

RESÚMEN EJECUTIVO

APROXIMACIÓN A LA VALORACIÓN ECOLÓGICA Y ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA POLINIZACIÓN, FORMACIÓN DE SUELOS Y EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN PLANTACIONES DE PALMA DE ACEITE:

ESTUDIO DE CASO EN OCHO FINCAS DE LA REGIÓN ORIENTE Y NUEVE DE LA REGIÓN NORTE

En el marco del *Proyecto GEF Paisaje Palmero Biodiverso* – PPB, a partir de 2014 se realizaron las caracterizaciones biológicas y evaluaciones requeridas para la identificación de los altos valores de conservación (AVC) en los núcleos palmeros beneficiarios del proyecto. En 2015 se decidió hacer una aproximación formal a la valoración de los servicios ecosistémicos de la polinización, formación de suelos y el control de plagas y enfermedades, debido a la dependencia que el sector palmero tiene de los mismos y la necesidad de considerarlos un aspecto fundamental de su planeación, y del uso y manejo de los recursos naturales.

Entre octubre de 2016 y febrero de 2018, la Fundación Ecotrópico Colombia desarrolló una consultoría con el objetivo de valorar los beneficios ecológicos y económicos que la biodiversidad asociada a los procesos naturales de la polinización, formación de suelos y el control de plagas y enfermedades, presta a las plantaciones de palma de aceite.

El estudio involucró 17 meses del trabajo interdisciplinario de un grupo de especialistas en economía ambiental, biología de la conservación, polinización de palmeras, microbiología y entomología del suelo y herpetofauna (anfibios y reptiles).

El tiempo y los recursos establecidos para el desarrollo de la consultoría determinaron el tamaño de la muestra o número de fincas evaluadas. **Como estudio de caso, se evaluaron ocho fincas de los núcleos palmeros de la región oriente y nueve de la región norte. Todas estas fincas tienen plantaciones de palma africana (*Elaeis guineensis*), a excepción de tres fincas de la región oriente donde se cultiva el híbrido entre la palma africana y la palma americana de aceite (*Elaeis oleifera*).**

La selección de estas fincas se realizó, de manera concertada, con el equipo técnico del proyecto *GEF PPB* y los núcleos palmeros beneficiarios del mismo. **Se tuvo en cuenta la necesidad de vincular a este estudio las fincas que contaran con buenos históricos de las actividades asociadas a sus prácticas de manejo agronómico, y que fueran representativas del diferencial de estas prácticas, en cuanto al uso de productos químicos y biológicos.** Adicionalmente, en cada finca se seleccionó un lote de su plantación para la caracterización biológica y fisicoquímica.

El área remanente de bosque natural en las fincas seleccionadas se calculó en el Sistema de Información Geográfica, con base en la cartografía de altos valores de conservación (AVC) elaborada por el equipo del Proyecto PPB (2014, a escalas 1:100.000 y 1:25.000 combinadas). Las ocho fincas evaluadas de la región oriente tienen entre el 3 y 21% de su área total en bosques riparios (algunos corresponden a bosques de galería) de las cuencas de los ríos Guatiquía y Guacavía, incluidos en el **AVC 4** por su importancia para la regulación hídrica y el control de la erosión. Las nueve fincas

evaluadas de la región norte se encuentran en el área de influencia de las cuencas de los ríos Aracataca y Fundación (Magdalena). Siete de estas fincas prácticamente no tienen bosque natural remanente en su interior (entre 0 y 2%), ni en su contexto paisajístico inmediato. Una de las fincas restantes tiene 9% de su área total en bosque seco tropical y bosque ripario semi-inundable, clasificados como **AVC 3** o ecosistemas críticos y amenazados, debido a su fragmentación y aislamiento; y la otra cuenta con 10% de su área en bosque seco tropical asociado al **AVC 2** de la Sierra Nevada de Santa Marta.

SERVICIO ECOSISTÉMICO DEL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

El control natural de plagas y enfermedades se define como *“la acción de los parásitos, predadores y patógenos de mantener la densidad de otros organismos en niveles inferiores de lo que ocurriría en su ausencia”*. El control de plagas y enfermedades es catalogado como un servicio ecosistémico de regulación. En términos agronómicos, este servicio puede disminuir o reemplazar el uso de plaguicidas de síntesis artificial, y asegura el abastecimiento de los productos, así como su crecimiento en buenas condiciones.

