

Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia

Agroecologic Criteria Useful in Land Selection for New Oil Palm Plantings in Colombia

Fernando Munévar M.¹

Resumen

El creciente interés por nuevas siembras de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia hace necesario aplicar criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para seleccionar de una manera adecuada las tierras que se van a incorporar al cultivo, de tal manera que se reúnan condiciones que permitan la sostenibilidad y competitividad de los nuevos cultivos. Los procedimientos técnicos para calificar la aptitud de las tierras siguen esquemas de amplia aceptación y aplicación global y por lo general se basan en una confrontación entre la oferta ambiental de las tierras y los requerimientos preestablecidos para el buen desarrollo del cultivo en cuestión. En otros países, principalmente del Asia, se han propuesto los requerimientos agroecológicos más relevantes para el cultivo de la palma de aceite y con base en ellos se califica la aptitud de las tierras. El presente trabajo resume los principales criterios asociados al clima y al suelo que son recomendables utilizar para calificar la aptitud de las tierras del país para cultivar palma de aceite y presenta un ejemplo de aplicación de dichos criterios. Por otra parte llama la atención sobre las implicaciones técnicas y económicas que tiene la utilización de suelos con severas limitaciones de fertilidad en los costos de adecuación, establecimiento y mantenimiento del cultivo.

Summary

The growing interest for new oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantings in Colombia makes it necessary to apply technical, economic, social and environmental criteria in order to properly select the land that will be incorporated to this use in order to obtain conditions of sustainability and competitiveness of the new crops. The technical procedures generally used to assess the suitability of land for a specific use are broadly known and they are based on determining to what extent the soil and climate conditions prevailing in the site of interest match the growth requirements of the crop under consideration. In other countries, namely in those of Asia, tables with the main agroecologic requirements for the oil palm have been assembled, and based on them, land suitability assessments are performed. This paper makes a summary of the main soil and climate factors which should be included to evaluate the land suitability for oil palm in Colombia and presents an example of such type of studies. The paper also points out the technical and economic implications derived from the establishment of oil palm under soil and climate conditions that impose severe limitations for the crop yield potential.

Palabras Clave

Aptitud de tierras,
Palma de aceite,
Calidad de suelos.

1 . Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D. Líder Área de Manejo de Suelos y Agua. Cenipalma, Bogotá, Colombia. E-mail: fernando.munever@cenipalma.org



Introducción

Diversos factores económicos determinan que cada vez sea más importante buscar altos niveles de competitividad en la agroindustria de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Colombia y factores de otra índole se suman a los económicos para determinar la necesidad de esquemas de producción integralmente sostenibles. El potencial productivo de las tierras en las cuales se siembra el cultivo es un factor que influye de manera crítica tanto en la sostenibilidad como en la competitividad que se puedan lograr.

Por otra parte, en la actualidad se dan en Colombia circunstancias favorables para la expansión del área sembrada con este cultivo, pero diversas observaciones indican que no en todos los casos las tierras que se están incorporando a este uso reúnen las características que permitan calificarlas como aptas para el cultivo sostenible y competitivo de palma de aceite.

Con base en lo anterior, el presente trabajo discute los criterios agroecológicos más importantes a tener en cuenta para determinar la aptitud de las tierras para cultivar palma de aceite.

El enfoque de este trabajo se limita a los factores de clima y suelo, a pesar de que una apreciación completa de la aptitud de las tierras para un uso agrícola comercial determinado debe incluir factores económicos y sociales. Otro tanto sucede con las limitaciones que para el uso de la tierra se derivan del impacto ambiental que puedan ejercer actividades productivas específicas. En consecuencia, los planteamientos del presente trabajo, centrados en los aspectos agroecológicos, suponen la ausencia de limitaciones asociadas a factores socioeconómicos y de impacto ambiental.

La determinación del grado de aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite es un paso trascendental que debe darse antes de definir la iniciación de un proyecto de siembra, dadas las repercusiones que dicho paso tiene sobre la productividad del futuro cultivo y su competitividad. Si bien la adecuada selección de tierras aptas es de gran importancia para todo tipo de cultivos, lo es aun más para el caso de especies perennes como la palma de aceite.

