# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

### CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

## TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**TEMA:**

**ELEMENTOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA AGROFORESTAL EN ECUADOR.**


**AUTOR(ES):**

Evelyn Nathaly Guilcapi Alvarado

Jenny Lizbeth Rea Saltos

**DOCENTE - TUTOR:**

Aixa O. Rivero-Guerra, PhD.



Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

# Elementos para el diseño de un sistema agroforestal en Ecuador

**Jenny Lizbeth Rea Saltos**[1]
**for2017067@uea.edu.ec**

**Evelyn Nathaly Guilcapi Alvarado** [1]
**for2017042@uea.edu.ec**

**Aixa Ofelia Rivero Guerra, M.Sc**[2]
**Arivero@uea.edu.ec**

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la tierra, Carrera de Ingeniería forestal.**

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de determinar los criterios relevantes a seguir para diseñar un sistema agroforestal en Ecuador. Se caracterizan los sistemas agroforestales tradicionales en Ecuador y las principales estrategias, principios y procedimientos para su diseño. Además de los aspectos a considerar para su manejo y ordenación, que incluye la selección del sitio y de las especies a plantar, la calidad del suelo y su interrelación con algunos factores del clima, la producción de biomasa y la identificación de los pisos ecológicos de vegetación. Para ello se efectuó una revisión bibliográfica en la que se consultaron un total de 24 referencias, siendo en su totalidad capítulos de libros o artículos de revistas científicas. En general, un sistema agroforestal se enfoca en alcanzar una producción sostenible, buscando un equilibrio entre el aprovechamiento del suelo y sus recursos con la protección y conservación de la diversidad biológica. Una relación armónica entre sus componentes es deseable, considerando su correcta distribución y un manejo adecuado. Estos sistemas ofrecen ciertas ventajas a los productores, aunque la inversión económica que se requiere puede ser considerable. Se recomienda evaluar el impacto de diferentes especies acompañantes nativas dentro de un sistema agroforestal.

**Palabras clave:** sistemas agroforestales tradicionales, interrelación de componentes, diseño

de un sistema agroforestal.

**Abstract**

This bibliographic revision aims to determine the relevant criteria for designing an agroforestry system in Ecuador. In this document the traditional agroforestry systems are characterized, moreover the main strategies, principles and design procedures are identified. Besides of previously mentioned, this revision its about the management and location aspects to consider which includes site selection and species to plant, soil quality and its interrelation with some climatological factors, the biomass production, and the vegetation ecological floors. To reach those goals, a bibliographic revision was made, 24 bibliographic sources were consulted, completely about books chapters or scientific magazines articles. Altogether, an agroforestry system it aimed to reach a sustainable production, seeking for an equilibrium between soil resources with the protection and conservation of biological diversity. A balanced agroforestry systems relation between components is desirable, considering a correct distribution and an adequate management. These systems offer some advantages to the producers, even though the economic inversion that is required may be considerable expensive. Evaluating the impact between different native accompanying species in an agroforestry system is recommended.

**Keywords:** traditional agroforestry systems, components interrelation, agroforestry system design.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas agroforestales (SAF) o agroforestería es el término que se emplea para referir a un sistema antiguo y ampliamente practicado de uso de la tierra donde el recurso arbóreo se asocia espacial o temporalmente con cultivos agrícolas o animales. Comúnmente se acepta que la agroforestería representa un concepto integrado de uso de la tierra que se adecua especialmente a áreas marginales y a los sistemas de bajos recursos (Farrell & Altieri, 1999, p. 229). Los sistemas agroforestales se refieren a patrones y tecnologías del uso del suelo en el cual las especies de árboles, matorrales o leñosas se combinan con el sistema de producción agrícola o animal, en cualquier forma de espacio, arreglo o cronología. Éstas a su vez están destinadas a posibilitar actividades fructíferas en condiciones muy frágiles, con

recursos naturales degradados, con manejo económico eficiente y con mínima variación en la estabilidad ecológica, lo que favorece a que se logre la sostenibilidad de los sistemas productivos y con ello mejore los estándares de vida de las comunidades rurales (Sotomayor, 2016, p. 12). La agroforestería es un sistema que produce en una misma área alimentos y madera, a la vez conserva y favorece la recuperación del ecosistema (Bezerra Figueiredo, 2019, p. 5).

La agroforestería combina cuatro características desde diferentes perspectivas que son: estructura, sustentabilidad, incremento en la productividad y adaptabilidad cultural/ socioeconómica. La estructura se refiere a la combinación de árboles, animales y cultivos. Antiguamente los agricultores raramente consideraban útiles a los árboles en áreas destinadas para el cultivo. Por otro lado, los forestales catalogan a los bosques como áreas en reserva para el crecimiento de árboles, sin embargo, desde hace varios siglos los agricultores han satisfecho sus necesidades básicas mediante estos sistemas. La sustentabilidad indica que los sistemas agroforestales mejoran los efectos ventajosos de la combinación entre especies forestales, cultivos y animales. Se espera que la productividad a largo plazo se pueda mantener sin provocar degradación del suelo, adoptando la agroforestería como un modelo. El incremento de la productividad indica que, al mejorar las interacciones entre los elementos del predio con las condiciones favorables de crecimiento de las plantas, y mediante el uso eficiente de los recursos naturales (espacio, suelo, agua y luz) se pueda incrementar la producción dentro de los sistemas agroforestales en comparación con los sistemas tradicionales de uso de la tierra, adecuados a la realidad de pequeños productores (Farrell & Altieri, 1999, pp. 229-230).

La mayoría de los sistemas agroforestales tienen como propósito mejorar los efectos beneficiosos de la interrelación de los componentes arbóreo, animal y cultivo para conseguir un patrón de producción similar al que se obtiene en condiciones de monocultivo, teniendo en consideración las condiciones sociales, ecológicas y económicas dominantes (Farrell & Altieri, 1999, pp. 229). Se destacan los siguientes objetivos de la agroforestería: diversificar la producción, aumentar la agricultura migratoria, incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, favorecer la fijación del nitrógeno atmosférico, aprovechar los nutrientes, modificar el microclima y mejorar la productividad del sistema desde una

perspectiva sostenible (Palomeque Figueroa, 2009, p. 6). Ciertos productores del litoral ecuatoriano preservan sus huertos tradicionales mixtos lo que demuestra que poseen conocimientos básicos para el uso y manejo de las especies, reduciendo el impacto sobre el medio (García Cruzzatty et al., 2008, p. 65).