El establecimiento de grandes monocultivos no solamente reduce la biodiversidad, sino también crea una “oportunidad de oro” para la invasión de plagas y enfermedades que, a su vez, pueden suprimir otras especies y cuyo control puede llevar a un impacto mayor sobre la biodiversidad. En particular, el cultivo de palma es atacado por un amplio grupo de plagas, incluyendo ratones e insectos herbívoros, y enfermedades causadas particularmente por hongos. La simplificación del ambiente biológico y fisiológico crea condiciones insostenibles para la mayoría de los organismos biocontroladores en las plantaciones, debido a una reducción significativa en la oferta de recursos alimenticios y hábitat.

Aun cuando los palmeros industriales conocen que la mejor manera de manejar las plagas es a través de un manejo integrado, el uso intensivo de químicos de síntesis artificial es una práctica común que ocasiona daños directos e indirectos sobre la biodiversidad del paisaje palmero.

La valoración ecológica y económica del servicio ecosistémico del control de plagas y enfermedades se enfocó en el aporte de los siguientes grupos funcionales: 1) microorganismos biocontroladores e inductores de resistencia sistémica, 2) nemátodos (microorganismos) fitopatógenos, 3) nemátodos (microorganismos) entomopatógenos, 4) invertebrados herbívoros, 5) invertebrados, anfibios y reptiles depredadores, e 6) invertebrados potenciales plaga y vectores de los agentes causantes de las enfermedades de la palma.

Los servicios ecosistémicos de la formación de suelos y el control de plagas y enfermedades se abordaron de manera articulada, a través de la misma metodología de campo. El trabajo de campo y laboratorio se realizó de manera simultánea, durante los primeros 12 meses de la consultoría. Los técnicos, administradores y contadores de las fincas y las plantas extractoras suministraron la

información solicitada sobre las prácticas de manejo agronómico, y sus costos asociados, durante los últimos seis meses.

En las prácticas de manejo agronómico se hizo énfasis en la información obtenida sobre la incidencia y los costos de seguimiento y control de las siguientes enfermedades: PC o pudrición del cogollo en las fincas del estudio de caso de la región norte; y PC, PE (pudrición del estípite), AR (anillo rojo), marchitez letal (ML) y marchitez sorpresiva (MS) en las fincas del estudio de caso de la región oriente. Las dos últimas enfermedades con muy baja incidencia.

Con la información obtenida de las caracterizaciones biológicas se construyeron indicadores que permitieron determinar la oferta de los grupos funcionales de organismos que participan en estos procesos, principalmente en términos de su riqueza y abundancia. Luego, para la valoración ecológica se establecieron las relaciones estadísticas más significativas entre estos indicadores biológicos, la fisicoquímica de los suelos, las prácticas de manejo agronómico, y el área remanente de los bosques naturales en las fincas seleccionadas.

La valoración ecológica se articuló con la valoración económica, aplicando las metodologías de los costos evitados y la función de producción (producción incremental) a algunas de las relaciones obtenidas con mayor sentido económico y agronómico, con el objetivo de aproximar y estimar un valor monetario de su contribución a la generación y el mantenimiento del servicio ecosistémico del control de plagas y enfermedades.

Aunque el número de fincas evaluado (o tamaño de la muestra) limita el peso estadístico de las relaciones encontradas entre los indicadores, los resultados obtenidos reflejan tendencias, brindan unas primeras señales y constituyen una aproximación a su valoración ecológica y económica, que determinan la generación y el mantenimiento del servicio en el marco del estudio de caso.

Principales resultados y recomendaciones de la valoración ecológica:

Las áreas naturales circundantes y cercanas a las plantaciones contribuyen a la riqueza y abundancia de la mesofauna edáfica (invertebrados) con participación en las funciones de regulación de las poblaciones de otros organismos en los suelos de las plantaciones evaluadas. Además de ser reservorio y refugio, las áreas naturales contribuyen a enriquecer el flujo de las poblaciones de los invertebrados hacia las plantaciones.

Se encontraron correlaciones entre el porcentaje del área de las coberturas remanentes y las abundancias de los dípteros herbívoros, opiliones depredadores y las hormigas depredadoras.

Las hormigas depredadoras pueden ser generalistas con el recurso alimenticio o, por el contrario, especializadas en el tipo de presa que cazan. Las generalistas tienen importancia como controladoras de plagas, al tener como estrategia alimenticia los huevos y las larvas (estados inmaduros) de otros insectos. El comportamiento de este grupo varía dentro de los ecosistemas, pero su función y aprovechamientos son particularmente relevantes en los sistemas productivos.

