

## CAPITULO 3

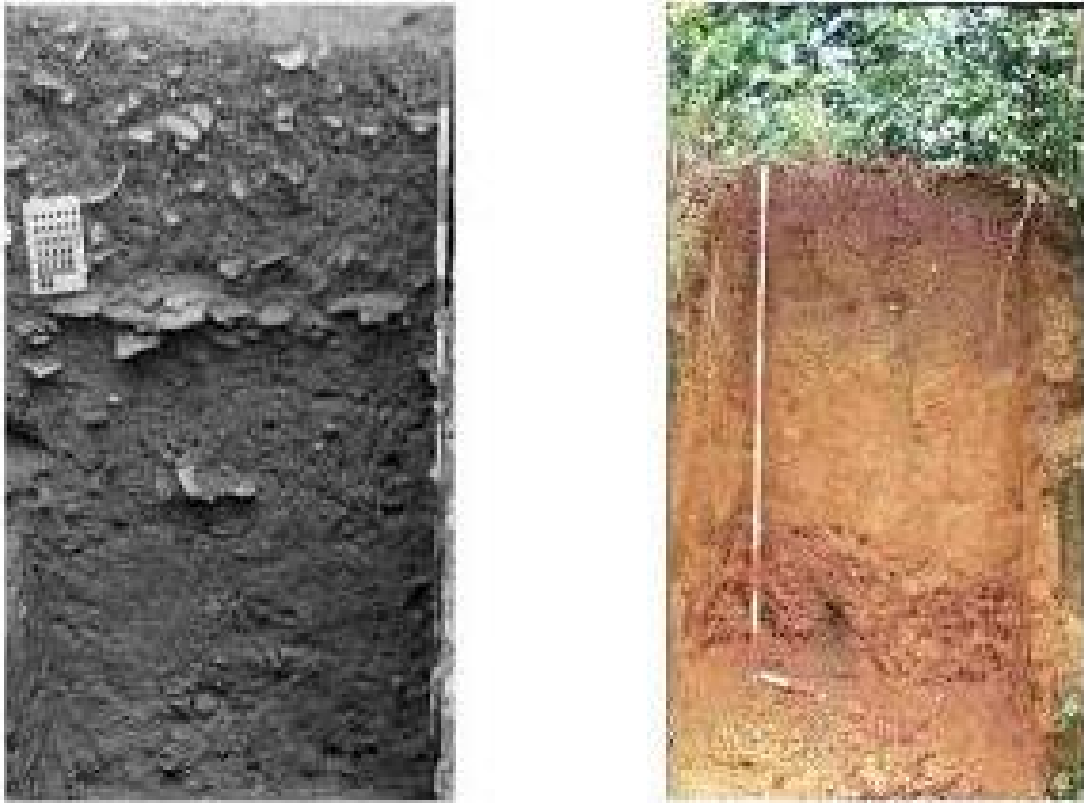
# Principios de la agricultura sintrópica aplicables en sistemas agroforestales

*Juan Martín Sánchez*

El término Sistemas Agroforestales funciona como un paraguas que contiene en sí un mundo de posibilidades, como se vio en el capítulo 1 y 2 de este libro. A grandes rasgos se encuentran tres tipos de subsistemas, en función de si coexisten en el sistema de manejo el componente forestal con: animales y pastos (Sistemas silvopastoriles); cultivos agrícolas (Sistemas silvoagrícolas); o ambos (agrosilvopastoriles) (Petit, s.f). Si bien la primera vez que se define el concepto de Agroforestería fue en 1977, por Bene et al., este tipo de sistemas existe hace miles de años. A modo de ejemplo, Miller y Nair (2006) describen que la distribución de la Nuez de Brasil en el Amazonas está influenciada por el factor antrópico; eran los pueblos originarios los que realizaban arreglos funcionales con especies forestales en sistemas multiestratificados, donde la Nuez de Brasil prevalecía y era acompañada por una diversidad de especies frutales tal como sucede en los sistemas productivos agroforestales. Estas poblaciones vivían de la caza, la pesca, y el cultivo agrícola, hace más de 2000 años, incluyendo estrategias de manejo de suelo con especies anuales, tales como la mandioca (*Manihot esculenta*) y el arrurruz (*Maranta arundinacea*), en consorcio con especies forestales (Pries Devide, 2012).

Dichos asentamientos dejaron un legado importante para la humanidad: la conocida como “terra preta do indio” o tierra negra del indio, en español. Desde la eco antropología, y otras disciplinas afines, se estudia el fenómeno por el cual tierras coloradas de baja fertilidad se convirtieron en suelos fértiles, ricos en materia orgánica, con alta resistencia a la descomposición de la misma, y con gran capacidad para retener nutrientes y agua (Figura 1). El área promedio de las parcelas con este tipo de suelo es de 20 hectáreas (ha) pero se han encontrado algunas con hasta 350 ha de extensión (Departamento de Desarrollo Sostenible, FAO, 2001). En la terra preta, el horizonte superior con restos de carbón formando estratos de alrededor de 50 cm de espesor, pudiendo alcanzar los 2 m de profundidad en algunos casos. Esto contrasta con sus análogos horizontes organominerales de los suelos naturales (capa fértil) del resto de la Amazonia, cuya profundidad no suele exceder de 20 cm de espesor (Lehmann, 2008). Mucho hay para aprender de estos pueblos que supieron regenerar el suelo en vez de agotarlo.

**Figura 1. Tierras coloradas de baja fertilidad se convirtieron en suelos fértiles**



*A la izquierda, calicata de Terra preta do Índio. A la derecha, calicata típica de los suelos de la región amazónica. Fuente: Pries Davide, 2012.*

En este capítulo trata sobre los fundamentos de la agricultura sintrópica, que brinda herramientas para comprender cómo potenciar los procesos naturales, obteniendo a cambio sistemas equilibrados, sin dependencia de insumos, y altamente productivos. Estas herramientas o principios pueden aplicarse tanto en sistemas agrosilvopastoriles, como silvoagrícolas, y silvopastoriles.

## **Agricultura sintrópica**

La agroforestería desde el punto de vista sintrópico es una forma de agricultura regenerativa impulsada por el poder de la sucesión natural que está más allá de lo orgánico y más allá de lo sostenible, y que produce en abundancia (Gietzen, 2016). Este tipo de agroforestería se clasificaría como Sistema Agroforestal Simultáneo, y es un tipo de agricultura basada en tecnologías de procesos, no de insumos. Cuenta con una serie de principios que fueron ideados por Ernst Götsch, quien viene trabajando tanto la teoría como la práctica desde hace años en diferentes partes del mundo, pero con mayor énfasis en la Fazenda Olhos D'Água, su establecimiento productivo en Piraí do norte, al sur de Bahía, Brasil, desde 1984 (Figura 2). Luego de 30 años de trabajar bajo este tipo de agricultura, logró transformar un paisaje de 480 hectáreas de pas-

tizal degradado por la tala indiscriminada y sobrepastoreo (cuyo dueño anterior tenía un aserradero y ganado mayor), en una selva altamente productiva y diversa, llena de especies nativas, donde renacieron 17 arroyos de agua que durante años estuvieron secos. Allí lleva adelante una producción diversificada con foco en cacao, en aproximadamente 7 ha y el resto de sus 480 ha están reforestadas y fueron destinadas a una Reserva Particular de Patrimonio Natural. El destino comercial es el mercado interno y externo, donde su producción de cacao ranquea entre los mejores por sus propiedades organolépticas. Los rendimientos en el cacao son similares a los de los productores de cacao convencionales, la mano de obra necesaria también, con la diferencia de que en algunos años en que se generalizó la enfermedad de la escoba de bruja en la región e hizo caer la producción, en la Fazenda Olhos D'Água no se vio tan afectada, evitando así pérdidas económicas.

**Figura 2. Establecimiento productivo en Pirai do norte, al sur de Bahía, Brasil**



*A la izquierda, imagen de la Fazenda Olhos D'Água en 1984, a la derecha, Fazenda Olhos D'Água en 2015. Fotografía tomada del libro Abundancia agroforestal (Gietzen, 2016).*

La característica principal de los Sistemas Agroforestales sintrópicos es su capacidad de optimizar la producción del territorio (unidad predial) a través de una producción diversificada, en la que los árboles cumplen un rol fundamental, obteniendo productos tales como maderas de baja y alta calidad, obteniendo primero cosecha de especies de rápido crecimiento y luego de especies de lento crecimiento, como muchas de las maderas nativas de los diferentes biomas de nuestro país. También provee de leña, frutas, medicina, forraje, miel, entre otros, dependiendo del diseño y de los objetivos perseguidos. Estos sistemas aprovechan de mejor manera la luz disponible a través de la estratificación del componente vegetal, y también hacen uso más eficiente del recurso hídrico, a través de la generación de microclimas que atenúan las temperaturas extremas y las velocidades del viento, disminuyendo la evapotranspiración. Además, contribuyen a regenerar el suelo, y evitan la erosión eólica e hídrica. Por otro lado, al ser producciones tan diversificadas, disminuyen los riesgos económicos que enfrentan las y los productores considerablemente (Milz, 1997). Existen casos también en los que se crían animales entre las líneas agroforestales, así como también cultivo de granos.

Por último, el término **sintrópía** sería un antónimo de entropía. Respetando ciertos principios básicos que operan en la naturaleza, el sistema, en lugar de tender al caos, simplificarse y liberar energía, tiende a complejizarse y a ordenarse, absorbiendo energía – proveniente del sol - en el proceso.

En este capítulo se hará hincapié en dichos principios de la Agricultura Sintrópica, mostrando ejemplos y elementos claves para poder pensar sistemas agroforestales capaces de responder a las problemáticas actuales de desertificación, degradación de suelos, que den herramientas para enfrentar los desafíos que respecta al cambio climático. También constituye una salida para fortalecer las economías locales y regionales y una fuerte opción para presentar planes de manejo en zonas amarillas del Ordenamiento Territorial (categoría II) de la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley Nacional 26.331).