## 1.1. Planteamiento del problema, su justificación y formulación.

Ecuador es considerado un país megadiverso por la riqueza de especies en su flora y fauna. Estos recursos están siendo afectados por la deforestación, la degradación de los suelos, la expansión de la frontera agrícola y ganadera, entre otras (Sol, 2019, p. 47). La implementación de sistemas agroforestales tendría implicaciones positivas sobre la contaminación ambiental y la conservación de especies, del suelo en el que habitan y de la calidad del agua (Beer et al., 2003, p. 81). Dentro de la diversidad de prácticas agrícolas se busca aplicar nuevos modelos productivos amigables con el medio ambiente. Los sistemas agroforestales son una alternativa de producción sostenible que ha generado interés por conocer su estructura, interacción entre sus componentes, y ventajas. Los diferentes tipos de sistemas agroforestales dependen de las condiciones bióticas y abióticas donde se implementan, tipo de terreno, elementos que lo componen, especies a utilizar, entre otras (Soler et al., 2015, p. 314).

Los sistemas agroforestales aprovechan la capacidad productiva total de un terreno y se obtienen diversos productos en un mismo sitio, además de contribuir a su conservación (Fournier, 1981, p. 142). A través del presente estudio se dará respuesta a la siguiente interrogante ¿Cuáles son los principales elementos que se deben considerar para el diseño de un sistema agroforestal?

## 1.2. Objetivos y propósito.

El objetivo del presente trabajo es: caracterizar los sistemas agroforestales tradicionales en Ecuador, así como las principales estrategias y criterios a seguir para el diseño de un sistema agroforestal.

Considerando lo mencionado, el presente trabajo de revisión bibliográfica se encamina a describir las características principales y los criterios necesarios para implementar un sistema agroforestal.

Efectuar una revisión bibliográfica con el propósito de determinar los criterios relevantes a seguir para diseñar un sistema agroforestal en Ecuador. Los objetivos específicos son: (1) caracterizar los sistemas agroforestales tradicionales en Ecuador; (2) identificar las principales estrategias y criterios a seguir para el diseño de un sistema agroforestal.

## 2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo de integración curricular se efectuó una revisión bibliográfica en sistemas agroforestales. El área geográfica que abarca nuestro estudio es todo el territorio nacional de Ecuador. La búsqueda bibliográfica se efectuó en Google académico. Las palabras claves que se utilizaron para la búsqueda de información fueron: "biodiversidad", "sistemas agroforestales en Ecuador", "agroforestería", "importancia de la agroforestería", "clasificación de sistemas agroforestales", "sistemas agroforestales tradicionales", " sistemas agrosilviculturales", "sistemas silvopastoriles", " sistemas agrosilvopastoriles", "huerto familiar", "cercas vivas", "árboles dispersos en cultivos", "flora y fauna del Ecuador", "caracterización de los sistemas agroforestales en Ecuador", "diseño e implementación de sistemas agroforestales", "enfoque agroforestal", "selección de especies forestales", "pisos ecológicos", "interrelación entre árboles, cultivos y animales", "ventajas y desventajas de la agroforestería" y "metodología para la revisión bibliográfica". El idioma de búsqueda de las publicaciones fue el español. El intervalo de búsqueda de la información fue de 1981 a 2021.

Se encontraron un total de 35 referencias (libros, capítulos de libros, y artículos de revistas científicas), seleccionando 24 que contenían la información más relevante y necesaria para la investigación. Se descartaron los textos académicos de las plataformas de repositorios institucionales, dspace y tesis. Para la ejecución de la revisión bibliográfica se siguió la estructura plasmada en la guía metodológica de trabajos de integración curricular 2021 emitidos por la Universidad Estatal Amazónica. El titulo se elaboró de manera concisa y especifica en correspondencia con las líneas de investigación de la institución. El resumen se redactó al final con una extensión entre 150 a 300 palabras plasmando los aspectos más relevantes de la revisión. En la introducción se muestran los antecedentes y el marco

conceptual, acompañados del planteamiento del problema, su justificación y formulación. Seguido se detallan los objetivos y el propósito. La forma en la que se desarrolló la investigación se muestra en la sección de metodológica. Los resultados y discusión se presentan en orden lógico y sucesivo, que se respaldan con esquemas comprensibles a la actividad investigativa. Las conclusiones se muestran en función de los objetivos planteados y desarrollados. Finalmente, para citar la literaria del texto y enlistar las referencias bibliográficas se siguió la normativa APA en su séptima edición, publicada en el año 2019.

## 3. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

En la presente sección se efectuará una breve caracterización de los sistemas agroforestales tradicionales en Ecuador y se señalaran los criterios a seguir para el diseño de un sistema agroforestal.

### 3.1. Caracterización de los sistemas agroforestales en Ecuador.

La agroforestería en la Amazonía es importante desde el punto de vista cultural, social, económico y ambiental. La duración de un sistema agroforestal varía entre dos a tres años, y pueden ser cíclicos o itinerantes. En los sistemas agroforestales de la Amazonía las principales especies de cultivos son la yuca, la papa china, el camote, el maíz, el plátano, y el ají. Dentro del componente arbóreo están el cedro, el laurel y el pigüe. En el componente animal se encuentras especies silvestres como monos, ardillas, guantas, armadillos, entre otros. La estructura de estos sistemas se asemeja a un bosque húmedo conformado por estratos. Las actividades de manejo de los cultivos se realizan teniendo en consideración los días de lluvia y los ciclos de la luna. La siembra, poda y corte se ejecutan cuando las precipitaciones son escasas (Añazco, 2017, pp. 25-26). Al ser una región con altas precipitaciones el uso de fertilizantes es mínimo, a causa de su lixiviación (Añazco, 2017, p. 27). Los indígenas tienen el conocimiento para reconocer el sitio apropiado donde establecer sus parcelas, deben ubicarse a cierta distancia de su vivienda y tener un suelo apto para la producción, los árboles que se encuentren dentro del terreno se conservan si su madera es de importancia, de lo contrario se cortan. Las herramientas usadas para el manejo son el hacha y el machete, y la producción es principalmente para consumo familiar (Añazco, 2017, pp. 33-35).