Es necesario destacar que el aporte funcional de las hormigas depredadoras a la regulación de otras poblaciones de organismos en los cultivos perennes, requiere del manejo de otras coberturas

vegetales naturales, con especies nativas, bosque en transición o maduros y abundancia de plantas nectaríferas, como proveedoras del recurso alimenticio para las obreras.

Dado que la situación de remanencia de las coberturas naturales es significativamente mayor en las fincas del estudio de caso de la región oriente, la riqueza y abundancia de las hormigas depredadoras en sus plantaciones es dos veces mayor a la registrada en la región norte.

En la región norte no se reportó la presencia del gremio de las hormigas desfoliadoras de hojas; un grupo importante en la regulación de la vegetación herbácea y arbórea. Estas hormigas son importantes agentes defensores de las plagas en las plantas de las cuales son hospederas, pero la pérdida o fragmentación de las coberturas naturales puede afectarlas radicalmente.

Como hipótesis de trabajo para evaluar en futuras investigaciones, se encontró que a mayor porcentaje de área de las coberturas naturales disminuye la abundancia de los hongos causantes de enfermedades en las plantas, como *Phytophthora* spp. (estudio de caso de la región oriente), y aumenta la de los microorganismos biocontroladores, como *Trichoderma* spp. y *Paecilomyces* spp. (estudio de caso de la región oriente y norte respectivamente).

Las prácticas de manejo agronómico que se enfocan en la limpieza de las plantas herbáceas (malezas y gramíneas, entre otras) que crecen en los platos de las palmas, las interlíneas entre los lotes y los canales de drenaje, homogenizan las plantaciones, disminuyendo la oferta de alimento y hábitat de los invertebrados, anfibios y reptiles herbívoros y depredadores.

En particular, se encontraron relaciones negativas entre la abundancia de los dípteros y coleópteros herbívoros y las actividades de limpieza. Adicionalmente, los resultados indican que esta limpieza intensiva puede contribuir con las abundancias de los nematodos fitopatógenos y disminuir las abundancias de los microorganismos inductores de resistencia sistémica. En particular, se observó que las actividades de plateo pueden contribuir con las abundancias de los nematodos fitopatógenos, como *Tylenchus* spp. (estudio de caso de la región oriente).

Las abundancias de los inductores de resistencia sistémica, como *Fusarium* spp., se relacionaron de forma negativa con la densidad aparente, la cantidad de arcilla en los suelos y los costos de las estrategias químicas de la limpieza de malezas, gramíneas y otras herbáceas en el lote (estudio de caso de la región oriente); y con la cantidad de N y Ca en el suelo del cultivo de palma (para los casos de la región norte). Todas estas relaciones deben ser objeto de mayor investigación.

Por el contrario, el manejo de las coberturas de arvenses, sean cultivadas o espontáneas, y la adición de materia orgánica, mediante la disposición de los residuos de raquis o las hojas podadas de la palma, contribuyen a crear micro hábitats dentro del cultivo que soportan la red trófica de los invertebrados que cumplen con las funciones de herbivoría y depredación, como son los hemípteros, orthopteros, coleópteros y las hormigas.

Los resultados del estudio de caso de la región norte registraron correlaciones positivas de la riqueza y abundancia de los géneros de las hormigas depredadores con la cobertura de arvenses y de las hormigas herbívoras con la materia orgánica disponible en el suelo.

Se encontraron relaciones de gran trascendencia que deben ser objeto de futura exploración, con estudios detallados, ya que sugieren que los microorganismos benéficos son afectados por las condiciones fisicoquímicas y el manejo de los suelos.

Las abundancias de los microorganismos biocontroladores, como *Trichoderma* spp., se correlacionaron de forma negativa con el contenido de calcio en el suelo (estudio de caso de la región oriente) y de forma positiva con la temperatura del suelo (estudio de caso de la región norte).

En los lotes del estudio de caso de la región oriente, las abundancias de *Paecilomyces* spp. se relacionaron negativamente con la cantidad de limo y ácidos fúlvicos en el suelo.

