

2017 International Symposium on Cocoa research (ISCR), Lima, Peru, 13 - 17 November 2017

Establecimiento de un ensayo en sistemas agroforestales de cacao con diferentes niveles de manejo en la Amazonía ecuatoriana

C. Subía, C. Caicedo, D. Calderón, L. Tinoco J. Pico, Y. Vargas, F. Fernández, N. Paredes, A. Vera, A. Díaz, S. Bastidas, D. Sotomayor, L. Lima, J. Intriago, C. Congo, M. Sánchez
INIAP-EECA, Joya de los Sachas, Ecuador

RESUMEN

Frente al cambio climático, pérdida de la biodiversidad, fragilidad de los suelos agrícolas, baja productividad de cultivos y pobreza en la región amazónica ecuatoriana, los sistemas agroforestales se presentan como una alternativa sostenible para la producción agrícola de las especies de mayor interés, entre las que se destaca el cacao al ser originario de la zona y por la importancia que representa como fuente de ingresos económicos a los agricultores. Se ha demostrado que la producción de cacao bajo sistemas agroforestales requiere de un manejo diferenciado respecto de los cultivos intensivos que se realizan principalmente en la Región Litoral del país, por lo que se propuso el establecimiento de un ensayo para evaluar cinco tipos de sistemas agroforestales con cuatro niveles de manejo agronómico. El experimento se sembró con los clones EET-103 y EET-95 a finales del 2015 en los predios de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP a 250 msnm que cubre una superficie aproximada de 9 hectáreas, se aplicó el Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo en franjas donde el cruce de los arreglos agroforestales con los manejos resultan en un total de 20 tratamientos con tres repeticiones, siendo la unidad experimental de 1296 m². Este estudio se realiza de forma multidisciplinaria con el objetivo de evaluar el comportamiento de las diferentes especies componentes de los sistemas agroforestales e interacciones bióticas y abióticas, por lo que se propuso evaluar variables edáficas, flujo de nutrientes, comportamiento de plagas y enfermedades, servicios ecosistémicos, rendimientos, calidad de la producción y el análisis económico. Los sistemas agroforestales resultaron de la combinación del cultivo de cacao con una especie forestal *Cedrelinga cateniformis*, con una especie frutal *Bactris gasipaes*, con una especie de servicio *Erythrina* spp, con la especie forestal combinado con una especie de servicio más un testigo a libre exposición solar, los que una vez establecidos fueron aplicados los diferentes niveles de manejo correspondientes a bajo orgánico, orgánico intensivo, medio convencional que se refiere al manejo recomendado por INIAP para la zona y un manejo intensivo denominado alto convencional. En el ensayo se partió del análisis de suelo por parcela que resultó en la homogeneidad del suelo, para lo que se aplicó la fertilización de arranque y se han realizado básicamente labores de control de malezas, podas de formación del cultivo principal y manejo de los dos tipos de sombra, usándose el cultivo de plátano como sombra temporal.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao en Ecuador, apoyada por proyectos gubernamentales y por iniciativas privadas ha incrementado la superficie plantada en aproximadamente 100 mil hectáreas entre el 2014 y el 2016 alcanzando las 559 617 ha; específicamente, en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE) de las 122 398 ha destinadas a cultivos permanentes, el 34% de esa superficie está ocupada por el cultivo de cacao (INEC 2017).

Al aplicarse un diagnóstico socio-productivo a los sistemas de producción agropecuaria en la zona norte de la RAE en el año 2013, se determinó que del total de familias encuestadas el 82,1% producía cacao en sus unidades productivas, y al menos un 67% de las mismas mantenía el cultivo bajo un sistema agroforestal (Subía et al. 2014).

El cacao es uno de los principales rubros agrícolas de importancia económica como fuente de ingresos para los productores para la RAE mayormente está distribuido en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo, sin embargo presenta un rendimiento muy bajo (0,31 t ha⁻¹), inclusive menor al promedio nacional (0,42 t ha⁻¹); promedios que están por debajo del potencial productivo de este rubro y convierten al cacao en un cultivo poco rentable pero con mucho potencial para los productores (INEC 2017).

