Zemp, D., Irawan, B., Kreft, H. and Hölscher, D. (2021). Scattered trees in an oil palm landscape: Density, size. *Global Ecology and Conservation* 28, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01688>
- Lawrence, H. (1995). Changing forms and persistent values: Historical Perspectives on the urban forest. *Urban forest landscapes: Integrating multidisciplinary*, 17-40.
- León Alfaro, Y. (2019). Análisis de fragmentación y conectividad del bosque en la subcuenca del río Tapezco, Costa Rica: conectando el bosque para proteger el agua. *Cuadernos de geografía. Revista Colombiana de Geografía* 28 (1), 102-120.
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.67969>
- Mahecha Vega, G., Sánchez Hurtado, F., Chaparro Guerra, J., Cadena Carreño, H., Tovar Corzo, G., Villota Ojeda, L., . . . Quintero, M. (2010). *Arbolado Urbano de Bogotá*. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, SDA. <https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/626774/Arbolado.pdf/c687bdec-d212-4001-9bea-3edf227557e4>
- Manrique E, A. (1988). Cultivo de cacao: establecimiento y manejo del sombrío. Servicio Nacional de Aprendizaje. Obtenido de Agrosavia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/20447>
- MinAmbiente. (2021). Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/Programa-Nacional-de-Pagos-por-Servicios-Ambientales-2021-.pdf>
- Montagnini, F. (2015). *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Navas, A. (2016). *Sistemas silvopastoriles*. Bogotá: Tropenbos Internacional. <https://www.tropenbos.org/file.php/2140/6-sistemassilvopastoriles-low.pdf>
- Ojeda, P., Restrepo, J., Villada, D. y Gallego, J. (2003). *Sistemas silvopastoriles. Una opción para el manejo sustentable de la ganadería*. Cali: FIDAR - PRONATA - CIAT. 54p.
http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3911/2/2006102417332_Sistemas%20silvopastoriles%20sustentable%20ganaderia.pdf
- Pataki, D., Alberti, M., Cadenasso, M., Felson, A., McDonnell, M., Pincetl, S., . . . Whitlow, T. (2021). The Benefits and Limits of Urban Tree Planting for Environmental and. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 9:603757. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.603757>
- Pérez, R. y Talavera, R. (2008). "Verde urbano" y calidad ambiental: claves para una intervención más sostenible en el espacio urbano. En XI Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid: Fundación Conama.

- Ramírez Sandoval, L. (2007). Contribución ecológica y cultural de los sistemas silvo-pastoriles para la conservación de la biodiversidad en Matiguás, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica: CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/955>
- Restrepo, H., Morales, L., Abril, G., Navarro, J. y Arroyave, M. (2015). Transplantes y talas de árboles urbanos. En Guía para el manejo del arbolado urbano en el Valle de Aburrá. (pp. 275-312). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá & Universidad Nacional de Colombia. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Zonas%20verdes/GuiaparaelmanejodelarboladourbanoenelValledeAburraNuevo.pdf>
- Reyes Áviles, I. y Gutiérrez Chaparro, J. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Quivera*, 12 (1), 96-102.
<https://www.redalyc.org/pdf/401/40113202009.pdf>
- Ruiz Osorio, C., Cardona Hernández, D. y Duque, J. (mayo de 2012). Corredores biológicos una estrategia de recuperación en paisajes altamente fragmentados. Estudio de caso Microcuenca La Bolsa, municipio de Marinilla. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 7-18.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30813>
- Sánchez Arenas, D. (2008). Manual de cultivo y manejo de heliconias y follajes nativos e introducidos. San José del Guaviare: CONVENIO SENA-HUMBOLDT. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31280>
- Sander, H., Polasky, S. and Haight, R. (2010). The value of urban tree cover: a hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties. *Ecol. Econ.* 69,1646–1656. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.011>
- Sieghardt, M. et al. (2005). The Abiotic Urban Environment: Impact of Urban Growing Conditions on Urban Vegetation. In: Konijnendijk, C., Nilsson, K., Randrup, T., Schipperijn, J. (Eds) *Urban Forests and Trees*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-27684-X_12
- Suárez, J., Ayala, K. y Gómez, J. (2018). Sistemas silvopastoriles intensivos.
- UTZ. (2017). UtTZ y los árboles de sombrío. Conclusiones derivadas de la revisión de literatura por el centro para la cooperación internacional de la Universidad de Amsterdam. UTZ. Better farming Better future. <https://utz.org/wp-content/uploads/2018/03/Hallazgos-claves-arboles-de-sombr%C3%ADo.pdf>
- Villarreyña Acuña, R. (2016). Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. CATIE - CIRAD - Conservation International.