Es posible que algunas cepas de los microorganismos inductores de resistencia sistémica *Fusarium* spp. contribuyan con la disminución de los casos de palmas enfermas, a través de algún mecanismo no identificado, como por ejemplo la inducción de resistencia sistémica, competencia o antagonismo con organismos causantes de las enfermedades, debido a que el número total de plantas enfermas se correlacionó de forma negativa con sus abundancias.

Los invertebrados de los órdenes Coleoptera y Hemiptera, a los que pertenecen las especies reportadas como plagas o vectores de los agentes causantes de las enfermedades que atacan las palmas de aceite en Colombia, se correlacionaron positiva y significativamente con la presencia de las palmas enfermas por PB (*Pudrición Basal*) en las fincas evaluadas de la región oriente.

En los lotes evaluados de la región oriente, el número plantas enfermas y erradicadas por PB se relacionó positivamente con las abundancias de los fitopatógenos *Tylenchus* spp; y el número de plantas enfermas y erradicadas por PE se relacionó negativamente con las abundancias *Paratylenchus* spp. Este resultado podría estar señalando la participación de *Tylenchus* spp. como dispersor de PB y *Paratylenchus* spp. como potencial benéfico para controlar la PE.

El estudio de caso de la región oriente mostró que, con base en el análisis de los contenidos estomacales e intestinales entre el 22% y 86% de la dieta de los anfibios depredadores de artrópodos está compuesta por órdenes de insectos que son potenciales plaga o vector de los agentes causantes de las enfermedades. De igual forma, entre el 21% y 80% de la dieta de los reptiles depredadores de artrópodos está compuesta por órdenes de insectos que son potencial plaga o vectores de enfermedades.

El estudio de caso de la región norte mostró que entre el 32% y 79% de la dieta de los anfibios insectívoros, y entre el 10% y 71% de la dieta de los reptiles insectívoros está compuesta por órdenes de artrópodos que son potencial plaga o vectores de enfermedades.

Los anfibios y reptiles son un grupo con un alto potencial para el estudio y evaluación de la diversidad funcional de los ecosistemas, debido a la diversidad de sus dietas, los micro-hábitats que ocupan, y sus características fisiológicas que los hacen muy sensibles a las variaciones y los cambios en el entorno. Además de su riqueza, son numerosos los estudios sobre la dieta de los anfibios y reptiles; en particular, se ha documentado la función que cumplen en las cadenas tróficas como depredadores. En grupos específicos como los lagartos (*Lacertia*), los estudios hacen énfasis en su rol como depredadores y controladores de plagas.

La diversidad de los anfibios depredadores registrada en las fincas evaluadas de la región norte es mayor con respecto a la de los reptiles; los anfibios realizan un aporte mayor a la función evaluada. Se recomienda realizar la determinación taxonómica más detallada de las presas consumidas, por lo menos hasta el nivel taxonómico de género, con el objetivo de detectar cuáles de las especies de anfibios y reptiles realizan un control efectivo de las plagas y enfermedades. Esto permitirá plantear acciones concretas para su conservación y manejo.

El mantenimiento de las coberturas de arvenses y la adición de materia orgánica, mediante la disposición de los residuos de raquis o las hojas podadas de la palma, contribuyen a crear hábitats dentro del cultivo para soportar la red trófica de los invertebrados, anfibios y reptiles.

Los resultados obtenidos señalan los beneficios que proporcionan las áreas naturales circundantes y el manejo de las coberturas de arvenses dentro de la plantación a los invertebrados, anfibios y reptiles, como controladores y reguladores de otros organismos dentro de la red trófica, diversificando la oferta de hábitats, y con esto la de alimento. En este contexto vale la pena resaltar la importancia de implementar herramientas de manejo del paisaje (HMP) en las fincas, dentro y fuera de la plantación, con el objetivo de conectar las coberturas de arvenses cultivadas y silvestres con coberturas arbustivas y arbóreas con especies de alto valor funcional (por ejemplo nectaríferas), y con las áreas naturales existentes, configurando mosaicos de áreas naturales, seminaturales y cultivadas que faciliten los flujos de las especies, funciones y los procesos que soportan este servicio ecosistémico.

Principales resultados y recomendaciones de la valoración económica:

En las fincas del estudio de caso de la región oriente, los costos de plateo se relacionaron de manera negativa con los indicadores biológicos del servicio del control de plagas y enfermedades, ya que predomina la limpieza química, seguida de la mecánica. La primera se realiza principalmente con glifosato, que genera impactos negativos importantes en las características del suelo y la biodiversidad asociada, y la segunda genera procesos de compactación que también afectan la estructura del suelo y sus comunidades biológicas.