En la RAE, la producción agrícola está limitada, principalmente, por la baja fertilidad de los suelos: acidez alta, toxicidad causada por altos contenidos de aluminio, deficiencia de nitrógeno y fósforo. Adicionalmente, los suelos de esta región presentan problemas físicos de estructura no definida y con alta saturación de humedad, así como problemas de erosión, compactación y lixiviación. A esto se suma el grave problema ocasionado por la alta presencia de plagas y enfermedades (Nieto y Caicedo 2012).

La característica principal que distingue al cultivo de cacao del tipo nacional, es su necesidad de sombra, como un elemento básico en el inicio del cultivo (Larrea 2008), tradicionalmente, se ha utilizado sombra de plátano o frutales como el chontaduro (*Bactris gasipaes*), asociados con otros cultivos (Graefe et al. 2012), también, estudios realizados en Perú, Colombia y Brasil han demostrado que el chuncho (*Cedrelinga catenaeformis*), es una especie forestal con características maderables valiosas, de estrato superior en los sistemas agroforestales, de rápido crecimiento y además fija nitrógeno (Flores 2002).

Los sistemas agroforestales permiten interacciones simbióticas, ecológicas y económicas entre los componentes maderables y no maderables para incrementar, sostener y diversificar la producción; así se tiene que los sistemas que incorporan árboles y arbustos perennes tienen la ventaja de producir leña, frutos, forraje, y otros productos, además mantienen y mejoran el suelo así como disminuyen los riesgos de producción ante variaciones estacionales del ambiente (Mendieta López & Rocha Medina 2007).

La meta de un sistema agroforestal es establecer un equilibrio entre la diversidad y complementariedad de acuerdo al lugar donde se encuentra y así poder mantener un balance equilibrado en el uso del recurso hídrico y la fertilidad indefinida del suelo mediante el reciclaje de nutrientes, por tanto el potencial de las interacciones ecológicas en un sistema agroforestal son numerosas, siendo cada una de estas específicas para diferentes tecnologías agroforestales (Torres et al. 2008).

Los sistemas agroforestales tienen gran potencial para retener el carbono atmosférico, tanto en las partes aéreas de las plantas, como en el sistema radicular y en la materia orgánica del suelo; representan una alternativa para los productores al reducir la dependencia de un solo cultivo, logrando por lo general, incrementar la rentabilidad en las fincas (Farfán 2014).

En el trópico, el potencial de fijación de carbono por los sistemas agroforestales, se estima entre 12 a 228 t.ha⁻¹, dependiendo de la estructura del sistema y el medio en el que se establecen (Albrecht y Kandji 2003). La distribución del carbono varía de acuerdo al depósito, pero la evidencia demuestra que el suelo contiene más del 60% respecto al total del carbono almacenado, seguido de la biomasa aérea con el 30% y, la necromasa con aproximadamente el 10%. El porcentaje más alto de carbono se encuentra generalmente en la materia orgánica del suelo (MOS) (Graefe et al. 2012)

Conociendo la importancia del cacao en la región, se constituye como una de las mejores y más promocionadas alternativas productivas para los productores, lo cual no se debe únicamente a su importancia económica, sino también a su compatibilidad con el ambiente y el ecosistema debido a que justamente es una especie de origen amazónico (Nieto y Caicedo 2012); Con estos antecedentes y como parte de la tercera fase del proyecto “Implementación Interinstitucional de Agroforestería Sostenible para la Amazonía Ecuatoriana” ejecutado en convenio entre el INIAP y el CATIE entre los años 2013 y 2015 se estableció el ensayo experimental con el objetivo de evaluar sistemas agroforestales bajo diferentes manejos agronómicos de cacao, donde intervienen todas los Programas y Departamentos de la estación experimental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se sembró en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas con una altitud de 250 msnm, corresponde a zona de vida de bosque húmedo tropical (bhT) (Holdridge 1982) con precipitación promedio de 3217 mm/año, heliofanía 1418,2 horas luz, temperatura promedio anual 24 °C y humedad relativa del 91.5% (INAMHI 2010).