En la región sierra prevalecen los sistemas agrosilviculturales, los productores integran árboles y cultivos para obtener diversos productos aprovechando al máximo sus predios (Fig. 1). En el caso de los sistemas agrosilvopastoriles se incluye el componente animal, que requiere de otras actividades para su manejo como pastoreo y transporte de forraje (Fig. 1). Los sistemas agroforestales son implementados en su gran mayoría por decisión de los productores o mediante el incentivo de instituciones públicas. Las especies leñosas son cultivadas, tan solo un 3% de los sistemas incluyen vegetación natural (Checa, Ramos & Grijalva, 2010, pp. 3-4). La familia se encarga del manejo del sistema, con el apoyo de mano de obra contratada o comunitaria. La mayoría de los productores comercializan sus productos con la ayuda de intermediarios y otros directamente en ferias y mercados. Los principales problemas que enfrentan los productores son la competencia entre especies, la deficiente distribución y asociación de los árboles, el control de plagas y enfermedades, y la falta de instrucción técnica en manejo agroforestal (Checa, Ramos & Grijalva, 2010, p. 8).

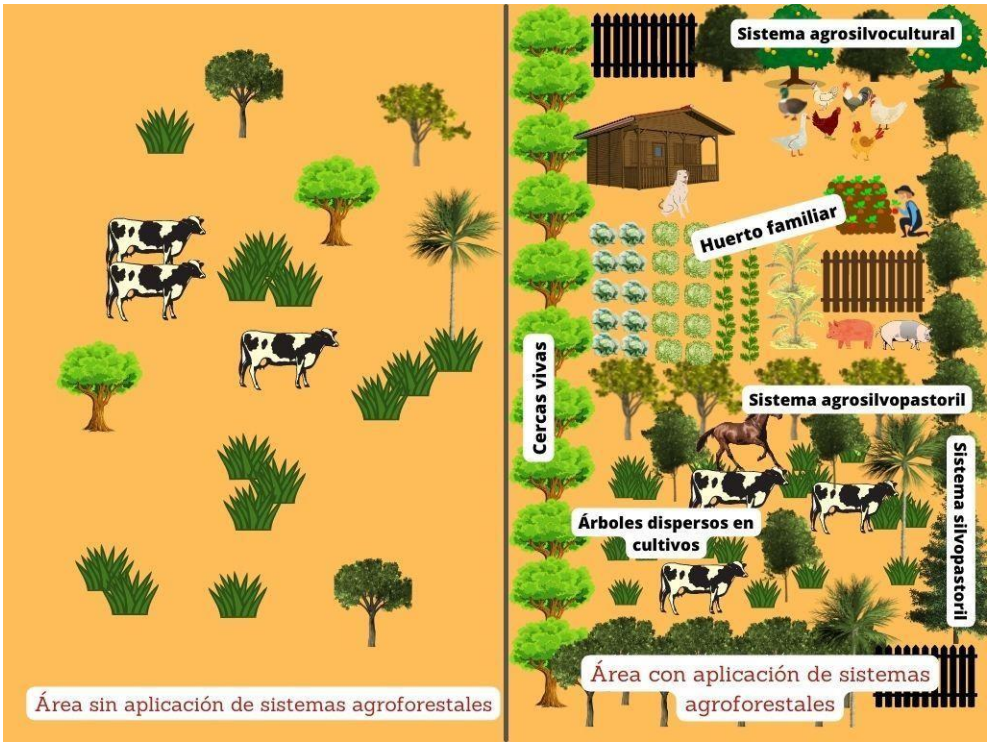


Figura 1. Caracterización de los sistemas agroforestales en Ecuador.

### 3.2. Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales.

Se recomienda diseñar sistemas con alta densidad de biomasa vegetal plantado más

especies leñosas acompañantes, principalmente en áreas con suelos fuertemente degradados ya que contribuye a su recuperación, lo protege de la erosión y la desecación, además de suministra forraje y leña. Las especies nativas y exóticas también repercuten en la producción de biomasa vegetal del sistema. Es relevante mencionar el manejo adecuado de la poda, principalmente en las épocas de invierno, además de un minucioso mantenimiento en las primeras etapas de crecimiento de las especies. La selección y diversificación de las especies acompañantes se realizará en función de sus requerimientos técnicos para el cultivo y del hábitat (Azero, 2018, pp. 13-16).

### 3.2.1. Principios del enfoque agroforestal.

El enfoque agroforestal está determinado por el número de especies, la densidad de plantación, las actividades de poda para una buena coexistencia de especies, la existencia de estratos y el ciclo ecológico dentro de la parcela, la cubierta edáfica fija, la interrelación biológica, la disminución de la remoción y la regeneración del suelo, la solubilización minera, el balance de nutrición en las plantas, el flujo de energía, y el equilibrio entre los componentes (vegetal, animal y microorganismos). Debe albergar cultivos comerciales para solventar la parte económica e integrar al menos dos subsistemas (agricultura o ganadería con sistemas forestales/ la agricultura con la ganadería, Azero, 2018, pp. 8-9).

### 3.2.2. Selección del sitio y de las especies. Calidad del suelo, producción de biomasa e identificación de pisos ecológicos.

La correcta selección del sitio y de las especies agrícolas compatibles y rentables debe realizarse conjuntamente entre el agricultor, con conocimiento de las especies, y el ingeniero, para tratar de lograr una producción de calidad y recuperar la inversión a corto plazo. Se recomienda realizar una serie mediciones para evaluar la calidad del suelo. Los parámetros sugeridos son físicos (textura, contenido hídrico, porosidad, densidad, temperatura), químicos (pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, presencia de elementos químicos y saturación de bases) y biológicos (contenido de materia orgánica, ciclo del carbono, presencia de colémbolos, ácaros, y nemátodos; Azero, 2018, p. 11).