El clima y el suelo como determinantes de la productividad del cultivo de palma de aceite

La productividad del cultivo de palma de aceite, esto es la cantidad de aceite y otros productos que se puedan obtener por unidad de área y de tiempo (t/ha/año), depende de la tasa de fotosíntesis que se pueda alcanzar y ésta a su vez está determinada por las condiciones de clima y suelo del lugar del que se trate, en combinación con las características genéticas del material de siembra (Corley, Tinker, 2003; Paramanathan, 2003). La combinación específica de todo ese conjunto de factores asociada al sitio, determina el *potencial de rendimiento específico del sitio*, o *potencial local de rendimiento*.

Los factores climáticos más relacionados con la productividad de la palma de aceite son la precipitación pluvial y su distribución, la temperatura, la radiación solar y los vientos (Paramanathan, 2003). Hay muchas publicaciones con resultados de investigación que explican y cuantifican los efectos de los tres primeros de estos factores (Corley, Tinker, 2003; Mejía, 2000) y también se han registrado los efectos de las tormentas tropicales sobre las plantaciones de palma de aceite (Paramanathan, 2003).

En cuanto a la relación entre la calidad del suelo y la productividad de la palma de aceite, la documentación existente, de por sí muy abundante, sustenta cómo las distintas características físicas y químicas del suelo y sus interacciones son factores que regulan en forma muy sensible el crecimiento y la producción de fruto y aceite (Munévar, 2001; Goh, Härdter, 2003), así como los costos de producción.

Las características de suelo de mayor influencia en este contexto se agrupan en cuatro categorías: i) topografía y pendiente; ii) disponibilidad de humedad; iii) propiedades físicas (textura, estructura, porosidad y profundidad efectiva); iv) propiedades químicas (capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, materia orgánica, salinidad y disponibilidad de nutrientes).

Aunque muchos factores de suelo y clima pueden ser modificados para llevarlos a niveles adecuados para la producción de palma de aceite, cada enmienda que sea necesaria utilizar tendrá su

costo y por tanto ejercerá en mayor o menor grado una limitación para lograr la competitividad. Por ejemplo, las características químicas del suelo se pueden mejorar mediante enmiendas y fertilizantes o el déficit de agua se puede corregir mediante el riego, pero el costo de dichas prácticas puede llegar a tener un alto impacto. Por otra parte, otros factores climáticos (la temperatura, por ejemplo), así como algunas condiciones físicas del suelo (su textura, por ejemplo) son casi imposibles de modificar dentro de límites físicos y económicos razonables.

Principales criterios empleados en la calificación de la aptitud de las tierras

Las tierras aptas para el cultivo de palma de aceite son aquellas en las cuales se reúne una combinación de características que permiten lograr un rendimiento real igual o muy cercano al potencial de rendimiento del cultivo, garantizando condiciones de sostenibilidad y competitividad. Las condiciones más determinantes de la aptitud de las tierras están agrupadas en factores climáticos y de suelo.

Condiciones climáticas

La amplia experiencia con el cultivo de palma de aceite en lugares de climas muy variados en el trópico, así como los resultados experimentales, han permitido a diferentes autores proponer rangos de valores de condiciones climáticas consideradas ideales para obtener altos rendimientos potenciales del cultivo (Goh, 2000; Hartley, 1988; Paramanathan, 2003). Los factores climáticos que con más frecuencia se tienen en cuenta son la precipitación, la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y los vientos (Turner, Gillbanks, 2003). La Tabla 1 contiene los valores de parámetros climáticos que, de acuerdo con Paramanathan (2003), permiten altos rendimientos potenciales.

Como se observa, en cuanto a la precipitación no solo se requiere que el total anual esté comprendido en el rango indicado, sino que ésta tenga una distribución adecuada a través del año, que se exprese en una precipitación mensual superior a 100 mm en todos los meses del año y en un déficit hídrico (diferencia entre precipitación y evapotranspiración) que no supere un valor

Tabla 1 Condiciones climáticas que permiten un alto potencial de rendimiento de la palma de aceite. (Tomado de Paramanathan, 2003)

Parámetro	Valor o rango ideal
Precipitación anual	2.000 a 2.500 mm
Precipitación mensual	Mínimo 100 mm
Déficit de agua anual	Menos de 200 mm
Brillo solar	Más de 2.000 horas /año (más de 5,5 horas/día)
Radiación solar	Más de 16 MJ/m ² /día
Temperatura media	22-31 °C
Humedad relativa	75 a 85 %

crítico, de tal manera que los períodos continuos sin precipitación no sean prolongados. La precipitación total en un lugar específico podría estar dentro del rango señalado como adecuado, pero su distribución irregular a través del año podría determinar condiciones no aptas para el cultivo, o de aptitud limitada por requerir riego suplementario.