Los factores en estudio fueron los sistemas agroforestales con cinco tipos de arreglo y los manejos del cultivo determinado por cuatro niveles de intensidad, dando resultado de su interacción 20 tratamientos en campo. Las especies que integran los sistemas forestales son: chuncho (*Cedrelinga catenaeformis* D.), chontaduro (*Bactris gasipaes*), porotillo (*Erythrina spp*), plátano (*Musa spp*) y cacao (*Theobroma cacao*) como cultivo principal con los clones EET-103 y EET-95 en las combinaciones: Forestal: cacao y chuncho; Frutal: cacao y chontaduro; Servicio: cacao y porotillo; Forestal más servicio: cacao, chuncho y porotillo; más un testigo con el cultivo de cacao a pleno sol. Los niveles de los manejos agronómicos corresponden a: Alto Convencional (AC) con uso intensivo, aproximadamente el doble de insumos y aplicación de labores culturales respecto del manejo recomendado; Medio Convencional (MC) basado en las recomendaciones de INIAP para el manejo del cultivo en la región; Orgánico Intensivo (OI) con el uso de insumos orgánicos en altas concentraciones y Bajo Orgánico (BO) correspondiente al uso de insumos orgánicos y aplicación de labores culturales mínimas para la producción de cacao.

El ensayo se dispuso con tres repeticiones bajo un Diseño de Bloques Completo al Azar en arreglo de los tratamientos por franjas que corresponden a los sistemas agroforestales y a los manejos agronómicos del cultivo de cacao (Figura 1). Las unidades experimentales son parcelas de 12 x 12 árboles de cacao con un

total de 144 árboles, en los que la parcela neta corresponde a los 36 árboles centrales (6 x 6 árboles de cacao) con diferente número de individuos de las especies que componen el sistema de acuerdo al arreglo que le corresponde. Dentro de las franjas de manejos MC y BO se establecieron microparcels con ocho árboles de siete clones promisorios de cacao que son evaluados dentro del proceso de mejoramiento genético.

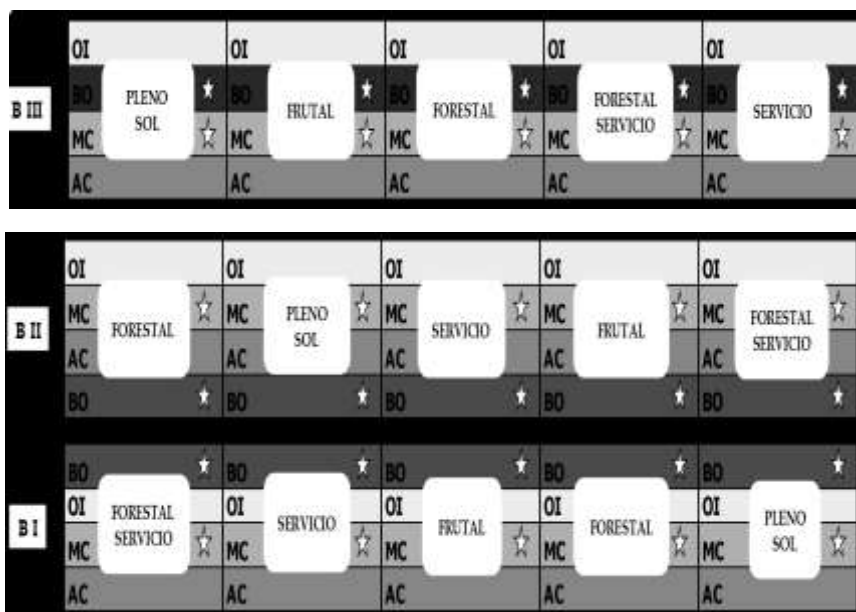


Figura 1. Disposición de los tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales con diferentes manejos del cultivo de cacao