Cabe aclarar que se aborda la temática de forma introductoria, por ende, quienes estén interesadas en profundizar, las/os invito a escribirme<sup>1</sup>, a seguir leyendo, estudiando, ya que muchas cosas importantes quedarán por fuera de este apartado.

## Principios de la agricultura sintrópica

1. Mantener siempre el suelo cubierto.
2. Concentrar energía y generar biomasa de forma eficiente.
3. Dinamizar los procesos para dar lugar a la Sucesión natural.
4. Realizar deshierbes selectivos y poda.
5. Maximizar la fotosíntesis.
6. Tener conocimiento sobre la ecofisiología de las especies utilizadas para ubicarlas en su nicho correspondiente.
7. Sincronizar los plantíos
8. Entender qué es lo que hace de bueno cada organismo en el sistema.

Los principios se colocan aquí en una secuencia para facilitar la lectura. Esto no significa que haya alguna jerarquía entre ellos, por lo contrario, están todos interconectados, y la no aplicación de cualquiera de ellos puede debilitar nuestro sistema haciendo que se pierda energía disponible (y por ende contribuyendo a la entropía, y no a la sintropía).

### Mantener siempre el suelo cubierto

Este principio merece su dedicación y se espera de las y los lectores especial atención, dado que es el fundamento por el cual se desarrollan el resto de las prácticas. La vegetación para el suelo es como la piel para el cuerpo humano. Un suelo desnudo es un suelo que continuamente se está degradando, a través de:

- La mineralización de la materia orgánica y la consecuente pérdida de los nutrientes.
- La pérdida de la estructura del suelo.

---

<sup>1</sup> Juanma.cipo@gmail.com

- La disminución de la capacidad de almacenar y retener el agua.
- La compactación del suelo y por ende el aumento de los procesos anaeróbicos, desfavorables para el crecimiento de las plantas.
- La disminución de la infiltración del agua.
- Procesos erosivos que pueden constituir problemas irreversibles en el corto, mediano y largo plazo, como la formación de cárcavas, desplazamiento de laderas, etc.

Por el contrario, cubriendo el suelo ya sea con plantas (cobertura viva) como con materia orgánica en descomposición (hojarasca, troncos, ramas, etc.), no solo se frenan los procesos erosivos, sino que mejorarán las condiciones del suelo, contribuyendo a su complejización. La cobertura del suelo es una premisa importante para garantizar la elevada humedad relativa del aire y la estructuración del suelo, así como para prevenir al máximo la erosión. A su vez, evita que el suelo esté a la intemperie, minimizando la amplitud térmica y, por ende, disminuyendo la evapotranspiración, dando lugar a un suelo húmedo por mayores períodos de tiempo, generando las condiciones necesarias para el desarrollo de la vida en el suelo – ya sea la microbiología, como las plantas y fauna del suelo.

La práctica frecuente e intensa de la poda es la herramienta más utilizada por la agricultura sintrópica para generar cobertura permanente en el suelo de forma eficiente, y es fundamental para favorecer la ampliación de los nichos ecológicos de los organismos edáficos, y la consecuente liberación de los nutrientes para la sustentación de las agroforestas (Steenbock y Vezzani, 2013). A modo de ejemplo, Ernst Götsch en su establecimiento productivo “Olhos de agua” en Brasil, logra ciclar entre 180 a 200 toneladas de materia verde por hectárea, que corresponde a 15 a 20 toneladas de materia seca, en una producción diversificada, con foco en cacao, en sistemas productivos maduros (Götsch, 2018). A continuación, se profundizará en los beneficios que trae la incorporación de materia orgánica al sistema.

En primer lugar, no toda la materia orgánica en descomposición es igual, ni se descompone de la misma forma. Sin embargo, es preciso hacer un repaso general de cómo es su ciclo: una parte se incorpora a la biomasa microbiana, otra se transforma en materia orgánica humificada y en el proceso, hay liberación de dióxido de carbono a la atmósfera, como subproducto de la descomposición, como también disponibilización de nutrientes que podrán ser consumidos por microorganismos y/o absorbido por las plantas (Steenbock y Vezzani, 2013). Así, aumenta la materia orgánica en forma de carbono lábil, de rápida transformación y por ende disponible para ser asimilado, como también carbono estable - humus - dependiendo del tipo de material del que se parta.

Este aumento contribuye a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. En cuanto a las primeras, a partir de los macro agregados que forman la materia orgánica particulada (las que van de 0,053 mm a 2 mm de tamaño) aumenta la porosidad, dando lugar a más cantidad de poros, y de mayor tamaño. Esto facilita la infiltración y el drenaje del agua, aumenta la presencia de agua y aire en el ambiente del suelo, factores esenciales para promover la vida de

los organismos edáficos (Steembock y Vezzani, 2013), lo que es también un ambiente ideal para el crecimiento de las plantas y en particular de sus raíces.

No sólo aumenta la actividad biológica de los microorganismos, sino de toda la red trófica, lo que conlleva a un aumento en cantidad y diversidad de la micro y meso fauna, los cuales aportan a la formación de macro poros a partir de las galerías que hacen en el suelo al desplazarse. Estos mejoran aún más la estructura del suelo, y nuevamente mejoran la infiltración y el drenaje del agua. Esto, sumado a que la materia orgánica tiene capacidad de retener agua, hace que la misma sea almacenada de forma más eficiente en el perfil del suelo.

En cuanto a las propiedades químicas, la materia orgánica contribuye a que los nutrientes siempre se encuentren en su forma asimilable por las plantas, al actuar como buffer y corregir el pH de los suelos. Esto se da ya que el pH en el cual todos los micro y macro nutrientes se encuentran disponibles, es el mismo que el pH que tiene la materia orgánica – entre 6,5 y 7,5.

Por otro lado, la materia orgánica estable tiene gran capacidad de intercambio catiónico (CIC), por ende, contribuye a la retención de los nutrientes en el suelo, evitando que se pierdan progresivamente. Steenbook (2013) compara los valores de CIC que presentan algunos minerales del suelo con respecto a la materia orgánica humificada. En la tabla 1 se pueden ver dichos valores entre los que se encuentra cada material, y se puede apreciar el gran aporte que hace la materia orgánica a la CIC.

**Tabla 1. Valores de CIC (cmolc/kg) en los que oscila cada material**

Material	Caolinita	Vermiculita	Materia orgánica humificada
CIC (cmol(+)/kg)*	3 a 15	115 a 250	400 a 1400

\* cmol (+) /kg = meq/100gr

Como se dijo anteriormente, también puede cubrirse el suelo con coberturas vegetales. Al contrario de lo que se dice muchas veces, las plantas, los cultivos, no agotan el suelo. Más bien las prácticas asociadas a ellas son las que lo deterioran. Todas las plantas son capaces de fijar carbono y, por ende, materia orgánica – no solo en la parte aérea, tallos, hojas, troncos – sino también, en el suelo. Jones (2008) explica lo que ella llama “La vía del carbono líquido”, y establece que, bajo condiciones adecuadas, entre el 30 y el 40% del carbono fijado en hojas verdes suele ser transferido al suelo y rápidamente humificado a través de las hifas de hongos micorriza. Esto se da en un proceso en el cual la planta exuda azúcares simples que son re sintetizados en polímeros de carbono altamente complejos por la microbiología asociada – en general micorrizas. Estos polímeros están formados por carbono y nitrógeno de la atmósfera, combinados con diversos minerales del suelo.

Por otro lado, Jones (2018) diferencia el carbono humificado, de la reserva lábil de carbono orgánico: difieren tanto a nivel físico, químico como biológico. Esta última se forma cerca de la superficie del suelo a partir de entradas de biomasa (tal como residuos de cosecha, podas,

raleos), los cuales son inmediatamente descompuestos – exceptuando la biomasa lignificada, la madera – la cual tiende a formar humus estable y duradero (Dos Santos Rebello, 2017). En contraposición, el carbono humificado, forma una parte estable e inseparable de la constitución del suelo, que puede permanecer intacta durante cientos de años, y es fijado a una razón de entre 5 y 20 toneladas de CO<sub>2</sub> por hectárea por año. (Jones, 2008). Esta autora destaca, además, la necesidad de una gran variedad de microorganismos de suelo para la formación de humus y de estructura en el suelo, incluyendo hongos micorriza, bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fósforo. Los microorganismos y las plantas cooperan entre sí; las primeras obtienen su energía de los azúcares de las plantas (carbono líquido), y a cambio proveen a las plantas de agua y nutrientes como fósforo, nitrógeno y zinc. Las micorrizas tienen la capacidad de asociarse con varias plantas bajo tierra y facilitan la transmisión de nutrientes entre diferentes individuos, incluso entre diferentes especies (Jones, 2008). Este fenómeno tiene singular importancia en los bosques donde la regeneración de ciertas especies no podría sobrevivir (en general por falta de luz y, por ende, por incapacidad de hacer la fotosíntesis), sino fuera porque plantas “madre” le facilitan el carbono, u otros nutrientes que las plantas pequeñas no pueden alcanzar, a través de las micorrizas. Existen numerosos estudios que han comprobado dicho comportamiento y lo más interesante, es que la comunicación a través de las micorrizas no sucede entre plantas de una misma especie, sino que es interespecífico. La cooperación entre plantas no existiría sin los microorganismos del suelo. De esta manera, a medida que la estructura vegetal se torna más y más compleja, también lo hacen los microorganismos, y juntos, mejoran la estructura del suelo.