En tierras donde se presenten tres meses consecutivos con menos de 100 mm mensuales de lluvia, podría considerarse que, de no contar con riego, no sería recomendable sembrar palma de aceite por la fuerte limitación que dicha condición ejercería sobre la productividad (Foong, Lee, 2000). El óptimo de precipitación se expresa por lo general como un rango, por la alta interacción que tiene este parámetro con la capacidad de retención de humedad del suelo, las condiciones de drenaje y la profundidad radical del cultivo (Paramanathan, 2003).

Dada la alta variabilidad temporal de la lluvia en el trópico, cuando se va a analizar el factor precipitación en la calificación de la aptitud de las tierras deben estudiarse datos confiables de precipitación, idealmente de más de diez años, pero nunca de menos de cinco. En suma, la precipitación se considera el factor climático más estrechamente relacionado con la aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite.

Como lo indica la Tabla 1, para tener condiciones adecuadas que permitan un alto potencial de rendimiento se debe tener un brillo solar que supere las 2.000 horas/año, lo cual equivale a un valor medio de 5,5 horas/día. Sin embargo, es recomendable que se haga uso de mediciones

más directas de la radiación solar y se considera como una condición adecuada que dicha radiación sea superior a 16 MJ/m²/día. Estudios de diferentes autores han mostrado el efecto de la radiación solar sobre diferentes parámetros de crecimiento y producción de fruto y aceite (Paramanathan, 2003; Turner, Gillbanks, 2003).

A pesar de lo anterior, debe tenerse en cuenta que si bien es deseable un alto nivel de radiación solar, dicha condición no debe coincidir con sequía ni con temperaturas excesivamente altas. Por otra parte, se debe tener en cuenta que en la práctica hay una relación inversa entre la precipitación y la radiación solar en aquellos lugares donde una proporción importante de la lluvia se presenta de día.

En general se acepta que la temperatura media anual óptima para la palma de aceite está comprendida entre 22 y 32°C (Paramanathan, 2003). Este rango de temperatura por lo general coincide con las tierras de los trópicos húmedos localizadas a altitudes menores de 500m sobre el nivel del mar. Además de la temperatura media anual deben considerarse las temperaturas extremas en el lugar de interés, pues las bajas temperaturas retardan el crecimiento en general y la maduración del fruto, y las altas temperaturas (más de 38°C), aunque pueden ser toleradas por el cultivo, si coinciden con baja humedad relativa pueden determinar el cierre

de los estomas y por ende reducir la fotosíntesis. Por otra parte, temperaturas muy altas generalmente determinan un mayor requerimiento de agua.

La palma de aceite se considera bien adaptada a la alta humedad relativa de las tierras de los trópicos húmedos con alta y frecuente precipitación pluvial. Con base en observaciones generales se ha propuesto como requerimiento mínimo para el cultivo una humedad relativa del 75% (Paramanathan, 2003). Se ha registrado cierre de estomas y reducción de la fotosíntesis cuando la presión de vapor de agua es mayor o igual a 1,8 kPa, lo cual se da cuando la humedad relativa es del 65% a 30°C (Jacquemard, 1998).

Solo en algunas circunstancias se da una combinación ideal de condiciones climáticas para el cultivo de la palma de aceite, por lo cual en la práctica conviene establecer categorías de aptitud de las tierras en función de qué tanto se apartan de las condiciones ideales. Para el caso de las condiciones climáticas, Paramanathan (2003) presenta un esquema de cuatro categorías de aptitud en función de cada uno de siete parámetros climáticos (Tabla 2).