Se han iniciado las evaluaciones de las variables resultantes de la interacción de los factores en estudio, de acuerdo al protocolo desarrollado por el equipo multidisciplinario de la estación, donde se especifica la metodología para cada una de las variables, así en suelos se registran de manera semestral: compactación, densidad aparente, características químicas y físicas, número y biomasa de lombrices, aporte de biomasa del sistema, biomasa de hojarasca, se realiza el muestreo de tejido foliar en plantas de cacao, extracción de nutrientes por el sistema y con los datos de rendimiento, porcentaje de materia seca y concentración de nutrientes se calculará la extracción por la cosecha en kg ha^{-1} para macronutrientes y g ha^{-1} para micronutrientes. Para evaluar el efecto de la sombra y el manejo agronómico sobre la producción y las principales plagas y enfermedades en el cultivo de cacao, se registran mensualmente: número de mazorcas sanas, número de mazorcas enfermas, porcentaje de mazorcas enfermas, número de infecciones con escoba de bruja en brotes terminales y cojinetes terminales, número de piquetes de monalonium por mazorcas, evaluación de la cobertura de sombra, rendimiento cacao fresco. En el caso de los clones promisorios a más de las características sanitarias y productivas se realiza la evaluación de sus características morfológicas de acuerdo al protocolo que maneja el programa de mejoramiento (Loor et al. 2016)

Se realiza también la caracterización y evaluación del comportamiento agronómico del chontaduro como componente frutal en el sistema, para lo que se aplican descriptores cualitativos y cuantitativos (Pisco 2003; Clement 1985; Engles & Morera 1980). La especie forestal es evaluada también dentro de cada parcela principalmente en sus características agronómicas y productivas de interés en la producción de madera. Dentro de los beneficios ambientales de los sistemas se evalúan las características que permitan determinar el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea del sistema agroforestal de cacao en cuatro edades diferentes.

Al momento que se registren los mayores valores de cosecha en cada año se evaluarán las características de calidad física, química y funcional de los frutos de los dos clones de cacao cultivados, únicamente bajo dos sistemas agroforestales en cuatro manejos y finalmente se realiza el registro diario de las variables que reflejen los costos de producción de cada uno de los tratamientos para el respectivo análisis económico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A inicios del año 2015 se realizó la eliminación del cultivo antiguo de palma que se encontraban en los lotes seleccionados, para luego realizar el levantamiento topográfico donde incluía la nivelación del terreno, elaboración de caminos y drenajes. Se dejaron tres meses de descanso del lote después de haber sido limpiado de todas las plantas de palma y de malezas que fueron controladas previo a la siembra del ensayo. Se realizó el análisis de suelo inicial de todo el lote, el mismo que no presentó diferencias significativas entre los bloques identificados para la ubicación de cada una de las repeticiones y se procedió con el replanteo del ensayo para lo que se colocaron balizas en cuadrado para las plantas tanto de cacao como para las especies que componen el sistema agroforestal de acuerdo al sorteo de los tratamientos.

La propagación y multiplicación de las plantas fueron realizadas por los diferentes Programas y Departamentos de investigación de acuerdo a la especie y con el tiempo necesario, de tal manera que en noviembre del año 2015 se realizó la siembra primero de plátano como sombra temporal en todos los sistemas, excepto en el de libre exposición y durante todo el mes se fueron ubicando las plantas de cada una de las especies de acuerdo tratamiento asignado en cada una de las parcelas. Se distribuyeron las plantas en cuadrado a las distancias y densidades recomendadas, así: los colinos de plátano a una densidad de 6 x 6 metros equivalente a 278 plantas por hectárea; el chuncho al igual que el chontaduro fueron sembrados a una densidad de 12 x 12 metros equivalente a 70 plantas por hectárea, el porotillo fue sembrado a una densidad de 6 x 6 metros en cuadrado equivalente 278 plantas por hectárea y para el caso donde se combinaron con la especie forestal se sembró a 12 x 12 metros.