Igualmente, en las fincas evaluadas de la región oriente, las diferentes estrategias para el control de las plagas y enfermedades se enfocan principalmente en el control biológico y control químico, de forma combinada. Este último incluye los costos de la erradicación de las palmas afectadas principalmente por PC, ML, PB, AR y PE (las dos últimas con muy baja incidencia). Por el contrario, en las fincas evaluadas de la región norte hay una gran heterogeneidad en los costos asociados a las estrategias de control, que refleja que no hay un énfasis en el uso de las mismas, sino diferentes combinaciones, incluyendo el control cultural de plagas y enfermedades. En estas fincas, la mayor afectación también es por PC.

El efecto que tienen las enfermedades sobre la producción es diferencial; en algunos casos se reduce la productividad, mientras la palma es tratada y recupera sus niveles de producción de los racimos de fruta fresca RFF, de acuerdo con su edad. Cuando no hay recuperación, las palmas son erradicadas. Aunque esta decisión es lógica y necesaria, desde el punto de vista del análisis de ingresos/costos y la probabilidad de afectar otras palmas, también se constituye en un ingreso futuro no percibido por el palmicultor, ya que la producción esperada de las palmas erradicadas no se genera. En este contexto, se valoró la producción sacrificada (ingresos futuros no percibidos)

como resultado de la erradicación de las palmas enfermas en los dos últimos años, también con el objetivo de dimensionar la efectividad de las prácticas de manejo agronómico implementadas en cada finca y la importancia de evaluar posibles cambios en sus estrategias que redunden en su sostenibilidad ambiental y económica.

La valoración del impacto de la erradicación de las palmas afectadas por enfermedades letales en un periodo de 25 años (ya que hasta el año 25 se espera que se haga renovación) estimó que en las fincas del estudio de caso de la región oriente los ingresos máximos sacrificados por hectárea podrían ascender a aproximadamente \$6.7 millones y los valores mínimos a \$18.000, con una pérdida en la producción anual de hasta 32 t/ha/año.

La estimación de este impacto en las fincas del estudio de caso de la región norte mostró que en un periodo de 25 años los ingresos máximos sacrificados por hectárea podrían alcanzar aproximadamente los \$9.4 millones y los valores mínimos los \$42, con una pérdida en la producción anual de hasta 39 t/ha/año.

Importante destacar que en las regiones hay una finca que no tiene ingresos sacrificados porque sus bajas incidencias no han generado erradicaciones. Estas aproximaciones invitan a evaluar con mayor profundidad y monitorear las relaciones y sinergias entre las prácticas de manejo de agronómico y los indicadores biológicos en estas fincas que presentan bajas incidencias.

Teniendo en cuenta el potencial que tienen las especies de *Fusarium* spp. como inductores de resistencia sistémica a las plagas y enfermedades en las palmas, se realizó un segundo ejercicio de valoración económica para estimar el aporte de estos microorganismos en la reducción de la producción sacrificada por las palmas enfermas erradicadas.

En las fincas del estudio de caso de la región oriente, por cambios de 1×10^1 a 1×10^2 en la abundancia de *Fusarium* spp. en un gramo de suelo, es posible asociar una reducción en la producción no generada por palmas enfermas de hasta 14,3 t/ha, con una reducción de cerca de 3 millones de pesos por hectárea en los ingresos no generados por efecto de las enfermedades.

Una tercera valoración se basó en el potasio que las hormigas herbívoras proveen (entre otros macronutrientes) o incorporan al suelo a través de los desechos que dejan en su trabajo de recolección de alimento.

Se estimó que por cada individuo de hormiga herbívora que se incrementa en el cultivo, hay un incremento de K_2O en cerca de 51 kg/ha. Teniendo en cuenta que el cloruro de potasio (KCL), que es un fertilizante ampliamente utilizado en las plantaciones de palma, contiene 61,5% de K_2O , se valoró ese cambio de un individuo en cerca de 84 Kg/ha/año de KCL, que equivale a un total de 0,487 kg/ha/año de producto asimilado por una palma. En un escenario de pérdida de biodiversidad y disminución de un 50% de estas poblaciones de hormigas, la sustitución de su aporte implicaría la aplicación de entre 121 y 354 t/ha/año de KCL, cuyos costos van desde 164.887 hasta 482.390 pesos/ha/año.