En la Tabla 2, además de los valores de parámetros climáticos que definen cada categoría de aptitud, se señala el grado de limitación (cinco niveles), el cual aumenta en la medida en que

Tabla 2 Clases de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según características climáticas*

Clases de aptitud Limitación	Apta		Moderada	Marginal	No apta
	Ninguna	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Precipitación (mm)	2.500-3.500	1.700-2.500 3.500-4.000	1.450-1.700 4.000-5.000	1.250-1.450 5.000-6.000	<1.250 >6.000
Período seco (menos de 100 mm/mes)	Ninguno	1	1-2	2-3	>3
Radiación solar (MJ/m ² /día)	13-15	11-13 15-17	9-11 17-19	7-9 19-21	>7 >21
Temperatura media anual (°C)	25-29	22-25 29-32	20-22 32-35	10-20 35-37	<16 >37
Pendiente (%)	0-4	4-12	12-23	23-38	>38
Pendiente (grado)	0-2	2-6	6-12	12-20	>20
Clase de drenaje	Moderado a bueno	Bueno a excesivo	Excesivo o pobre	Excesivo o pobre	Excesivo o muy pobre
Riesgo de inundación	Ninguno	Ninguno	Ligero	Moderado	Alto

* Adaptada de Paramanathan, 2003.

las condiciones climáticas se alejan de los valores ideales. En la columna derecha de la tabla se indican las condiciones que definen las tierras no aptas, y en la columna anterior se señalan las condiciones que califican a las tierras como de aptitud marginal, categoría en la cual el potencial de rendimiento sería muy bajo, y tanto los costos de producción como los riesgos de la inversión serían muy altos.

Condiciones de suelo

Dado que todas las características del suelo (físicas, químicas y biológicas) pueden tener influencia en la productividad de los cultivos, las mismas deben tenerse en cuenta en la calificación de la aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite. Aunque se han obtenido altos rendimientos de palma de aceite en una gama amplia de suelos, se conoce a la vez que las características edáficas tienen una marcada influencia en la selección de técnicas de adecuación de tierras para la siembra, drenaje, conservación de suelos, mecanización y tipo y cantidad de fertilizantes requeridos para lograr un rendimiento adecuado. Las características de los suelos no sólo determinan si una tierra es o no apta para el cultivo, sino que influyen de manera significativa en los costos de producción de palma de aceite dentro de aquellas tierras que se hayan considerado aptas.

La Tabla 3 presenta el esquema de clases de aptitud de tierras según las propiedades del suelo que propone Paramanathan (2003), cuya estructuración es similar al esquema de la Tabla 2, relacionado con las características climáticas y de pendiente del terreno. Se indica, para tres características físicas y cuatro químicas, los rangos de valores que definen cada clase de aptitud y nivel de limitación. Es de notar que las condiciones que determinan las clases de aptitud “marginal” y “no apta” son muy difíciles de modificar en la práctica a costos razonables y por ello no deben ser ignoradas.

Por la finalidad de este artículo y la extensión del mismo no se hace una discusión detallada de la influencia de los diferentes factores edáficos en el cultivo de palma de aceite, sino que se mencionan sólo algunos aspectos que el autor considera son inexplicablemente ignorados en Colombia al tomar decisiones sobre nuevas siembras.

La textura, una de las propiedades del suelo más fáciles de observar en el campo, no siempre es tenida en cuenta por parte de los productores en la selección de tierras. Como se indica en la Tabla 3, las texturas extremas conllevan la calificación de aptitud marginal o de tierra no apta. Las clases texturales “arenoso” y “arcilloso”, así como el predominio de grava o cantos rodados ejercen

Tabla 3 Clase de aptitud de las tierras para cultivo de palma de aceite, según propiedades del suelo*

Clase de aptitud Limitación	Apta		Moderada	Marginal	No apta
	Ninguna	Ligera	Moderada	Severa	Muy severa
Condiciones físicas					
Textura	FAn, F, FL**	FAc, FAcL, AcAn	FAcAn, AnF, AcL, AcAn	AcL, Ac, turba	An, Ac, grava
Profundidad efectiva (cm)	>100	75-100	50-75	25-50	<25
Espesor capa orgánica (cm)	-	0-50	50-200	200-300	>300
Condiciones químicas					
CIC efectiva (cmol kg ⁻¹)	>24	16-34	<16	-	-
Saturación de bases en horizonte A (%)	>50	35-50	<35	-	-
Carbono orgánico en horizonte A (%)	1,5-2,0	>2 o <1,5	-	-	-
Salinidad a 50 cm de profundidad (dS m ⁻¹)	0-1	1-2	2-3	3-4	>4

* Adaptada de Paramanathan, 2003.