Los clones de cacao (EET-95 y EET-103) se sembraron a 3 x 3 metros en líneas alternas en el sentido de las franjas de los manejos, al momento de la siembra se realizó una fertilización base que consistió de 100 gramos de fertilizante sintético 10-30-10 (NPK) al fondo del hoyo. Para el control de especies arvenses en el primer año de establecimiento de los cultivos, se realizaron controles manuales y químicos hasta eliminar las gramíneas, especialmente la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) que es una especie muy agresiva, estos controles se realizaron con frecuencia semestral o trimestral de acuerdo a la presencia de malezas. Durante el primer año de establecimiento de los sistemas, se realizaron resiembras de todas las especies, reemplazando las plantas muertas o plantas perdidas por diferentes razones.

Se realizó la poda de formación de cacao a los ocho meses de establecido el ensayo y las podas de mantenimiento se realizan después de la época de producción de acuerdo a las recomendaciones de INIAP, para lo que el personal utiliza tijeras de podar y se protegen las heridas en las plantas con pasta cúprica, además cada dos meses se eliminan los brotes o chupones del cultivo de cacao. En el sistema porotillo con cacao se mantiene de manera intercalada una planta alta a 4 m de altura y una planta baja a 1,5 m y en el sistema chuncho-porotillo con cacao, las plantas de porotillo se mantienen a 4 m de altura. Una vez al año se eliminan todas las ramas laterales de los chunchos, dejando el desarrollo normal del fuste principal.

Durante el establecimiento del ensayo se realizaron cosechas periódicas del plátano lo que para los productores es una fuente de ingreso mientras se establece el cultivo principal. Una vez que inicie su producción el cacao y se presente efectiva la sombra permanente, las plantas de plátano serán retiradas del sistema. Desde el mes de septiembre del presente año se han realizado las primeras cosechas de cacao y su frecuencia es de aproximadamente cada 21 días ya que inicialmente son bajos los rendimientos registrados. La cosecha se la realiza por separado la parcela neta de los bordes dentro de cada unidad experimental.

Aproximadamente un año después de la siembra del ensayo, una vez que se establecieron las parcelas de investigación con los cultivos en pleno desarrollo se inició la aplicación de los manejos agronómicos distribuidos en las franjas de manera perpendicular a los sistemas, de acuerdo al sorteo realizado y se han cumplido básicamente las siguientes actividades: la fertilización en los manejos orgánico intensivo y medio convencional se realizó en función del análisis de suelo y del requerimiento del cultivo, para el manejo bajo orgánico se aplicó la mitad de la fertilización recomendada y para el alto convencional un 50% más. Previó a la fertilización se realizó la aplicación de cal en todo el ensayo con el objetivo de corregir el pH del suelo y es importante indicar que la fertilización se realiza siempre en función de la fenología del cultivo. Se han cumplido con las actividades culturales que requiere el sistema según los manejos asignados, principalmente para el control de malezas, se han utilizado métodos químicos, mecánicos y manuales para la elaboración de coronas; el control de plagas se lo realiza con plaguicidas sintéticos, orgánicos y biológicos según corresponde y con las frecuencias que el manejo demanda.

CONCLUSIONES

En la Estación Experimental Central de la Amazonía de INIAP se encuentra establecido un ensayo que cubre una superficie de nueve hectáreas con sistemas agroforestales de cacao y diferentes niveles de

manejo. Se aplican los manejos de acuerdo al protocolo aprobado y en campo al cruzarse con las franjas de sistemas, claramente están identificados los tratamientos en estudio.

Se ha iniciado el registro de las variables agronómicas, morfológicas en todas las especies componentes de los diferentes sistemas y se han realizado las primeras evaluaciones productivas del cacao como cultivo principal. Para el mantenimiento y evaluación del ensayo, se requiere la activa participación de todo un equipo interdisciplinario con un dominio de la distribución de los tratamientos y de los objetivos del experimento.