### **Concentrar energía y generar biomasa de forma eficiente**

Con el fin último de aumentar los tenores de materia orgánica en el suelo, y partiendo de la premisa “suelo sano, plantas sanas” es que se recurre a este principio – estrategia, para acelerar los procesos de regeneración del suelo, complejizar el sistema, y reactivar la vida del suelo. En la práctica, significa cubrir el suelo con materia orgánica en descomposición asegurando un colchón permanente de cobertura de un espesor de mínimo 10 cm, sin existir un máximo. Es decir, mientras más cobertura, mejor. El suelo conservará mejor la humedad y se acelerarán todos los procesos, así como también disminuirán los eventuales estreses que le pueden ocurrir a las plantas.

En los sistemas agroforestales, la materia orgánica se dispone imitando el nido de las aves (Figura 3), rodeando los tallos de las plantas, donde la periferia del mismo es más elevada, con mayor cantidad de material, y en el centro – donde irían ubicadas las plantas - menor cantidad y espesor. Esto se hace para evitar ataque de hongos en los tallos de las plantas.

**Figura 3. Cobertura del suelo en SAF**

A la izquierda, diferencia en el crecimiento en cultivos con cobertura (parte de abajo de la foto) en comparación con cultivo sin cobertura (parte de arriba). A la derecha, detalle de la forma de nido en la que se dispone la cobertura. Fotos tomadas de Gietzen (2016) y de Namaste agroforestal (cuenta en Instagram).

La forma de organizar el material es también importante. Se busca disponerlo sobre el suelo de forma lo más pequeña posible, y asegurando que esté en contacto con su superficie (Steenbock y Vezzani, 2013). No existen recetas, y siempre va a depender de los recursos locales con los que se cuente, pero a grosso modo, es conveniente colocar los materiales que más tardan en descomponerse, como la madera (ya sea en forma de troncos, chips, viruta), con la mayor superficie en contacto con el suelo posible, y por encima, hojas, rastrojo, paja. Esto permite que la madera permanezca húmeda, susceptible a ser degradada por hongos descomponedores. De lo contrario, si la madera no queda apoyada sobre el suelo, o bien si queda expuesta al rayo del sol, ésta se secará y tardará muchísimo tiempo en descomponerse y aportar sus beneficios al sistema.

En cuanto a los tipos de materiales, mientras más diverso sea su origen y granulometría, mejor. Cada material aportará diferentes cualidades, nutrientes, tendrán diferente relación carbono – nitrógeno, y tendrán su propio camino para descomponerse, aumentando de esta forma la cantidad de nichos ecológicos para la microbiota del suelo, que será la encargada de disponibilizar los nutrientes para las plantas.

Entre los agricultores agroforesteros/as de Brasil se dice que la mejor escuela es el monte, y que hay que imitar los procesos que en el ambiente nativo ocurren. No existe ecosistema cuya cobertura vegetal y material en descomposición provenga de una sola especie, y muchas veces, tampoco provienen de plantas de un mismo hábito: suele haber arbustos, árboles, rastreas, hierbas, pastos. En este sentido es importante comprender el papel que cumplen los árboles, así como también algunos arbustos y pastos cuyas raíces exploran el perfil del suelo en profundidad, en el ciclado de nutrientes. Éstos, absorben cantidades significativas de nutrientes del subsuelo que son depositadas sobre la superficie a través de las hojas y gajos caídos, o a través de la poda o muerte de raíces superficiales. Este proceso de translocación aumenta el stock de nutrientes disponibles en las capas menos profundas del suelo (Steenbock y Vezzani, 2013). Además, estas plantas funcionan como “bombas de agua”, contribuyendo a humedecer el perfil del suelo con agua disponible en las profundidades, en momentos en que las capas superficiales del mismo se encuentran secas.



Para contar con materia orgánica para cubrir el suelo en todas las etapas del cultivo, es preciso diseñar y planificar bien cuáles serán las plantas que aportarán biomasa y en qué momento. Para ello, se eligen especies cuyo fin principal es el de proveer biomasa – lo que no significa que no tengan otros usos. De esta manera, habrá diferentes fuentes de biomasa en cada etapa: al principio acumularán mayoritariamente materia orgánica las gramíneas, sumado a algunas herbáceas, luego el raleo de árboles, o plantas de placenta (se verá más adelante), y por último, serán las podas de los árboles, y los raleos, de ser necesario, los que mantendrán el suelo cubierto hasta que termine el ciclo de la producción (Figura 4).

En algunos sistemas, el corte de las gramíneas y su deposición en los canteros está mecanizado, donde el tractor corta y apila el pasto en las líneas de los árboles. Lo que se suele hacer es distanciar las filas de árboles de forma tal que la pastura (nativa o implantada) pueda crecer y generar la cantidad de biomasa necesaria para cubrir los canteros los primeros años. Se deja crecer, se corta antes de que florezcan, y se las dispone cuidadosamente en los canteros. Es importante cortar – sea con la herramienta que sea – con cuchillas afiladas. En el caso de cortar con motoguadaña con tanza, ésta no hace cortes limpios, lastima a la planta y, por ende, pierde vigor, y tarda más en rebrotar. Otra estrategia consiste en plantar especies de rápido crecimiento, como el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), que, gracias a su gran desarrollo radicular, también sirve para traer a la superficie nutrientes del subsuelo, así como también se la considera una “bomba de agua”. Éstas serán intensamente podadas para poder cubrir el suelo. Entre agroforesteros/as suelen decir: *se planta pasto para no carpir pasto*.

El distanciamiento entre filas de árboles dependerá de la capacidad del sistema de producir biomasa. Si contamos con pasturas altamente productivas, el distanciamiento se reduce. Si, por el contrario, el área está muy degradada, será conveniente separar las filas un poco. Una estrategia es implantarlas al doble de la distancia definitiva, “salteando” una fila de árboles el primer año, para volver al año siguiente y completar el diseño con la fila faltante. Se supone que, para ese momento, las pasturas estarán recuperadas generando cada vez más biomasa, lo cual hay que corroborar observando la evolución del sistema. Para dar una idea, aunque lejos de ser una receta, Corrêa Neto et al. (2016), en Brasil, recomienda distanciamientos entre líneas de 3 a 4 veces el ancho a cubrir. Si el cantero que estamos armando para la línea agroforestal es de un metro, la distancia entre filas será de 3 a 4 metros. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en Argentina la radiación solar difiere mucho con la de Brasil, así como la productividad de las pasturas y la velocidad de descomposición de los materiales. Estos factores hacen que las distancias para agroforests en estas latitudes tengan que alejarse un poco entre sí.

Otra práctica frecuente es la de hacer caminos al costado de los canteros con troncos, para evitar la compactación superficial por el pisoteo continuo, los procesos anaeróbicos asociados, y el perjuicio a la actividad microbiana que tanto buscamos favorecer – y, además, para que éstos se vayan degradando y aportando materia orgánica al sistema, alimentando a la vida del suelo. Algunos productores hacen estos caminos con el pseudotallo de bananos, el cual es fácil de manejar, fácil de cortar y disponer en el suelo. Para evitar la reproducción del gorgojo negro del banano (*Cosmopolites sordidus*), lo cortan transversalmente, y lo ponen boca abajo. De

esta manera funcionan como una trampa, ya que ponen los huevos en el pseudotallo, y cuando eclosionan y salen las larvas, no les da el tiempo para alcanzar la adultez y acaban muriendo. Por otro lado, funciona como un gran abono, ya que es muy rico en nitrógeno, minerales y agua. Mantiene el suelo húmedo y lo deja libre de hierbas y pastos (Corrêa Neto et al. 2016).

**Figura 4. Prácticas sintrópicas.**



*A la izquierda: detalle de la distancia entre líneas, caminos hechos con madera y canteros con cobertura vegetal, además de troncos de bananos colocados transversalmente. En el centro, cantero agroforestal típico, realizado colocando los pseudotallos de bananos boca abajo, cortados a la mitad. (Ambas fotografías de Namaste Agroforestal) Y a la derecha, detalle de la superficie del suelo por debajo del camino, habiendo utilizado los pseudotallos de banano: suelo húmedo, sin compactar, con alta presencia de lombrices, a pesar de ser un lugar bien transitado. (Fuente propia).*

### **Maximizar la fotosíntesis.**

En la naturaleza, las plantas producen muchas más semillas del número de plantas que se tornan adultas. Esto también se hace así en las agroforestas. Se planta una gran cantidad de semillas de cada especie, preferentemente de plantas madre diferentes. En Brasil lo llaman “muvuca de sementes”, algo así como mezcla de semillas, pero que hace alusión a una técnica ancestral que utilizaban los pueblos originarios para reforestar las áreas linderas a sus establecimientos con especies de corto, mediano y largo ciclo, al mismo tiempo que sembraban cucurbitáceas, mandioca, entre otras. Las especies sembradas tenían varios usos: medicinales, frutales, maderables, usos místicos, entre otros. Del total de semillas, algunas no germinarán, otras sí y serán predadas o parasitadas, y otras todavía podrán ser retiradas del sistema para generar cobertura del suelo (Steenbock y Vezzani, 2013). Se puede decir que las semillas y el tiempo son el abono de nuestro sistema, por lo que nunca están de más. Otra frase muy utilizada por los agroforesteros/as, a la hora de diseñar, es: “Ante la duda, plante”. La decisión de ralear una especie para abrirle el nicho a otra de preferencia es un lujo que se da en este tipo de agricultura, al tiempo que se regenera el suelo. De todas las especies creciendo, algunas serán direccionadas para producir lo que es de nuestro interés: fruto, flores, madera, semillas, hojas; y otras serán transformadas en abono para los cultivos.