** Ac = arcilla o arcilloso; An = arena o arenoso; F = franco; L = limo o limoso.

fuerzas limitaciones para el cultivo. Las limitaciones de los suelos con altos contenidos de arenas se derivan de su baja capacidad de retención de humedad y nutrientes ya que por lo general tienen un bajo aporte de formas disponibles de nutrientes. Estos suelos, en la mayoría de los casos, son también pobres en materia orgánica. Los suelos arcillosos (más de 40 o 45% de arcilla) son limitantes por la dificultad para drenarlos, la facilidad con que se compactan y la dificultad que se presenta para su labranza y otras operaciones mecanizadas bajo condiciones húmedas.

Por otra parte, en los suelos con mucha grava o cantos rodados en las capas superficiales el volumen ocupado por “verdadero suelo” puede llegar a ser tan bajo que en total no haya una cantidad significativa de material que retenga agua y nutrientes. En algunas circunstancias se interpreta erróneamente la presencia de raíces en los espacios entre los cantos rodados pues aunque las raíces de la palma pueden crecer en dichos espacios, si no hay un volumen importante de suelo de buenas características en poco tiempo el cultivo se verá afectado.

La profundidad efectiva del suelo debe ser una de las características de mayor peso en un esquema de calificación de la aptitud de las tierras para palma de aceite. La profundidad efectiva es el espesor de suelo en el cual no se presentan limitaciones importantes para el crecimiento y funcionamiento de las raíces. Como lo muestra la Tabla 3, en Malasia se da tal importancia a este factor que sólo se considera una profundidad efectiva óptima cuando ella es igual o mayor de 100 cm. A pesar de que en el campo es muy fácil apreciar esta característica, si el suelo está cubierto por vegetación natural o cultivada, se observan casos en Colombia de siembras en suelos que por su limitada profundidad efectiva deberían considerarse no aptos.

En cuanto a las condiciones químicas, el esquema de la Tabla 3 hace énfasis en las características asociadas a la capacidad de retención de nutrientes, la saturación de bases y a la salinidad. Es importante recalcar que en ciertas regiones, como la Zona Norte de Colombia, debe tenerse cuidado de excluir de las zonas aptas para el cultivo de palma de aceite aquellas

con suelos salinos, para lo cual los rangos de referencia de la Tabla 3 son muy útiles. Nótese que la unidad de medida utilizada para la conductividad eléctrica, parámetro evaluador de la salinidad, es el dS/m (decisiemens por metro), pero esta unidad equivale cuantitativamente a mmho/cm (milimho por centímetro), la unidad utilizada tradicionalmente.

La recuperación de suelos salinos es generalmente costosa e implica tener facilidades para drenar y aplicar láminas de agua suficientes para lavar las sales, por lo cual a mayor salinidad, mayores son los requerimientos y los costos de recuperación. Por otra parte, dentro de un predio o globo de tierra que en su mayoría no tenga problemas por salinidad, pueden presentarse parches salinos, los cuales deben identificarse claramente y sobre ellos decidir si se someten a recuperación o si dejan de sembrarse con palma de aceite.

En la evaluación de los suelos por su aptitud para el cultivo de palma de aceite, además de los parámetros incluidos en la Tabla 3, deben tenerse en cuenta otros que de forma más directa evalúan la disponibilidad de los nutrientes, debido a la alta demanda nutricional que tiene el cultivo, lo cual determina que los costos de producción sean muy altos cuando las reservas nutricionales del suelo son muy limitadas. Con esta finalidad, en la evaluación de las tierras deben incluirse suficientes análisis de suelos que a su vez deben ser interpretados con base en tablas de niveles críticos o de referencia, como los consignados en la Tabla 4.

Procedimientos utilizados para la evaluación de tierras

Los procedimientos técnicos para calificar la aptitud de las tierras siguen esquemas de amplia aceptación y aplicación global y por lo general se basan en una confrontación entre la oferta ambiental de las tierras y los requerimientos preestablecidos para el buen desarrollo del cultivo en cuestión.