Se disponen de un escenario muy didáctico como parcelas demostrativas que es y será usado para capacitaciones con los resultados que se continúen obteniendo de las evaluaciones planificadas.

LITERATURA CITADA

Albrecht, A.; Kandji, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 99: 15 – 27. Disponible en <http://esanalysis.colmex.mx/Sorted%20Papers/2003/2003%20KEN%20-CO2%20Phys.pdf>

Clement, Ch. 1985. Lista mínima de descriptores para caracterización del pejibaye en los bancos de germoplasma y en el campo. 16p.

Engles, J.; Morera, M. 1980. Lista de descriptores de pejibaye (*Bactris gasipaes*) In: Reunión Interamericana de pejibaye. CATIE. Turrialba. Costa Rica.

Farfán, V.F. 2014. Agroforestería y sistemas agroforestales con café. Manizales, Caldas. Colombia. 342p.

Flores Y. 2003. Crecimiento y productividad de plantaciones forestales en la Amazonía peruana. Lima. Perú. 64p

Graefe, S.; Dufour, D.; Zonneveld, M.; Rodriguez, F.; Gonzalez, A. 2012. Peach palm (*Bactris gasipaes*) in tropical Latin America: implications for biodiversity conservation, natural resource management and human nutrition. Disponible en <http://download.springer.com/static/pdf/117/art%253A10.1007%252Fs10531-012-0402-3.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs10531-012-0402->

Holdridge, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Humberto Jiménez. S. 2da Ed. San José. IICA. 216p.

INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2010. Anuario Meteorológico. Nro. 50. Dirección de Gestión Meteorológica Procesamiento y Edición: SIGIHM, Quito, EC. 139 p. INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2017. Tablas y gráficos de resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), Año 2016. Quito, Ecuador. INEC. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Larrea, M. 2008. El cultivo de Cacao nacional: Un bosque generoso. Quito: Ecociencia/Corpei. Disponible en http://www.ecociencia.org/archivos/Manual_PAB_final-100226.pdf

Loor, R.; Casanova, T.; Plaza L. 2016. Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Programa Nacional de Cacao y Café. Publicación Miscelánea No. 433

Mendieta López, M.; Rocha Medina, L. 2007. Sistemas Agroforestales. Managua: Universidad Nacional Agraria.

Nieto, C.; Caicedo, C. 2012. Análisis Reflexivo sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. INIAP-EECA. Publicación Miscelánea No 405. Joya de los Sachas, Ecuador. 102p.

Pisco, J. 2003. Caracterización fenotípica de 35 líneas de chontaduro (*Bactris gasipaes* H.B.K) de la colección de INIAP – Sector San Carlos. Tesis pregrado. Escuela de Ingeniería Agronómica.

Universidad Técnica de Babahoyo. Disponible en https://books.google.com.ec/books?id=SrobAgAAQBAJ&pg=PT32&lpg=PT32&dq=descriptores+para+chontaduro&source=bl&ots=3fCdz6epdy&sig_

Subía, C.; Paredes, N.; Caicedo, W.; Fernández, F.; Díaz A.; Bastidas, F.; Chávez, J. 2014. Análisis socioprodutivo de los sistemas de producción agropecuaria en la zona norte y centro de la Amazonía Ecuatoriana. In: Agroforestería Sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. INIAP-EECA/CATIE. Joya de los Sachas, Ecuador. 105 p.

Torres, J.; Tenorio, A.; Gómez, A. 2008. Agroforestería: Una estrategia de adaptación al cambio climático/Eds. Torres, J; Tenorio, A.; Gómez, A. Responsables de la sistematización del Proyecto: Groder Torres, Sabina Aquino, Pedro Ferradas, Alcides Vilela, Edson Ramírez, Roberto del Castillo, Geiler Ishuiza – Lima: Soluciones prácticas – ITDG. 124 p.