Partiendo de la base que la productividad de un sistema crece en función al flujo de carbono (Milz, 1997), y en concordancia con lo que ya se viene diciendo, se busca acelerar este flujo, y para ello, retomamos la teoría de la vía del carbono líquido. Acumular carbono en el suelo de

forma estable es un proceso que comienza con la fotosíntesis y termina con la humificación. Muchos sistemas de producción agrícola industrial no consiguen almacenar carbono en el suelo de forma estable debido a la falta de capacidad fotosintética suficiente y/o el uso elevado de fertilizantes sintéticos u otros químicos que inhiben el establecimiento de la asociación planta – microbio. Estos factores han sido pasados por alto en la mayoría de modelos de captura de carbono en el suelo (Jones, 2008). Si se aumenta la fotosíntesis, también lo hace la fijación de carbono, se acelera el flujo y aumenta la productividad del sistema. Además, al maximizar la fotosíntesis diversificando las especies vegetales, también se diversifica la microbiología del suelo, y se maximiza el control y equilibrio de plagas y enfermedades (Jones, 2014)

En otro trabajo realizado por Jones (2011) midieron los niveles de carbono en dos parcelas donde el material parental, pendiente, aspecto, lluvia y explotación agrícola eran los mismos, y también lo era el nivel inicial de carbono en el suelo. Una parcela era un potrero manejado, cultivado y pastoreado para incrementar la actividad fotosintética, y la otra, era un potrero manejado convencionalmente, a 10 metros de la valla, cuyo ganado ha sido manejado con pastoreo continuo y con una larga historia de aplicación de fosfatos. Hicieron una calicata y analizaron los perfiles: en la primera parcela (a la izquierda de la figura 5), encontraron que los niveles de carbono en los primeros 10 centímetros eran muy similares a los de la segunda parcela (a la derecha de la figura 5). Dicho carbono es resultado de la descomposición de la materia orgánica en superficie (hojas, raíces, estiércol, etc.) que forma carbono lábil inestable, de cadena corta. Sin embargo, en la parcela manejada en pos de aumentar la fotosíntesis, los contenidos de carbono que se encuentran por debajo de los 30 cm de profundidad, han sido fijados mediante la vía del carbono líquido y ha sido rápidamente incorporado a la fracción húmica – no lábil – del suelo. Es carbono de cadena larga, muy estable. En la parcela con manejo convencional no existió tal fijación de carbono. Esta simple diferencia hizo que el potrero de la izquierda pueda mantener el doble de ganado que el potrero de la derecha (Jones, 2011).

**Figura 5. Niveles de carbono en dos parcelas.**



*A la derecha, línea agroforestal utilizando estratos, manejado con podas, maximizando la fotosíntesis. A la izquierda, ensayo hecho por Jones (2011), comparando perfil edáfico y contenido de carbono en un potrero manejado para maximizar la fotosíntesis, con otro potrero con manejo convencional, pastoreo continuo. (Fuente Namaste Agroforestal)*

De esta manera, se comprueba el poder y la importancia de maximizar la fotosíntesis en pos de aumentar la productividad y fitosanidad del sistema.

Por último, retomando el trabajo de Ernst, mientras intentaba llevar adelante sus cultivos en áreas degradadas, tuvo varios “fracasos”, hasta que empezó a plantar árboles de rápido crecimiento en alta densidad, especies exóticas. Luego de un año, dos, comenzó a podarlos severamente. Fue entonces que descubrió que, con la materia orgánica aportada por las podas, así como también el sombreado parcial que les otorgaban a sus cultivos objetivos, generó las condiciones necesarias para que éste pueda instalarse y desenvolverse. Además, descubrió que las plantas que crecían acompañadas de especies nativas tenían mayor vigor en su crecimiento y sanidad. Fue así que empezó a hacer uso de estas especies de rápido crecimiento capaces de devolverle la fertilidad al suelo, entremezcladas con plantas nativas, para llevar adelante sus cultivos.

### **Dinamizar los procesos para dar lugar a la sucesión natural.**

Como se vio anteriormente, es preferible plantar en alta densidad, para aumentar la vida en el suelo, para complejizar, aumentar los tenores de materia orgánica, generar porosidad en el suelo, estructurarlo, entre otros. Para lograr esto y aprovechar mejor el tiempo y el espacio, es necesario intercalar especies de diferentes ciclos de vida, ya que, si por ejemplo se plantan especies de ciclo de vida largo una al lado de la otra, cumpliríamos el principio de maximizar la fotosíntesis, pero rápidamente deberíamos elegir los ejemplares más desarrollados y ralea el resto. En principio no estaría mal, pero si se plantan especies que van a ser cosechadas a los meses de sembradas, otras al año, otras a los dos años, y así sucesivamente, no haría falta ralea, sino más bien cosechar y aprovechar los rastrojos que va dejando cada cultivo que pasa para cubrir el suelo. De esta manera no hace falta esperar tanto tiempo para obtener un ingreso económico, a la vez que se contribuye a mejorar el suelo y “criar” las especies forestales y frutales del futuro. Se trabaja en el diseño para llevar adelante cultivos hortícolas los primeros años en las líneas de agroforesta, así como también cultivo de granos entre líneas (si se desea y en función de la materia orgánica que pueda generar la línea de árboles ya que sería la única fuente de biomasa para cubrir los canteros); hasta que llega el momento en el que los árboles han crecido tanto que, a pesar de las podas, sombrean y desplazan a estas especies altamente exigentes en luz. Así se hace uso de la sucesión natural como una herramienta para mejorar continuamente el suelo, impulsando al sistema a alcanzar niveles altos de fertilidad que sean capaces de albergar tipos de vida cada vez más exigentes en materia de nutrientes, estructura, exposición a la luz, disponibilidad de agua, entre otros.

Se entiende por sucesión ecológica o natural al fenómeno de evolución y complejización de los ecosistemas ocurrido en ambientes que fueron desestabilizados o perturbados, y que poco a poco se van repoblando, dando lugar a que puedan habitar otras especies con características diferentes, hasta llegar a un estado de maduración, o de clímax. Se distinguen es-

pecies que cumplen diferentes roles: las especies colonizadoras, las primeras en establecerse en un determinado ambiente; luego las especies pioneras, llamadas “especies facilitadoras”, que crean las condiciones para que el próximo consorcio pueda crecer (Götsch, 1992). Le siguen las especies secundarias, o de sucesión tardía, que presentan estrategias de reproducción y dispersión muy diferentes, así como también requieren de mayor cantidad de materia orgánica en el suelo y toleran menos las sequías. Por último, son las especies llamadas “climácicas” las que logran instalarse como último consorcio de especies. En la naturaleza, colonizadoras, pioneras, secundarias y especies climácicas tienden a crecer juntas, solo que a velocidades diferentes: las primeras tienen vida muy corta y tienden a hacer de placenta protectora ya que los árboles cuando nacen son muy frágiles (Dos Santos Rebello, 2018). Cuando se retiran, las pioneras crecen más deprisa que las secundarias, y éstas, más que las climácicas. Entre las secundarias, están las iniciales, medias y tardías. Las colonizadoras preparan las condiciones para las pioneras, éstas para las secundarias, hasta llegar a las climácicas, plantas longevas de lento crecimiento. En este sentido, Ernst Götsch identificó, en base a los procesos ocurridos a través de la sucesión natural, tres sistemas: de colonización, de acumulación y de abundancia (Figura 6).

Los sistemas de colonización se caracterizan por desarrollarse en ambientes donde se inicia la vida, en general después de algún disturbio de primera magnitud, ya sea deslizamiento de laderas, erupción de un volcán y el posterior enfriamiento de la lava, entre otros. Las primeras formas de vida que aparecen son bacterias, luego hongos, algas, musgos, y líquenes. Estas primeras transformaciones del ambiente dan lugar a que las primeras plantas puedan instalarse, por lo general gramíneas anuales, que suelen ocupar rápidamente el espacio, no requieren de alta fertilidad en el suelo, florecen y semillan en poco tiempo, resisten a alta insolación, altas y bajas temperaturas, fuertes vientos, entre otras. De a poco se va mejorando el suelo y se abren nichos ecológicos que permiten que se establezcan otras formas de vida, como herbáceas, arbustos y árboles pioneros, pertenecientes a sistemas de acumulación, además de fauna del suelo.

Los sistemas de acumulación alcanzan la tasa máxima de producción de materia orgánica tanto en el suelo como en los organismos que lo componen. A medida que se estructura más cantidad de vida, se disponibiliza crecientemente la energía y los nutrientes, empiezan a aumentar los niveles de nitrógeno en las plantas, aumentando por ende los procesos de la fotosíntesis, que superan a los de la respiración. Esto se puede ver en las hojas, ya que poco a poco, se van tornando menos coriáceas y más suculentas, y con mayores porcentajes de nitrógeno. Es así que la materia orgánica se acumula con velocidad creciente en los suelos (Corrêa Neto et al., 2016). Dentro de este sistema encontramos a especies como Fumo bravo (*Solanum granulosum-tuberosum*), *Sesbania punicea* y *Sesbania virgata*, Curupí (*Sapium haematospermum*), Guarán amarillo (*Tecoma stans*), Tala (*Celtis ehrenbergiana*), Falso caféto (*Manihot grahamii*), sen del campo (*Senna corymbosa*), Ceibo (*Erythrina crista-galli*), cactáceas en general, entre otras, las cuales son pioneras. También anacahuita (*Blepharocalyx*

*salicifolius*), canelón (*Myrsine laetevirens*), koku o chal (*Alophylus edulis*), coronillo (*Scutia buxifolia*), a modo de citar algunos ejemplos, que son secundarias.