La oferta ambiental es el conjunto de características agroclimáticas del lugar bajo análisis, lo cual se determina mediante estudios de reconocimiento de los suelos y la utilización de registros confiables de los factores climáticos de

Tabla 4 Guía básica para la interpretación de resultados de análisis de suelos para palma de aceite

Parámetro	Calificación		
	Bajo	Medio	Alto
pH	< 4,5	4,5 - 5,0	> 5,0
Mat. orgánica, %	< 2,0	2,0 - 4,0	> 4,0
Cond. eléctrica (dS.m ⁻¹)*	< 1,0	1 - 2	> 3,0
P (Bray II); (ppm)	< 10	10 - 15	> 15
K (cmol.kg ⁻¹)**	< 0,2	0,2 - 0,4	> 4,0
K (% saturación)	< 3	3 - 6	> 6
Mg (cmol.kg ⁻¹)	<0,20	0,20 - 0,30	>0,30
Mg (% saturación)	< 10	10 - 20	> 20
Ca (% saturación)	< 20	20 - 40	> 40
Fe (ppm)	< 15	15 - 30	> 30
Cu (ppm)	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
Mn (ppm)	< 5,0	5 - 10	> 10
Zn (ppm)	< 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
B (ppm)	<0,25	0,25 - 0,50	>0,50
Al (% saturación)	< 25	25 - 50	> 50
S (ppm)	< 10	10 - 15	> 15
Ca/Mg			> 3,0
Mg/K			> 3,3
(Ca+Mg)/K			> 70

* 1 dS m⁻¹ = 1 mmho/cm

** 1 cmol. kg⁻¹ = 1 meq / 100g

interés que se mencionaron en apartes anteriores de este artículo. En cuanto a las características del suelo, los reconocimientos pueden haberse adelantado con anterioridad por parte de entidades gubernamentales o privadas calificadas para este fin, pero de no existir dichos estudios es necesario contratarlos, ya que la información que ellos aportan es insustituible para calificar la aptitud de las tierras, tanto en el ámbito general de un predio, como en forma específica para diferentes áreas dentro del mismo.

Los requerimientos del cultivo que se utilizan para hacer la confrontación con la oferta ambiental son aquellos que se elijan con base en el conocimiento sobre respuesta del cultivo a las diferentes condiciones. Lo ideal es utilizar resultados de experimentos confiables para definir los requerimientos del cultivo, pero a falta de ellos, en especial para algunos factores sobre los cuales ha sido difícil adelantar investigación, se suele hacer uso de la experiencia práctica, derivada de la comparación objetiva de cultivos

comerciales bajo condiciones contrastantes. La información de las Tablas 2 y 3, que puede ser utilizada para hacer la confrontación, proviene tanto de resultados experimentales como de observaciones menos formales de los respectivos autores.

Al hacer la confrontación mencionada, se asigna a cada característica evaluada una calificación y la calificación global que reciba cada unidad espacial bajo evaluación debe ser la correspondiente a la característica con calificación más baja.

Paramanathan (2003) propone la matriz de la Tabla 5 como instrumento para la calificación global de la aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite. En dicho esquema se agrupan las tierras en dos órdenes y luego en cuatro clases de aptitud y se anota la interpretación pragmática de los resultados. Es importante resaltar que en dicha interpretación se encuentra una combinación de calificativos sobre la aptitud de las tierras como tal (su productividad potencial) y una apreciación de la magnitud de los aportes o modificaciones que serían necesarios, así como sus costos, en el caso de las clases A2 y A3, para lograr una productividad sostenible.

Como información complementaria a la aplicación de los esquemas de calificación de la aptitud, conviene identificar qué tipo de limitaciones predominan en cada unidad espacial estudiada, agrupándolas en seis grupos, así (Paramanathan, 2003):

- i) Limitación climática. Precipitación, duración de la época seca, radiación solar, temperatura y vientos
- ii) Limitación por drenaje y riesgo de inundación
- iii) Limitación por fertilidad. Asociada con un bajo nivel de fertilidad natural
- iv) Limitación por calidad física del suelo. Estructura débil, textura inadecuada, etcétera
- v) Limitación por profundidad del suelo. Debida a la presencia de capas que restrinjan el desarrollo radical
- vi) Limitación topográfica. Debida a alto riesgo de erosión y dificultades para la cosecha por tener pendientes altas.