El terreno seleccionado debe ser relativamente plano con una profundidad del suelo

igual o superior a 75 cm, baja pedregosidad, sin capas de piedra o cascajo, sin erosión, sin compactación debido a que impide la absorción de agua, y con buen drenaje y alta fertilidad (Chavarría Ulate, 2013, p. 9). Para garantizar la supervivencia, adaptabilidad, manejo y calidad de la plantación es esencial realizar una correcta selección de las especies. Con especial énfasis en el periodo de crecimiento, fotoperíodo, hábitos de crecimiento, sistema radical, fenología floral, sistema de reproducción y época de fructificación de cada una de las especies seleccionadas (Altieri, 1999, pp. 98-99); junto con un manejo técnico adecuado, controlando la acidez y el encalado del suelo (Chavarría Ulate, 2013, p. 11).

La cantidad de árboles plantados depende de los objetivos esperados y de características del lugar (Sotomayor, 2016, pp. 27-28). Los criterios para seguir son: excluir especies trepadoras y aquellas que proporcionan sombra intensa durante el desarrollo inicial de los árboles, evitar la competencia elevada por el agua y los nutrientes entre las especies, aplicar fertilizantes para compensar su pérdida, respetar los requerimientos técnicos en cuanto a distancia de plantación y tolerancia a la sombra, además de considerar los factores climáticos, fisiográficos y edáficos (Chavarría Ulate, 2013, pp. 6-9). Con la integración del componente animal se reciclan los nutrientes, el ganado se alimenta de la hojarasca, maleza y barbecho, transformado este material en abono que puede ser utilizado como fertilizante para el cultivo (Altieri, 1999, p. 129).

La cuantificación de la producción de biomasa arbórea puede realizarse mediante la aplicación de modelos alométricos, mientras que la biomasa generada por los estratos arbustivos y herbáceo, así como por la hojarasca se pueden cuantificar por métodos gravimétricos. La identificación de los pisos ecológicos puede llevarse a cabo mediante un análisis de correspondencia entre especies nativas y acompañantes en cada piso de vegetación (Azero, 2018, p. 12).

### 3.2.3. Aspectos para considerar en el manejo y ordenación de un sistema agroforestal.

Para la implementación de un sistema agroforestal es fundamental considerar aspectos como la densidad de especies de plantas, la correcta distribución de sus componentes en el terreno, y un manejo silvícola y pecuario eficiente (Fig. 2).

La interrelación entre los componentes de un sistema agroforestal se realiza con el

objetivo de mejorar la producción y la sostenibilidad (Sotomayor, 2016, p. 12). La acumulación total de carbono en este sistema depende de las especies arbustivas, la densidad y distribución de los árboles, y de su tolerancia a la sombra (Beer et al., 2003, p. 82). Al integrar especies arbóreas en terrenos agropecuarios se favorece la producción agrícola y ganadera, a la vez que contribuyen a mejorar las condiciones del sitio al facilitar protección a los otros componentes, principalmente de factores climáticos adversos (Sotomayor, 2016, p. 18). Los árboles también obtienen beneficios con la integración del componente animal, ya que el ganado se alimenta del pasto lo que ayuda al correcto establecimiento y desarrollo de las plantas en sus primeros años, además de reducir el riesgo de un incendio forestal y beneficiarse de la fertilización que se aplica a los cultivos (Sotomayor, 2016, p. 19).

La distancia entre las hileras de árboles se establece en correspondencia con las metas de producción, generalmente de 7 a 15 m, y los árboles se plantan con un mínimo de 3 m de separación. La disponibilidad de espacio contribuye a la producción de forraje para el ganado. Las plantaciones se pueden ubicar en filas dobles o triples, conservando la misma cantidad de árboles. Por medio de este sistema se puede prever una disminución en el volumen de madera y un incremento en la obtención de pradera (Sotomayor, 2016, p. 26).

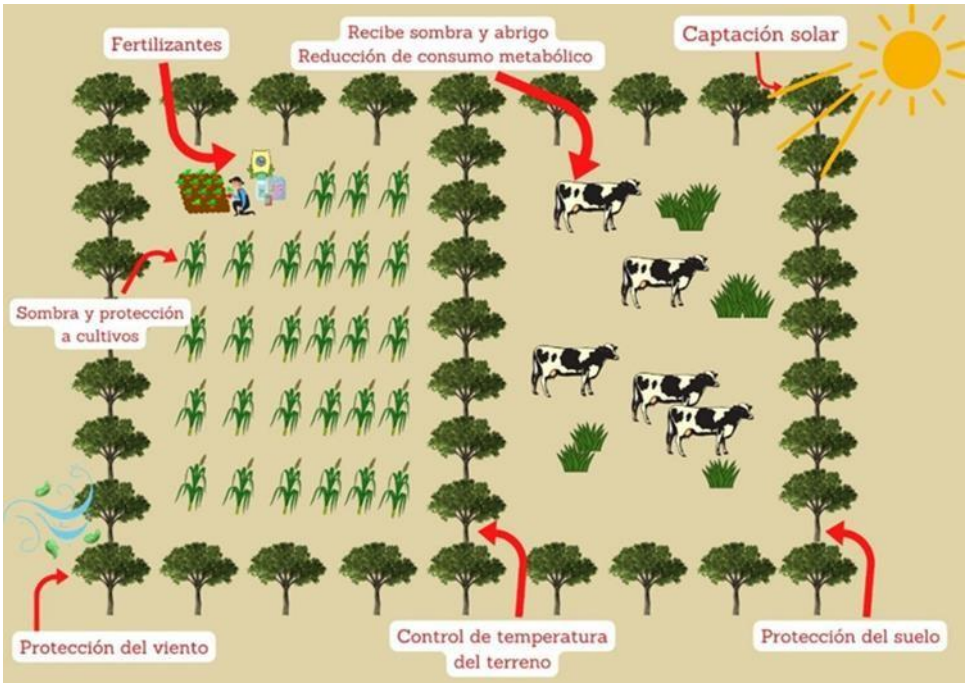


Figura 2. Interrelación entre los componentes de un sistema agroforestal.