Por último, en los sistemas de abundancia se ha acumulado tanta materia orgánica que seguir produciéndola no es prioridad para los organismos forestales. Al contrario, en estos sistemas se empieza a exportar materia orgánica para otros lugares, como veras de ríos, manglares y hasta los océanos. En esta etapa de la sucesión, las plantas tienen baja relación de carbono – nitrógeno, producen gran cantidad y variedad de frutos, más grandes y sabrosos. De esta manera, crían y atraen una gran cantidad y diversidad de animales que dispersan las semillas, llevándolas a otras áreas donde germinarán y constituirán nuevos sistemas de abundancia. Es en los claros de estos sistemas avanzados en la sucesión natural, que se encuentran las condiciones naturalmente perfectas para el desarrollo de la mayoría de nuestros cultivos, lo que torna a esta situación nuestro objetivo a lograr en nuestros Sistemas Agroforestales Agroecológicos (Corrêa Neto et al., 2016). Ejemplos de especies que conforman este sistema son: de estrato emergente: nuez pecán, nogal, araucaria, papaya. Estrato alto para emergente: pera; de estrato alto: manzana, acerola, siete capotes, palmito, higo, mango, maracuyá, vid, olivos, pitaya, entre otros; de estrato medio para alto: palta, arazá, yerba mate, jaboticaba, níspero. Estrato medio: cítricos en general, algunas variedades de banana, guayaba, grosella, pitanga, uvaia, durazno, membrillo. Estrato bajo: ananá, arándanos. (Corrêa Neto et al., 2016; Dos Santos Rebello, 2018).

**Figura 6. Sistemas de colonización, de acumulación y de abundancia.**



A la izquierda, fotografía de un sistema de colonización. Al centro, Sistema de acumulación. A la derecha, sistema de abundancia. Fuente: Namaste Agroforestal.

En la práctica se podría iniciar una agroforesta con hortalizas, secundarias primarias, secundarias tardías y climácicas, con representantes en todos los estratos. La producción hortícola también tiene en cuenta la sucesión y estratificación de los cultivos: para aprovechar mejor el espacio, se planta la rúcula entre los plantines de lechuga, y cuando la lechuga empieza a competir por luz con la rúcula, esta última habrá llegado al punto de poder ser cosechada (a los 40 días), lo que libera espacio para que se termine de desarrollar la lechuga. Lo mismo sucede entre las lechugas y los brócolis, que a su vez están a los costados del cantero, y en el centro, plantas de tomate, distanciadas igual que como se hace en monocultivo. La cantidad de rúcula que se siembra es la mitad de la que se podría sembrar si fuese en monocultura, por ende, el 50% de su potencial. La lechuga se planta igual

que en monocultivo: al 100% de su potencial. Los brócolis no se plantan tan juntos, se los planta al 50% para poder dejarle lugar a las lechugas. Los tomates, se plantan al 100% de su potencial. También se podría sembrar junto con las rúculas, puerro, al 10% del área potencial que se plantaría en monocultivo. Si sumamos los porcentajes de cada uno de los cultivos, obtenemos como resultado 210%: contra 100% si se cultiva solo en monocultura. Se hizo provecho del lugar, a través de la estratificación y la sucesión natural, en más del doble de su potencial, utilizando la misma cantidad de abono, misma cantidad de cobertura vegetal, mismo trabajo de preparado de sitio, maximizando la fotosíntesis en cada una de las etapas, y cubriendo la mayor cantidad de nichos posibles y por lo tanto, reduciendo los nichos disponibles para que crezcan “malezas”.

A este primer consorcio de plantas, se las llama **placenta uno** (Figura 7), justamente porque es la que alimenta y protege a nuestra agroforesta del futuro. Si hubiésemos plantado mandioca, caña de azúcar, tabaco, entre los tomates, cada dos metros, aseguramos lo que se llama placenta dos (Figura 7), que protegerá al suelo por más tiempo, cuando ya los tomates y brócolis se hayan retirado del sistema. Si además se siembra papaya, ananá, maracuyá, bananas, daremos lugar a las secundarias iniciales, que protegerán a las plantas secundarias intermedias y tardías (Figura 8), como pueden ser madereras de rápido crecimiento, árboles para leña, forrajeras, entre otras (todas especies del sistema de acumulación), hasta que por último llegará el momento de cosechar a las climácicas, de sistemas de abundancia: paltos, nogales, mangos, duraznos, manzanas, cítricos, jabuticabas, y maderas nobles de lento crecimiento y alta calidad.

**Figura 7. Placenta uno y dos.**



*A la izquierda, imagen de placenta uno: canteros con asociación de cultivos. A la izquierda, placenta dos, con gran desarrollo de Mandioca y porotos por debajo, entre otras. Fuente: CEPEASORG.*

**Figura 8. Etapa sucesional con secundarias**

*Iniciales en la imagen de la izquierda (con ananá y banana produciendo, y guapuruvú como fuente principal de biomasa) y tardías en la imagen de la derecha. Fuente: Hudsonanaua.*

Producto de este manejo es que las raíces de cada una de las plantas que van abandonando el sistema – las cuales alcanzan cada vez más profundidad – son fuente de alimento para la microbiología del suelo, se descomponen y dejan el lugar en mejores condiciones del que lo encontraron, además de haber estado contribuyendo a fijar carbono al suelo a través de sus exudados, tal como vimos con la teoría de la vía del carbono líquido. De esta manera se crean nichos nuevos, para que sean ocupados por otras plantas. Estos pulsos de luz y sombra, de raleo de raíces, raleo de individuos, son el motor que impulsa a crecer a toda la agroforesta.

#### **Realizar deshierbes selectivos y poda.**

Deshierbe selectivo es un término creado por Götsch, que significa remover del sistema aquellas plantas que son de sistemas anteriores en la sucesión natural. Este principio deja algo claro: se debe evitar desyuyar por desyuyar. Se debe evitar “limpiar el terreno”. Si nace una planta espontánea, está indicando algo: hay un nicho vacío y tiene que ser ocupado por alguna planta para mejorar el sistema. Cabe identificar si nuestro sistema se encuentra en una etapa de colonización, acumulación o abundancia para saber cómo vamos a proceder: siempre hay que retirar las especies de sistemas sucesionales anteriores, para permitir que avance hacia sistemas de abundancia. Si por ejemplo nos encontramos manejando una parcela en condiciones de acumulación, es preciso sacar las plantas anuales, los pastos que forman parte de un sistema de colonización. Si nos encontramos en un sistema de abundancia, es necesario sacar las especies que forman parte del sistema de acumulación. Por otro lado, mientras que la especie que aparece espontáneamente en la línea agroforestal pertenezca al mismo sistema que nuestra línea (colonización, acumulación o abundancia), no es necesario sacarla. Mejor es



dejarla y manejarla: podar, que genere materia orgánica y aporte al ciclado de nutrientes de nuestro sistema, hasta que sea necesario ralear.

En cuanto a la poda, en el inciso anterior se nombraron algunos beneficios. Otros se vieron en el primero: son fuente de materia necesaria para cubrir el suelo. En el caso de podar árboles e incorporar troncos y ramas al suelo, cabe agregar el por qué es que éstos contribuyen notablemente a mejorar el suelo. Aplicar como cobertura madera “rameal” – pedazos de madera de no más de 5 cm de longitud, que provienen de ramas de un diámetro no mayor a 7 cm – viene siendo estudiada por diferentes autores y en sus ensayos han tenido resultados prometedores. Algunos ejemplos son: eliminación de nematodos en producciones hortícolas en Senegal; aumento de materia seca en papa y eliminación de la esclerosis (*Scleroderma sclerotinium*) en casi su totalidad; aumento de materia seca en maíz en un 400% en Costa de Marfil aportando madera rameal de *Azadirachta indica* y *Gliricidia sepium*; aumento del rendimiento del tomate en un 400%; un 1000% en berenjena; entre otros (Guarachi Condori, 2021). Es importante a la hora de aplicarla, no mezclarla en el suelo ya que esto contribuiría a inmovilizar nutrientes. Por lo contrario, si se aplica en superficie, se estará fijando nitrógeno en el suelo, ya que los microorganismos se encuentran con un material a degradar con una relación carbono – nitrógeno más o menos alta, dependiendo del material, lo que favorecerá la aparición y el desarrollo de bacterias fijadoras de nitrógeno, vitales para continuar con el proceso de degradación del material. De esta manera, brindará todos sus beneficios: retención de humedad, habiéndose observado en climas subtropicales que la necesidad de suplementar el riego cae en un 50%, además de aportar al flujo de nutrientes, entre otros. (Guarachi Condori, 2021)

Las características de este tipo de madera es que tienen una alta proporción de corteza; alto tenor de polifenoles solubles – de cadena más corta; son precursores de humus altamente reactivos; concentran el 70% de los nutrientes de los árboles; y tienen una relación carbono - nitrógeno entre 30:1 y 170:1, mientras que los troncos tienen una relación entre 400:1 a 750:1; además de que poseen aminoácidos libres, y alta carga de hormonas que hacen que la descomposición del material sea más rápido, y dando como resultado materia orgánica estable en el tiempo (Dos Santos Rebello, 2018).

Estos no son los únicos beneficios de hacer podas. Como se vio anteriormente, las plantas se comunican entre sí por medio de micorrizas y otros microorganismos. Al podar una planta, ésta recibe la información de que hay una amenaza, y como consecuencia, responde creciendo nuevamente con mayor vigor, mayor velocidad, mayor sanidad. Al mismo tiempo, liberan a través de los exudados de las raíces, ácido giberélico, hormonas de crecimiento, que llegan a las demás plantas – entre ellas nuestros cultivos objetivo – y las inducen a crecer. Este aumento en el crecimiento refuerza a su vez las relaciones simbióticas entre plantas, por un lado, y por el otro, entre bacterias y hongos que disponibiliza nutrientes (Götsch, 2015). Por otro lado, la poda conlleva a una entrada de luz y si está bien planificada, a la sincronización de los cultivos – que se verá más adelante.

A la hora de llevar adelante las podas, es importante siempre empezar desde los árboles más altos a los más bajos, con el fin de disminuir los daños que puedan llegar a causar

la caída de ramas grandes, que son amortiguadas por los árboles de abajo. En este mismo sentido suelen hacerse podas apicales para que los árboles alcancen una altura máxima que no entorpezca el manejo. Se podan en primer lugar las ramas enfermas, tortuosas, sobrepuestas entre sí con otras ramas, y que le dan una arquitectura a la planta desfavorable. Se puede podar drásticamente haciendo el corte en el tronco principal, o bien manteniendo la arquitectura de la planta, según el objetivo de poda, la planta en cuestión, el contexto. A través de las podas los porcentajes de sombreado se modifican y es este dinamismo el que contribuye a que el sistema se rejuvenezca y no pierda vigor. Dentro de los manejos que se hacen, se encuentran podas de estratificación y de fructificación y así como también raleos.

Las podas de estratificación tienen por objetivo evitar que las plantas entren a competir por recursos – sobre todo lumínicos – para pasar a ocupar cada una el estrato ideal al que pertenecen. Para esto, es preciso intercalar plantas de diferentes estratos, y al podarlos, es aconsejable que las copas no se toquen, e idealmente que entre copas haya una distancia en el eje vertical de uno a dos metros, para favorecer que entre mejor la luz al resto de los estratos.

Las podas de fructificación son tratamientos para facilitar la producción de flores y frutos, además de contribuir a la fitosanidad de la planta. Es importante tener en cuenta las características propias de cada especie para hacer una poda adecuada.

Los raleos tienen por objetivo eliminar plantas que ocupan el mismo estrato y sus copas se están tocando. Generalmente, se opta por las plantas que son de etapas de sucesión más avanzadas y se elimina la que es de etapas anteriores.

### **Tener conocimiento sobre la ecofisiología de las especies utilizadas para ubicarlas en su nicho correspondiente.**

Así como es importante conocer el sistema al que pertenecen (colonización, acumulación, abundancia), si son pioneras, secundarias o climácicas (atributos que nos permiten manejar a las plantas en el tiempo), también es importante conocer sus requerimientos ecofisiológicos. En este sentido se rescata el trabajo realizado por el investigador ruso Nikolai Ivanovich Vavilov, quien estudió el origen de las plantas cultivadas, conocimiento que nos permite entender los requerimientos y el rol de las mismas en los ecosistemas. Hoy en día, la mayoría de los cultivos se trabajan de la misma forma: se planta en líneas una sola especie, donde se busca maximizar la radiación solar que reciben. Sin embargo, en su ecosistema de origen ellas cumplían un rol ecofisiológico particular, así como ocupaban un estrato específico.

A modo de profundizar el análisis en este sentido, se definen 5 estratos posibles: Emergente, alto, medio, bajo y rastreras. Sin embargo, hay ecosistemas donde se puede afinar el ojo y se encuentran más estratos. Emergente hace alusión a que son especies que sobresalen de la masa vegetal. Altos son naturalmente los que alcanzan el dosel pero que pueden estar oportunamente un poco sombreados por especies emergentes. Le sigue el estrato medio, luego el bajo (Figura 9), y las rastreras. En el momento de planificar una

agroforesta es fundamental visualizar en el corto, mediano y largo plazo, cuáles serán las especies que ocuparán cada uno de los estratos. La plantación organizada y simultánea de estas especies es la acción principal para garantizar una agroforesta lo más compleja y productiva posible (Steenbock & Vezzani, 2013).

**Figura 9. Estrato bajo.**



A la izquierda, plantas de ananá ubicadas bajo dosel, estrato bajo, con crecimiento vigoroso. A la derecha, ubicadas a pleno sol, cual estrato emergente, en malas condiciones fitosanitarias. Fuente: Dos Santos Rebello (2018)

La ecofisiología vegetal estudia la adaptación de los organismos a las diferentes condiciones ambientales. Con este conocimiento se pueden elegir las especies más apropiadas que se adaptarán sin problema al ambiente, así como también sirve para poder introducir plantas con funciones ecológicas necesarias en momentos precisos, como pueden ser plantas que resistan la seca en ambientes degradados, de modo de crear humedad para las plantas del futuro, o plantas que crecen en suelos pobres, entre otros.

En la práctica, se suele plantar a las especies del mismo estrato, de diferente condición sucesional, prácticamente una al lado de la otra. Se planta por ejemplo Fumo bravo (*Solanum granulatum-tuberosum*) o timbó (*Enterolobium contortisiliquum*) con Cedro misionero (*Cedrela fissilis*) o algún lapacho (*Handroanthus heptaphyllus*); con Incienso (*Holocalyx balansae*) – para la ecorregión de Selva Paranaense. En Brasil, suele usarse *Eucalyptus* en lugar de Fumo bravo, para cumplir su rol, ya que tiene una velocidad de crecimiento alta, son emergentes y tienen una buena capacidad de rebrote. Los plantan a alta densidad (Ernst está trabajando con densidades de 2220 plantas por hectárea), y los podan todos los años, en algunos casos, dos veces por año. En algunos sistemas dejan que crezca entre 5 y 7 metros, y cuando llegan a la altura deseada hacen una poda del 90% de la copa, podándolos así todos los años hasta que haya engrosado lo suficiente el fuste, momento en que lo aprovechan y lo comercializan como madera clear, de mejor calidad que plantaciones en las que no se hacen podas. La poda apical todos los años contribuye a ir “engrosando” al árbol más rápidamente, en la medida que favorece la actividad de los meristemas secundarios (Steenbock y Vezzani, 2013) en detrimento de la actividad de los meristemas primarios (Figura 10).

**Figura 10. Poda apical de *Eucalyptus* sp.**

*La poda se realiza a una altura de 6 m aproximadamente. A la derecha puede verse la biomasa que luego se dispondrá ordenadamente en los canteros. Entre medio de los Eucaliptos, se ve un Ingá spp, estrato alto, sucesión intermedia. A la izquierda, estrato bajo, plantas de ananá. Fuente: Hudsonauna.*

Conforme haya disponibilidad de luz – que se genera a través de las sucesivas podas - el cedro y el lapacho van a crecer derechos, sin problemas de forma, gracias a que las primeras funcionarán de tutor vivo. Cuando lleguen a la altura misma del eucalipto, o fumo bravo, éstos deben cortarse y dejarle lugar al lapacho o Cedro y al Incienso. Y el proceso se repite para con el Incienso, con la diferencia que el cedro y el lapacho no toleran podas del 100% de la copa, siendo mejor hacer podas del 80% de la misma. De esta manera el primer aprovechamiento se hizo sobre especies madereras de calidad media, mientras que los dos aprovechamientos que le siguen son maderas nobles, de alta calidad, tardando aproximadamente lo mismo: entre 8 y 12 años el eucalipto en función de los objetivos, a los 20 – 25 años el cedro o lapacho (lo que significa 8 a 12 años más) y a los 40 años, el incienso. Según Dos Santos Rebello (2018), se puede producir desde un 30 a un 50% más madera y de mejor calidad de esta forma, que bajo la silvicultura tradicional.

Con motivo de que entre luz y se distribuya en pos de optimizar el uso del espacio, en Brasil están considerando áreas sombreadas por especies emergentes que rondan entre un 15 a un 25% de la superficie total, por debajo de ellas, ocupar el estrato alto en un 30 – 40%, el medio en un 50 – 60%, el bajo en un 80 – 90%, mientras que el área sombreada por rastreras y por la regeneración nueva se espera que sea de un 10 – 20% (Figura 11). Si se colocan plantas del mismo estrato una al lado de la otra, se utiliza el 100% del espacio. Si se estratifica, y se suma el porcentaje ocupado por cada uno, se ve que se hace uso del 210%. Así se maximiza la fotosíntesis y aumenta la productividad, al tiempo que se mantiene al sistema dinámico y rejuvene-

cido a través de las podas. Estos porcentajes de ocupación son estimativos, y van a variar en función de los objetivos de la plantación. Por ejemplo, en sistemas donde deba prevalecer la acumulación de materia orgánica por falta de fertilidad en el suelo, se hace fuerte hincapié en estratos altos y emergentes, para generación de biomasa (Dos Santos Rebello, 2018).

**Figura 11. Áreas sombreadas por especies emergentes**



A la izquierda, poda de estratificación hecha por Namaste Agroforestal. A la derecha, un esquema que muestra los porcentajes de ocupación del espacio según cada estrato. Fuente: Correa Neto et al., 2016.

Por último, a la hora de diseñar, es recomendable que las plantas de una misma línea se “salteen” un estrato. Es decir, es preferible plantar especies emergentes intercaladas con especies de estrato medio, en otra línea, especies de estrato alto con bajos. Esto, y sumado a las podas de estratificación previamente explicadas, permiten un aprovechamiento más eficiente de la luz en el sistema.

### Sincronizar los plantíos

Para pensar en este principio, es necesario pararse en el foco de nuestra producción, para sincronizar todas las demás especies y manejos en función de ella. Un ejemplo es el de los cítricos. Los mismos son de estrato medio, y producen fruta de muy buena calidad cuando están sombreados y protegidos de los vientos y las lluvias intensas. Sin embargo, necesitan de abundante luz para estimular una floración abundante. Sincronizar el plantío en este caso sería plantar árboles caducifolios por encima de los cítricos para que, al momento que éstos están por empezar a florecer, los árboles de estratos altos y emergentes recién estarán brotando luego del reposo invernal. Esto les da la chance de que entre la luz que necesitan para florecer, a la vez que luego del cuajado de sus frutos, estarán cada vez más protegidos por las copas que van creciendo poco a poco y otorgando cada vez más sombra. Es necesario conocer la ecofisiología de las especies en cada región que se la cultiva, para producir el efecto deseado. Hay especies caducifolias que pierden las hojas a principios del otoño, y brotan una vez entrada la primavera, y otras que pierden las hojas en principios del invierno y brotan al final del mismo. Tener estas cuestiones en cuenta es fundamental. Además, Sán-

chez Trapezes (com. personal) hace hincapié en otro efecto benéfico que se produce con especies caducifolias y cítricos en casos en los que las primeras pierden las hojas al tiempo que los cítricos terminan de madurar sus frutos, en el otoño casi invierno, según la variedad. Esto permite nuevamente el ingreso de la luz y favorece los procesos de hidrólisis de los almidones de la fruta, que se transforman en azúcares, lo que se traduce en una mejora en el sabor al momento de la cosecha.