Los árboles tienen la función de proteger a los demás componentes, principalmente de factores climáticos (radiación solar, velocidad del viento, humedad y temperatura). Reducen el impacto de la velocidad del viento en comparación con las zonas despejadas. Su captación de la radiación solar incide en el desarrollo fisiológico de las demás especies al existir una relación directa entre el dosel arbóreo y la transmisión de luz al sotobosque y la pradera. La intensidad de luz o sombra que llega a los estratos bajos depende de la densidad de árboles y de su arquitectura. Los sistemas de cultivos son diseñados para ofrecer altas capacidades fotosintéticas anualmente, a la vez existen varias maneras de combinar las especies forestales para aprovechar la luz solar dentro de un cultivo con la finalidad de aumentar la producción anual (Altieri, 1999, p. 98). La cobertura arbórea también incide en la disponibilidad de agua en el suelo, que es menor bajo los árboles y aumenta en zonas descubiertas (Sotomayor, 2016, pp. 36-38). A la vez que proporciona abrigo, alimento y sombra al componente animal, que reduce su consumo metabólico y favorece el control de su temperatura corporal en todas las épocas del año, además de aumentar la probabilidad de supervivencia de los terneros durante su primer mes de vida (Sotomayor, 2016, pp. 30-32).

La inclusión de animales en un sistema de plantación puede ocasionar daños a las plantas por efecto del pisoteo, ramoneo y frotamiento; que se puede controlar con el adecuado manejo del ganado. La introducción del ganado puede realizarse cuando los árboles alcancen la altura mínima de 2 m, exista disponibilidad suficiente de forraje y fuentes con agua fresca. Se recomienda considerar la capacidad de carga y el nivel de uso de la pradera en el manejo del sistema. Es pertinente dar prioridad a la plantación forestal durante los primeros años, así como un seguimiento continuo de las zonas de concentración de los animales. Es oportuno velar por el estado de la pradera y del ganado durante el desarrollo de los árboles, y manejar adecuadamente los residuos de las actividades de poda y raleo. (Sotomayor, 2016, pp. 33-36).

#### 3.2.3.1. Suelo y vegetación.

La erosión del suelo provoca su deterioro, y consiste en la pérdida de partículas, principalmente por factores climáticos (viento, agua, gravedad, entre otros) o por la intervención humana. Esto se produce cuando existe un desequilibrio entre la resistencia del suelo y el nivel de intensidad de los factores que lo ocasionan. Las propiedades físicas y

químicas del suelo determinan su resistencia a erosionarse. Entre ellas, la agregación y porosidad son definiciones relevantes y están determinadas por la textura y composición del suelo. Los suelos con textura gruesa muestran una inmediata infiltración del agua, con escaso escurrimiento. Los de texturas finas son propensos a erosionarse y muestran gran capacidad de retención de agua y bajo potencial de infiltración. La mayor parte del agua que llega escurre, al hincharse el suelo cerca de la superficie con los primeros milímetros de lluvia, cerrándose los poros e impidiendo su infiltración. La lluvia implosiona sobre el suelo y produce un desplazamiento de las partículas (arcilla, limo y materia orgánica), las cuales determinan su estabilidad, propiedades coloidales y el contenido de agua que retiene, además de intervenir en el intercambio de nutrientes (Sotomayor, 2016, p. 39). Al incrementar la pendiente la acción erosiva del agua se agudiza y disminuye la absorción por parte del suelo (Sotomayor, 2016, p. 40).

La vegetación actúa como escudo protector reduciendo el efecto de la lluvia o el agua sobre el suelo (Sotomayor, 2016, p. 39). Los árboles son los encargados de reciclar y mantener los nutrientes, mermando la erosión y disminuyendo la contaminación de las aguas freáticas. Los cuales presentan una tasa de transpiración variable e intervienen en el ciclo del agua en la naturaleza modificando el régimen de precipitaciones y favoreciendo la retención del agua en la tierra, además de disminuir la escorrentía (Beer et al., 2003, p. 82).

El espacio forestal agrícola, ganadero y los viales provocan modificaciones en el medio, principalmente sobre la estructura y compactación del suelo, lo cual se agudizan con la quema de los desperdicios de explotación que causan una reducción de la tasa de infiltración, y al perderse la cobertura vegetal se intensifica la erosión, principalmente en terrenos con pendiente. También la ganadería, debido al pisoteo de la vegetación, tiene un impacto negativo sobre la compactación del suelo, su agregación, estructura, porosidad, aireación e infiltración (Sotomayor, 2016, pp. 39-40). En general, los sistemas agroforestales ayudan a disminuir la pérdida de suelo, a controlar su erosión y a reducir el escurrimiento en las laderas destinadas a la producción agrícola (Sotomayor, 2016, pp. 43-44).

#### 3.2.3.2. Manejo del cultivo.

Se recomienda emplear diversas prácticas agrícolas en función del cultivo, tales como: apuntalamiento de las ramas, deshije, desmane, desflore, aplicación de fertilizantes

orgánicos, control biológico de plagas y enfermedades, además de la instalación de soportes, guías o separadores, entre otros (Moreira & Castro, 2017, p. 6). Para el control de malezas se ejecutan varias limpias anuales en función del tipo de especie y de sus requerimientos. Se recomienda no usar herbicidas para disminuir el costo de producción y la contribución a la huella de carbono, además de aplicar abonos, aceites vegetales, y extractos naturales (Moreira & Castro, 2017, p. 7) que favorezca la simbiosis con los hongos y bacterias del suelo.

#### 3.2.3.3. Manejo de la diversidad biológica y sustentabilidad del sistema agroforestal.

La agroforestería es un instrumento suplementario para la conservación de remanentes de bosques y tiene que estar asociada al manejo del paisaje. Su potencial de conservación depende de la diversidad florística, su estructura, localización, estado y permanencia en el paisaje, además del nivel de conectividad que se alcance con los otros componentes del sistema, su uso y manejo. Mientras más diverso sea el sistema agroforestal, mayor será su capacidad para preservar especies nativas de flora y fauna (Beer et al., 2003, pp. 84-85). La conservación de la diversidad florística favorece la regulación de la temperatura en días cálidos, previene la pérdida de la humedad, amortigua el impacto directo de la lluvia sobre la tierra, desacelera la perdida de nutrientes del suelo y su erosión, e incrementa la actividad microbiana.