Por otro lado, si se asocian con especies perennes, es necesario hacer podas fuertes – cortando un 80% de sus ramas en la época en que los árboles pierden las hojas. Esto tendría además el efecto de estimular el crecimiento de los cítricos, adquiriendo el sistema una dinámica muy fuerte (Milz, 1997). Bajo esta lógica, pueden pensarse innumerables consorcios que estén sincronizados entre sí. Milz (1997), luego de explicar acerca de la sincronización de los cultivos, concluye “*Debajo de una sombra vieja no desarrollan los cultivos*”, haciendo alusión a la importancia de las podas.

### **Entender qué es lo que hace de bueno cada organismo en el sistema**

En este tipo de agricultura no se conciben a las plagas como tal. De serlo, deberíamos luchar permanentemente contra ellas, contra la naturaleza, en lugar de trabajar con ella. Ernst prefiere llamarlos “organismos que trabajan en el departamento de optimización de los procesos”. Las “plagas” nos ayudan a entender qué es lo que está pasando, cuáles son los desequilibrios, qué es lo que estamos haciendo mal. Lo que hay que entender es por qué están ahí. Hay ciertas situaciones, como estrés hídrico, lumínico o bien desequilibrios nutricionales, que hacen que las plantas no puedan terminar de sintetizar proteínas, generando aminoácidos libres en sus estructuras celulares, así como también azúcares simples en vez de complejos. Al mismo tiempo, los hongos e insectos no tienen el complejo enzimático necesario para alimentarse de una planta sana, no pueden romper los enlaces peptídicos de las proteínas, para así poder nutrirse de los aminoácidos, por lo que sencillamente prefieren alimentarse de aminoácidos libres. Y como dijimos anteriormente, éstos, los encuentran en plantas que ya sufrieron algún tipo de estrés, lo que es, generalmente, consecuencia de que una planta no está en su nicho ecológico adecuado (Chaboussou, 1999). Esto se conoce como la teoría de la trofobiosis, la misma que explica cómo la aplicación de fertilizantes, sobre todo nitrogenados, generan tal desbalance nutricional en las plantas que hacen que sean susceptibles al ataque de “plagas” por lo dicho anteriormente. Estos insectos y hongos, en el mediano plazo, están mejorando nuestros suelos: colaboran en el sistema acelerando los ciclos de la materia, incorporando al suelo aquellas plantas que no deberían desarrollarse en ese momento dado, en ese lugar.

Un ejemplo muy claro de ello son las hormigas cortadoras de hojas, de los géneros *Atta* y *Acromyrmex*. Estas hormigas al cortar las hojas se alimentan de su savia, aunque no es su principal fuente de alimento; por lo contrario, su fuente de proteínas son los hongos que cultivan en su hormiguero (Figura 12), al cual le dan de comer fragmentos de plantas. Para ello han desarrollado una de las estructuras sociales más complejas dentro de su género, y hasta se han asociado con bacterias que mantienen sus cultivos libres de otros hongos parásitos.

Ellas suelen indicarnos muy bien dónde es necesario hacer las podas, a la vez que regeneran los suelos: al llevarse las hojas a los hormigueros, al darle de comer al hongo que crían, logran transformar abundante biomasa en materia orgánica. En ambientes tropicales un solo hormiguero puede cortar 2.000 kg de hojas por año (en peso seco). Un nido de *Atta* puede desplazar hasta 30 toneladas de suelo removiendo anualmente 1.1 toneladas por hectárea. Evidentemente, los grandes movimientos de tierra indican la existencia de un alto número de cámaras subterráneas, muchas de ellas con abundante material orgánico en descomposición – su basura. En Brasil, excavando un nido de *Atta sexdens* encontraron 296 cavidades con basura orgánica a profundidades entre 1 y 6 metros. Algunas de estas cavidades tuvieron hasta 5 m de altura por 1,5 m de diámetro, con más de 500 kilos de materia orgánica, desechos vegetales y hasta “inquilinos” vivos (otras especies de insectos) (Folgarait & Farji-Brener, 2005).

En ambientes naturales los hormigueros cumplen un papel vital en la formación y modificación del suelo, mejorando sus propiedades, incorporando materia orgánica y acelerando el ciclado de nutrientes. Como consecuencia, cuando la colonia muere muchas veces los hormigueros funcionan como sitios de colonización para distintos tipos de plantas, incrementando la diversidad vegetal local y modificando el paisaje (Folgarait y Farji-Bremer, 2005). De esta manera contribuyen a saltar rápidamente de un sistema sucesional a otro, generalmente pasando de un sistema de colonización a uno de acumulación.

**Figura 12. Personas trabajando en la apertura de un hormiguero, pudiéndose ver el tamaño del mismo en comparación con el tamaño de las personas**



Al mismo tiempo, Folgarait y Farji-Bremer, (2005) agregan que “(...) las cortadoras de hojas funcionan “concentrando” materia orgánica, ya que traen pedacitos de plantas de hasta 100 m de distancia para depositarlos en lugares específicos de su nido. Estos sitios pueden ubicarse en cavidades subterráneas o sobre la superficie, dependiendo de la especie de hormiga. Los desechos de materia orgánica provienen principalmente de los vegetales usados para el cultivo del hongo, aunque también de los cadáveres de hormigas y las excreciones de la colonia. Como consecuencia de la acumulación de materia orgánica, en estos sitios ocurre un intenso proceso de descomposición, transformando esos “basureros” en verdaderos depósitos de hu-

mus a los cuales pueden acceder las raíces de las plantas cercanas. O sea, la acumulación de esta materia orgánica o “basura” propicia un verdadero ciclo de la materia. De hecho, en los bosques tropicales se demostró que el ciclo de nutrientes en suelos cerca de hormigueros es hasta 38 veces más rápido que en sitios cercanos sin nidos de hormigas.”

Y como vale la pena profundizar en el tema, se agrega este fragmento del texto: “De este modo, en ambientes naturales los grandes nidos funcionan generando heterogeneidad en el suelo y posibilitando que plantas diferentes al entorno se puedan instalar y reproducir, incrementando la biodiversidad. Por ejemplo, en las pasturas del Chaco y en las sabanas sudamericanas, las plantas leñosas se desarrollan mayoritariamente sobre nidos de *Atta*, estimulando la formación de verdaderas “islas” de arbustos y árboles en un “mar” de pastos. De esta forma, algo pequeño como un hormiguero que abarca sólo unos metros cuadrados puede modificar paisajes de cientos de kilómetros. Este enriquecimiento del suelo ocasionado por las hormigas cortadoras es especialmente importante en los ambientes con suelos pobres. Pese a que por un lado sacan hojas, por el otro favorecen el ciclado de nutrientes, el cual, indirectamente, favorece al crecimiento de la vegetación. Dicho de otra forma, las hormigas cortadoras ayudan a mantener un equilibrio energético en los sistemas naturales donde habitan. Por último, varios estudios han demostrado que los suelos cercanos a los hormigueros son más ricos en nutrientes que suelos lejanos a los nidos, tanto en las selvas y sabanas tropicales como en las estepas del Noroeste de la Patagonia. Este suelo más rico puede ser aprovechado por las plantas que se encuentran alrededor de los nidos, ya sea mientras la colonia esté activa o cuando el nido es abandonado y/o muere.”

Haciendo un repaso se ve que las hormigas cumplen con muchos de los principios que la agricultura sintrópica persigue. Por un lado, realizan podas de árboles, permitiendo que entre luz para otras plantas ubicadas debajo de ella, eliminan los más débiles o con desbalances nutricionales (deshierbe selectivo) y concentran la energía en un lugar determinado: el hormiguero. Además, muchas de ellas mantienen el suelo cubierto y dinamizan los procesos para dar lugar a la sucesión natural. Seguramente cuando abandonen el hormiguero, habrán dejado el sitio preparado para que germinen gran cantidad de semillas que maximizarán la fotosíntesis.

A pesar de todo esto, las hormigas son consideradas un gran problema, “una plaga” tanto para la agricultura como para la forestería, ya que son capaces de eliminar árboles enteros por defoliaciones repetidas. Sin embargo, según Folgarait y Farji-Bremer (2005) esto no sucede así en ambientes naturales. Es común que cortadores, abandonen un árbol del cual se están alimentando antes de que este sea completamente defoliado, o que se alimenten de plantas lejanas al nido pese a existir otras similares más cerca. La ventaja de este patrón de comportamiento es que estas colonias pueden vivir hasta 20 años sin mudarse, por lo que no sería conveniente para ellas consumir los árboles más apetecibles hasta su muerte, ya que el radio en el cual deberían moverse para encontrar su alimento sería cada vez más grande. Por otro lado, no todas las hojas son igualmente apetecibles para las hormigas: siempre van a preferir los brotes nuevos, más aún si en estos no hay síntesis completa de sus proteínas y almidones. Por



tanto, la calidad de los recursos dentro de una misma planta puede variar tanto en el espacio (diferentes ramas), como en el tiempo (solo en alguna época del año). Así mismo sucede en los ambientes en los que viven: la defoliación está separada en el tiempo y en el espacio entre diferentes especies. Y acá hay un aspecto clave: el gran problema que supone el ataque de hormigas en los cultivos convencionales se da justamente porque ha sido reemplazado un ambiente diverso – con oferta alimenticia diversa en tiempo y espacio – por un monocultivo que supone un único recurso para la alimentación de las hormigas (Folgarait y Farji-Bremer, 2005).

Su comportamiento entonces se altera al modificarse su medioambiente, así como también tienden a aumentar las densidades poblacionales. Tal es el ejemplo de *Acromyrmex landolti*, cuya densidad poblacional en sistemas naturales tiende a ser entre 20-500 nidos/hectárea, en función de la capacidad de generar alimento del ambiente, mientras que los mismos ambientes transformados a pasturas, suelen tener una densidad de 6.000 nidos/hectárea, como respuesta a las modificaciones que el hombre realiza. (Folgarait y Farji-Bremer, 2005).

Y entonces... ¿Qué se puede hacer ante esta realidad? Plantar en alta densidad, dejar solo las plantas de mayor vigor y raleo o podar las plantas que hayan sido atacadas, dinamizando un proceso que ya iniciaron estos organismos, aportando a cubrir el suelo en menor tiempo del que lo harían ellos, induciendo a las plantas a rebrotar y rejuvenecer, a la vez que se aporta materia orgánica para mejorar el suelo, para que las especies que no pudieron desarrollarse en ese momento, puedan hacerlo en un futuro.

## Conclusiones

Como se pudo ver, muchos de los ejemplos son de establecimientos productivos en Brasil, cuna de la agroforestería sintrópica, donde no sólo se están llevando adelante ensayos, investigaciones científicas, y mucha práctica, sino que también tienen un gran significado a nivel social, un hito, un antes y un después. En palabras de un agricultor del Movimiento Sin Tierras de Brasil, propietario de 12 ha, decía: *“Antes luchaba por la reforma agraria. Hoy con una hectárea me alcanza y me sobra. La agroforestería es otra forma de hacer la reforma agraria”*. *Son muchas las cooperativas, las escuelas de agroforestas, las comunidades indígenas, así como también las universidades que se están involucrando en este mundo. Los jóvenes, quienes en general migran a las ciudades, están enraizando un sentido de pertenencia muy fuerte para con el lugar en el que viven y un orgullo muy grande de ser parte de una comunidad agroforestera. Esto es esperanzador, y constituye una salida a los conflictos socio – ambientales que se dan en todo el mundo”*.

Por este mismo motivo, hoy en día se están tomando los conceptos básicos y principios de agroforestería y se están practicando en cada uno de los continentes – excepto en la Antártida. También se están rediseñando sistemas viejos de producción de frutales para reconvertirlos en agroforestas, y se viene avanzando muy rápidamente. En Argentina existen varios sistemas en curso, principalmente en Misiones, pero también en la región pampeana, en Yungas y Chaco (aunque puede que haya en más provincias/regiones que no tenga registrado).

Es necesario seguir estudiando y contribuyendo a generar conocimiento en este sentido, ya que los modelos de producción vigentes no son sustentables socialmente y ecológicamente, lo que a la larga se traducirá en que no lo sean económicamente. La economía no puede desprenderse ni de la gente, ni de la naturaleza. Por el contrario, es la naturaleza la que pone las pautas, y las personas las que mueven la economía en función de lo que ella tenga para ofrecernos. Actualmente, la mayor parte de las tierras agrícolas son fuentes potenciales de carbono. Es decir, el suelo está liberando más carbono que el capturado. Una aproximación más biológica a la producción de cultivos – y al pastoreo minuciosamente planificado de potreros y praderas – haría posible que las tierras agrícolas se convirtieran en sumideros de carbono. Si todas las tierras de cultivo fueran sumideros en vez de fuentes de CO<sub>2</sub>, los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub> disminuirían al mismo tiempo que mejoraría la productividad agrícola y la retención de agua dentro del agroecosistema. Esto resolvería la mayoría de los problemas en la producción de alimentos, en el ambiente y de la salud humana (Jones, 2008). Para ello, es necesario un cambio de paradigma, que ya se está dando, pero que todavía está al margen del sistema agroindustrial dominante.

Para cerrar el capítulo, quiero agradecer enormemente a la Unidad de Vivero Forestal, lugar en el que un grupo de estudiantes llevamos adelante un pequeño sitio piloto de agroforestería sintrópica, donde aprendemos practicando, e invitamos a las y los lectores a acercarse, para potenciarnos, para abrir puertas, para ser protagonistas en el cambio que queremos para el mundo.

## Referencias

- Arias Nery, L. A. (2017). Principios de sistemas agroforestales. En Arias Nery, L. A. (Comp), Producción en sistemas agroforestales (PRO – SAF) y Sistemas agroforestales simultáneos (SAS). (15 – 92) Centro de Educación Técnica, Humanística y Agropecuaria, La Paz.
- Bene, J.G., Beall, H. W. & A. Côté. (1977). Trees, food and people: land management in the tropics. Recuperado de: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/930>.
- Chaboussou, F. (1999). Plantas Doentes Pelo Uso de Agrotóxicos (A Teoría da Trofobiose). Brasil: Ed. L y PM.
- Corrêa Neto, N.E., Messerschmidt, N.M., Steenbock, W. & P.F Monnerat. (2016). Agroflorestando o mundo de facao a trator. Gerando práxis agroflorestal em rede (que já une mais de mil famílias camponesas e assentadas). Brasil. Cooperafloresta. Barra do Turvo.
- Dos Santos Rebello, J.F. (2018). Principios da agricultura Sintrópica segundo Ernst Götsch. Recuperado de <http://www.ecoagri.com.br/web/wp-content/uploads/Princi%CC%81pios-de-Agricultura-Sintro%CC%81pica.pdf>.
- Departamento de Desarrollo Sostenible, FAO. (2001). Terra Preta - ¿manejo orgánico de los suelos? Brasil, Agricultura orgánica y recursos abióticos. Recuperado de <http://www.fao.org/3/Y4137S/y4137s05.htm>.

- Farji-Brener, A.G. & P.J. Folgarait. (2005). Un mundo de hormigas. Buenos Aires Ed. Siglo veintiuno editores Argentina S. A.
- Gietzen, R. (2016). Abundancia Agroforestal. Un manual de agricultura sintrópica. Michigan. Recuperado de: [https://assets.echocommunity.org/publication\\_issue/ae1d762e-d561-4a7e-80b3-de9ddeaa6259/es/abundancia-agroforestal-manual-de-agricultura-sintropica.pdf](https://assets.echocommunity.org/publication_issue/ae1d762e-d561-4a7e-80b3-de9ddeaa6259/es/abundancia-agroforestal-manual-de-agricultura-sintropica.pdf)
- González, M. O. & M.F. Aguilera. (2003). Capítulo V: Uso de modelos agrosilvícolas. Recuperado de: <https://agroforesteria.infor.cl/>.
- Götsch, E. (1992). Natural succession of species in agroforestry and in soil recovery, Pirai do Norte, Fazenda Três Colinas, 19 p. (no publicado).
- Götsch, E. (2015). La vida en Syntropy. Material audiovisual Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=gSPNRu4ZPvE>.
- Götsch, E. (2018) Fragmento de un video recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=kYKf8f\\_KByI](https://www.youtube.com/watch?v=kYKf8f_KByI)
- Guarachi Condori, M.A. (2021). Regeneración de suelos mediante el uso de madera rameal fragmentada. Recuperado de <https://agrecolpraktikum.wordpress.com/regeneracion-de-suelos-mediante-el-uso-de-madera-rameal-fragmentada/>.
- Jones, C. (2008). La vía del carbono líquido. Recuperado de [http://www.amazingcarbon.com/PDF/La%20v%C3%ADa%20de%20carbono%20l%C3%ADquido%20\(2008\).pdf](http://www.amazingcarbon.com/PDF/La%20v%C3%ADa%20de%20carbono%20l%C3%ADquido%20(2008).pdf)
- Jones, C. (2011). El carbono que cuenta. Recuperado de [https://www.amazingcarbon.com/PDF/El%20carbono%20que%20cuenta%20\(2011\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/El%20carbono%20que%20cuenta%20(2011).pdf).
- Jones, C. (2014). Nitrógeno: la espada de doble filo. Recuperado de [https://www.amazingcarbon.com/PDF/Nitr%C3%B3geno\\_%20La%20espada%20de%20doble%20filo%20\(2014\).pdf](https://www.amazingcarbon.com/PDF/Nitr%C3%B3geno_%20La%20espada%20de%20doble%20filo%20(2014).pdf).
- Lehmann, J. (2008). Terra Preta de Índio. Cornell University. Recuperado de [https://web.archive.org/web/20080423103456/http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/terra\\_preta/TerraPretahome.htm](https://web.archive.org/web/20080423103456/http://www.css.cornell.edu/faculty/lehmann/terra_preta/TerraPretahome.htm).
- Ley Nacional N° 26,331. (2007). Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>.
- Miller, R.P. y P.K.R. Nair. (2006) Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today. Agrofor. Syst., 66 pp. 151-164.
- Milz, J. (1997). Guía para el Establecimiento de Sistemas Agroforestales. La Paz. Ed. DED.
- Petit, J. (S. F.) Historia de la agroforestería. Recuperado de [http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/jcpetita/materias/agroforesteria/tema1\\_agf.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/jcpetita/materias/agroforesteria/tema1_agf.pdf).
- Pries Devide, A. C. (2012). Terra preta de índio (TPI). Anthropogenic dark earth. Recuperado de: [https://orgprints.org/24811/1/ANTROPOGENIK\\_DARK\\_EARTH.pdf](https://orgprints.org/24811/1/ANTROPOGENIK_DARK_EARTH.pdf).
- Steenbock, W. & F.M. Vezzani. 2013. Agrofloresta. Aprendendo a producir com a natureza. Brasil. Curitiba.