La interrelación entre el recurso forestal y el cultivo representa un modelo amistoso con el medio (Moreira & Castro, 2017, p. 7) La sustentabilidad del sistema depende de: (1) el tipo de suelo, sus propiedades, su grado de conservación, y del flujo de nutrientes que permitan el crecimiento de las plantas; (2) la eficacia y el grado de uso de la radiación solar, minimizando las pérdidas, (3) la disponibilidad de agua para plantas y animales, (4) reducir la incidencia de plagas y enfermedades en las plantas y animales, promoviendo su control biológico y (5) explotar los recursos genéticos, conservando la diversidad biológica y la biomasa excedente (Altieri, 1999, p. 101). Los sistemas agrícolas tradicionales que aún persisten muestran elementos fundamentales de sustentabilidad, están ajustados a su entorno natural, requieren de recursos locales, se ejecutan a pequeña escala de manera descentralizada y conservan los recursos naturales (Altieri, 1999, p. 96).

### 3.3. Discusión

La relación del hombre con la tierra y los recursos naturales está direccionada hacia la supervivencia mediante la producción de alimento y la extracción de los recursos propios del medio. El hombre transforma el espacio exterior con su trabajo, para lo cual requiere de herramientas, conocimientos y tecnología. El cambio en los sistemas de producción es necesario, lo cual transforma el vínculo del hombre con las herramientas que se encamina hacia acciones más rápidas y productivas. Esto genera un conjunto de posibilidades que modifica la curva de producción transdisciplinar y multisectorial, al igual que la cantidad y la calidad del producto final.

La agroforestería entra en el ámbito dinámico de la geografía, la biología y la innovación, principalmente en el entorno social. Aunque hay barreras del mundo rural tradicional que dificultan la puesta en marcha de procesos de modernización, de nuevas metodologías y de una planificación objetiva a corto y mediano plazo. Los sistemas agroforestales ofrecen ciertas ventajas a los productores y el capital humano es esencial para que se consoliden de forma estructural, relacional y funcional en el país. El conocimiento local vinculado al intelectual condiciona el aprendizaje y la práctica agroforestal.

Estos sistemas pueden ofrecer las siguientes ventajas: (1) uso eficiente de los recursos naturales y de la luz solar, (2) adecuado uso y reducción de la degradación del suelo, (3) selección efectiva de las especies agrícolas y arbóreas, e interacción de los componentes dentro del sistema, (4) incremento de la producción y crecimiento de la masa boscosa, (5) reciclaje de productos como insumos en otras producciones, (6) obtención de árboles sin manejo activo y varios productos/árbol enfocado hacia la autosuficiencia y el mercado. Aunque presentan limitaciones al ser específico del ecosistema y la elección de las especies puede ser engorrosa debido a que muchos suelos son de baja calidad. A su vez, la implementación del componente arbóreo, la instalación de los semilleros, y la inclusión del granado también pueden ser limitantes, principalmente para muchos productores que constan de escasas hectáreas de terreno propio y se requieren varios años de espera para obtener los primeros rendimientos, cuestión que se agrava por los costes de la inversión, que probablemente precisen de crédito bancario. Cuando el terreno sea alquilado existirá el conflicto entre el propietario de la tierra y el de los árboles plantados, además de las leyes

que restringen la tala de árboles (Farrell & Altieri, 1999, pp. 234-235).

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados para este trabajo de integración curricular y mediante la ejecución de la revisión bibliográfica obtuvimos las siguientes conclusiones: (1) se identificaron tres principales sistemas agroforestales en Ecuador, el silvopastoril, el agrosilvopastoril y el agrosilvocultural, además del huerto familiar, las cercas vivas, y arboles dispersos en cultivos, (2) los sistemas agroforestales aumentan la multifuncionalidad de la agricultura y la protección de la diversidad biológica que contiene, (3) mediante un adecuado espaciamiento, distribución e interrelación de los componentes en los sistemas agroforestales se puede aprovechar eficientemente los recursos naturales. Se recomienda evaluar el impacto de diferentes especies acompañantes nativas dentro de un sistema agroforestal.

## REFERENCIAS

Aguirre-Mendoza, Z., & Aguirre-Mendoza, C. (2014). Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador. *Revista Bosques Latitud Cero*, 4, 10-30.

Añazco, M. (2017). Agroforestería ancestral para el "buen vivir": caracterización preliminar de los sistemas agroforestales ancestrales en la Amazonía Ecuatoriana. En Torres, B., Vargas, J. C., Arteaga, Y., Torres, A. & Lozano, P. A. (Eds.), *Gente, Bosque y Biodiversidad: El rol del bosque sobre la biodiversidad y las poblaciones rurales* (pp. 11-38). Puyo, Ecuador: Arte Visual.

Altieri, M. (1999). Diseñando agroecosistemas sustentables. En Altieri, M. A. (Ed.), A*groecología Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 87-102). Lima, Perú: Nordan–Comunidad.

Altieri, M. (1999). Agricultura tradicional. En Altieri M. A. (Ed.), A*groecología Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 103–136). Lima, Perú: Nordan–Comunidad.

Azero, M. (2018). Elementos para el diseño e implementación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba, Bolivia. En Azero, A. M. (Ed.), *Evaluación de sistemas agroforestales dinámicos en el semiárido de Cochabamba* (pp. 7-20). Cochabamba, Bolivia: Grupo Editorial Kipus.

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003).

Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, *10*(37), 80-87. Recuperado de: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6806/Servicios_ambientales_de_los_sistemas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Bezerra Figueiredo, M. A. (2019). Agroforestería y agroecología: experiencias. *Prácticas campesinas agroforestales para incrementar la biodiversidad*, 35(4), 4-32. https://bit.ly/3pxvyQX

Chavarría Ulate, A. (2013). Oficina nacional forestal. En Chavarría Ulate, A. (Ed.), *Guía técnica SAF: para la implementación de sistemas agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables.* (pp. 3–30), Costa Rica: EuroDigital Comunicación.

Checa, X., Ramos, R., & Grijalva, J. (2010). *Caracterización de sistemas agroforestales en la subregión sierra centro del Ecuador.* Santo Domingo: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo.

Chinchilla-Mora, O., Corea-Arias, E., Meza-Picado, V., & Ávila-Arias, C. (2021). Crecimiento, rendimiento y costos durante los primeros tres años de la caoba (*Swietenia macrophylla* King) establecida en sistemas agroforestales. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, *18*(42), 62–73. https://doi.org/10.18845/rfmk.v16i42.5540

Eizaguirre Piñera, M. (2021). Laudato Si', reconoce el valor de la biodiversidad, pero la pegunta es: ¿Conservar las especies o la diversidad genética? *Entretextos*, *36*, 1-12. Recuperado de: https://revistasacademicas.iberoleon.mx/index.php/entretextos/article/view/105/139

Farrell, J. G., & Altieri, M. A. (1999). Sistemas agroforestales. En Altieri, M. A. (Ed.), *Agroecología bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 229-243). Lima, Perú: Nordan Comunidad.

Fournier, L. A. (1981). Importancia de los sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense 5*(1/2), 141-147.

García Cruzatty, L., Suatunce Cunuhay, P., & Torres Navarrete, E. (2008). Plantas útiles en los sistemas agroforestales tradicionales del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, *1*(2). 65-71. DOI: https://doi.org/10.18779/cyt.v1i2.73

Mahecha, L. (2003). Importancia de los sistemas silvopastoriles y principales limitantes para su implementación en la ganadería colombiana. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16(1), 11-18. Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=295026121002

Moreira, D., & Castro, R. (2017). Sistemas agroforestales Adaptación y mitigación en la producción de banano y cacao. *Euroclima IICA Un día en la finca*, 1–12. Recuperado de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=iicacr.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=034918

Nahed, T. J. (2008). Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(3), 3-20. Recuperado de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83712272003

Otárola, A. (1995). Cercas vivas de madero negro: práctica agroforestal para sitios con estación seca marcada. *Agroforestería en las Américas*, 5, 24-30.

Palomeque Figueroa, E. (2009). Los sistemas agroforestales, una alternativa del campo mexicano. *Sistemas agroforestales*. 1-30. DOI: 10.13140/RG.2.2.20194.99525

Paredes-Andrade, N. J., Monteros-Altamirano, A. R., Paredes-Tapia, A. R., Caicedo-Vargas, C. E., & Lima-Tandazo, L. F. (2021). Restauración de áreas agrícolas degradadas a través de sistemas agroforestales de cacao en Amazonía Ecuatoriana. *Cienciamatria*, *7*(1), 134-151. DOI 10.35381/cm.v7i1.486

Sol, D. (2019). El futuro de la biodiversidad en la Tierra. La importancia de preservar la diversidad filogenética y funcional del planeta. *Mètode Science Studies Journal*, 103, 47-53. DOI: 10.7203/metode.10.14601

Soler, R. M., Peri, P. L., Bahamonde, H. A., Gargaglione, V., Ormaechea, S., Sánchez-Jardón, L., Lencinas, M. V., & Martínez Pastur, G. (2015). Estado del conocimiento de las investigaciones en sistemas agro-silvo-pastoriles: una mirada para Sudamérica (pp. 313-315). *3 Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles: VII Congreso Internacional Sistemas Agroforestales.* Iguazú, Argentina: Ediciones INTA.

Sotomayor, Á. (2016). Introducción a los sistemas agroforestales y las interacciones entre sus componentes. En Sotomayor, Á. & Barros, S. (Eds.). *Los sistemas agroforestales en Chile* (pp. 9-53). Santiago, Chile: INFOR.

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La Memoria Biocultural. La Importancia Ecológica de las Sabidurías Tradicionales*. Barcelona: Icaria

## ANEXOS

## MARCO TEÓRICO.

### 1. Los sistemas agroforestales y la diversidad biológica.

La diversidad biológica de la Tierra está amenazada por la acción antropogénica, principalmente aquellas que han causado la destrucción del habitad natural, la introducción de especies invasoras, y la explotación descontrolada de flora y fauna. Los ambientalistas exponen que conservar un mayor número de especies no es suficiente si se quiere mantener los ecosistemas para el futuro y seguir beneficiándonos de los servicios que brindan, además de proteger la diversidad filogénica y funcional. Delimitar áreas protegidas no es suficiente, también se debe aprender a combinar la explotación de los recursos con la conservación de los elementos claves de la diversidad, asegurando la estabilidad y el funcionamiento de los sistemas (Sol, 2019, p. 47). Al hablar de la pérdida o degradación de la diversidad biológica se resalta la necesidad de conservar y buscar estrategias nuevas que permitan su preservación (Eizaguirre Piñera, 2021, p. 6), ya que la degradación del medio pone en peligro nuestro

futuro. Su relevancia se refleja en la diversidad de servicios ecosistémicos que adquirimos de la naturaleza, destacando los alimentos, los metabolitos secundarios de las plantas con fines terapéuticos, los materiales de la construcción, entre otros (Sol, 2019, p. 47).

A través de los sistemas agroforestales se puede hacer un uso y manejo adecuado del suelo que permite mitigar su erosión, conservar su productividad, aumentar su actividad microbiana, reducir el uso de agroquímicos, disminuir la inversión en la producción, estabilizar la producción e incrementar el rendimiento (Paredes-Andrade et al., 2021, p. 136). Entre los principales beneficios que ofrece la agroforestería sobresalen el aprovechamiento óptimo del espacio físico, captura de dióxido de carbono, conservación de la diversidad biológica que habita en el lugar, óptimo aprovechamiento del agua, control de malezas, reaprovechamiento de nutrientes, sostenibilidad del sistema agrícola y arbóreo, aumento de la producción de madera y tendencia hacia la estabilidad socioeconómica (Chavarría Ulate, 2013, p. 5); así como la protección de los cultivos del fuerte viento (Chinchilla-Mora et al., 2021, p. 63).

## 2. Clasificación de los sistemas agroforestales.

Los sistemas agroforestales tradicionales también definidos como “tradición moderna” al ser la combinación de prácticas tradicionales y actuales (Toledo & Barrera-Bassols, 2008, p. 74). Son un conjunto de conocimientos y experiencias ancestrales sobre los métodos para cultivar, usar de manera eficiente el suelo y al mismo tiempo respetar a la naturaleza (Farrell & Altieri, 1999, p. 231).

La agroforestería puede ser simultánea y secuencial. El sistema simultáneo incorpora y combina el recurso arbóreo con cultivos y animales en la misma unidad de tiempo y área. Estos son sistemas en los que existe una competencia alta por la luz, el agua y los nutrientes que puede ser mitigada con un apropiado espaciamiento. Los árboles se caracterizan por un crecimiento lento, un desarrollo profundo de las raíces y una copa pequeña. En las fincas de agricultores los sistemas comunes que se pueden encontrar son fronteras en huertos de cultivo, cercas vivas en curvas de nivel, franjas leñosas, cercos vivos, sistema silvopastoril, sistema silvoagrícola, sistema de protección en cultivos perennes, cortina rompevientos,

bosquetes y fajas intercultivos. Las especies arbóreas implementadas dependerán de las condiciones edafoclimáticas y de la necesidad de los productores. Su adecuado espaciamiento debe estar de acuerdo con la competitividad productiva que se quiere beneficiar, o el elemento permanente que se pretende proteger. En el sistema secuencial los cultivos y el recurso arbóreo se alternan en el mismo lugar. Estos sistemas comúnmente empiezan con cultivos, posterior a la cosecha se siembran los árboles, consiguiendo que el tiempo en que se conserva la competencia sea mínimo. Las especies leñosas deben ser de rápido crecimiento, desarrollo profundo de raíces y frondosos para competir con las malezas. Los sistemas comúnmente implementados son el mejoramiento del barbecho, la rotación de cultivos, el sistema Taungya, entre otros (Sotomayor, 2016, p. 13).

Los sistemas agroforestales se clasifican en función de sus componentes, objetivos, funcionalidad, grado de manejo y beneficios (Farrell & Altieri, 1999, p. 230). De acuerdo con su estructura se clasifican en: sistemas agro-silviculturales, sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles, huertos familiares, cercas vivas y árboles dispersos en cultivos (Farrell & Altieri, 1999, p. 230).

### 2.1. Los sistemas agrosilviculturales.

Integran en una misma área especies leñosas y cultivos agrícolas establecidos en los linderos de los bloques de producción forestal o asociados entre las filas de árboles (Chavarría, 2013, p. 4). El productor puede obtener diversos materiales maderables del componente arbóreo, de esta forma contribuye a disminuir la explotación de los bosques naturales (Sotomayor, 2016, p. 15).

### 2.2. Los sistemas silvopastoriles.

Integran en un mismo terreno la producción ganadera con árboles, arbustos forrajeros y pastos, componentes que están en permanente interacción, cuya finalidad es proveer de beneficios a los productores (Chavarría, 2013, p. 5). La rotación del ganado es una de las actividades implementadas para contribuir a la protección del suelo. Los árboles utilizados pueden ser de origen natural o pertenecer a plantaciones multifuncionales. Los cuales se emplean para extraer madera, para la industria, o como alimento para el ganado (Mahecha, 2003, p. 12).

### 2.3. Los sistemas agrosilvopastoriles.

Combinan árboles, cultivos y pastos para el ganado, los cuales interactúan de forma simultánea o secuencial (Chavarría, 2013, p. 5). Generalmente los cultivos se ubican entre las filas de los árboles en forma de senderos. El área que ocupa varía en función de las especies arbóreas y cultivadas, así como del tipo de ganado que puede ser bovino, ovino, porcino, entre otros (Sotomayor, 2016, p. 16). Este sistema puede ser sustentable cuando tiene la capacidad de reproducirse y rotar convenientemente en un tiempo moderado, repercutiendo en su funcionamiento a largo plazo (Nahed, 2008, p. 4).

### 2.4. El huerto familiar, casero o doméstico.

Es un sistema mixto de especies forestales, cultivos y ganado. Generalmente se encuentran en zonas tropicales y se considera una de las primeras prácticas agrícolas. Se establece en un sitio colindante al domicilio familiar e integra de manera permanente sus componentes para conseguir satisfacer las necesidades básicas de alimento, remedios caseros naturales, leña, herramientas de origen vegetal y forraje para los animales (Altieri, 1999, pp. 122-123).

### 2.5. Las cercas vivas.

Es una práctica común que consiste en utilizar árboles como linderos que se plantan en hileras alrededor de la propiedad con el propósito de delimitar. Las cercas vivas se establecen en la zona periférica de la propiedad o dentro del terreno para seccionar las parcelas (Otárola, 1995, pp. 24-26). Pueden combinar especies que se ajusten a las condiciones del lugar, las cuales son diversas y su selección depende del objetivo de la cerca y de los factores bióticos y abióticos del área. También es fundamental que el productor tenga claras las funciones de la cerca y conocimiento forestal para seleccionar las especies adecuadas. Este tipo de sistema embellece el paisaje y provee de sombra al cultivo, además de su protección y la del ganado de factores climáticos. A su vez, impacta en la conservación del suelo al mitigar su deterioro y erosión (sobre todo en pendientes), favoreciendo el reciclaje de nutrientes, y controlando su temperatura y el flujo de agua. Por último, la producción de árboles sirve para reforestar el área, producir madera a menor escala, y proveer de leña, forraje, estacas o abono (Otárola, 1995, pp. 24-26).

## 2.6. Los árboles dispersos en cultivos.

Es una práctica agroforestal común mediante la utilización de especies de poblaciones naturales del área o plantadas por el agricultor de acuerdo con sus objetivos. Integra el componente arbóreo, que se distribuye de forma aleatoria, con cultivos permanentes, y su funcionalidad depende de la existencia del recurso hídrico. Siguiendo este método el número de plantas por hectárea no debe ser superior a 50 (Aguirre-Mendoza & Aguirre-Mendoza, 2014, pp. 23-24).