Tabla 5 Sistema de clasificación de tierras por aptitud para el cultivo de la palma de aceite*

Orden	Clase	Definición
A (Apta)	A1 (Altamente apta)	Tierras sin limitaciones o con limitaciones sólo menores para el cultivo sostenible de palma de aceite.
	A2 (Moderadamente apta)	Tierras con limitaciones que en su conjunto son moderadamente severas para el cultivo sostenible de palma de aceite. La productividad será menor y los insumos serán más costosos que en A1.
	A3 (Marginalmente apta)	Tierras con limitaciones que en su conjunto son severas para el cultivo sostenible de palma de aceite. La productividad será limitada y los costos de los insumos serán tan altos que el uso de estas tierras puede no justificarse.
N (No apta)	N (No apta)	Las características de estas tierras las hacen no aptas para el cultivo de palma de aceite.

* Adaptada de Paramanathan (2003)

Por otra parte, la calificación de la aptitud de las tierras puede darse como una aptitud actual o como una potencial. En el primer caso, se asume que no se hará ninguna mejora a la tierra, mientras que para la calificación de la aptitud potencial se asume que todas las enmiendas y mejoras posibles de llevar a cabo se aplicarían, pero no se hacen consideraciones sobre el costo de dichas modificaciones (Paramanathan, 2003).

La aptitud de las tierras de Colombia para el cultivo de palma de aceite

Hasta 1999 no se había realizado en el país ningún estudio que utilizando bases cuantitativas calificara la aptitud de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de palma de aceite y que, por tanto, indicara la ubicación geográfica de las tierras aptas y cuantificara su extensión.

Con el fin de contribuir a llenar dicho vacío de conocimiento, se realizó un estudio preliminar (Romero, Moreno, Munévar, 1999) utilizando procedimientos de sistemas de información geográfica y bases de datos ya georreferenciados. Para la realización del estudio se utilizó el conjunto de requerimientos del cultivo que aparece en la Tabla 6. Se empleó un número relativamente restringido de parámetros agroclimáticos, debido a que no se contaba con más

parámetros que cumplieran con la condición de estar georreferenciados. El estudio excluyó toda el área de los bosques naturales de la Amazonia y del Pacífico, por considerar dichas áreas como críticas desde el punto de vista ambiental.

Se establecieron tres clases de aptitud de las tierras evaluadas, y dichas clases se representaron en mapas. Asimismo, se representaron en los mapas las áreas de las clases de restricción moderada y severa diferenciando el factor de restricción específico. Se estimó un área de 3.500.000 hectáreas aptas para el cultivo, sin ningún tipo de restricción, frente a los criterios utilizados y una extensión de 6.100.000 hectáreas con restricciones moderadas para el cultivo de palma de aceite.

En general, el trabajo mostró que si bien una proporción importante de los cultivos actuales están localizados en tierras aptas, algunos están sembrados en tierras con diferentes grados de restricciones, y que en contraste con lo anterior, existen importantes extensiones de tierras aptas (sin ninguna restricción) en las cuales no se han establecidos cultivos de palma de aceite.

El informe contiene un mapa del país y un mapa por cada una de las cuatro zonas palmeras, donde se representan las diferentes categorías de aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite. Los autores (Romero, Moreno, Munévar, 1999) reconocen las limitaciones del

Tabla 6 Valores de requerimientos edafoclimáticos para la palma de aceite utilizada en estudios preliminares por Cenipalma (Romero, Moreno, Munévar, 1999; Munévar, Mejía, 2001)

Requerimiento		Clasificación por factores		
Factor diagnóstico	Unidad	Óptimo	Limitación moderada	Limitación severa
Precipitación anual	mm	2.000-4.000	1.000-2.000 4.000-8.000	500-1.000
Clase de drenaje		Moderado a bien drenado	Imperfecto	Pobre o excesivo
Pendiente	%	< 7	7 - 12	12 - 25
Prof. efectiva	cm	> 75	75 - 50	< 50
Horas sol	(horas/año)	>2.000	1.000 - 2.000	<1.000
Temp. mínima	°C	> 21	-	-
Temp. máxima	°C	≤ 31	-	-

estudio y su carácter preliminar, y sugieren adelantar trabajos posteriores que involucren más factores de evaluación de la aptitud de las tierras y que utilicen una escala de mayor detalle.

Implicaciones de una selección inadecuada de las tierras

Los estudios de aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite permiten estimar de antemano las implicaciones técnicas y económicas que puede tener el establecimiento de cultivos en tierras con limitaciones de aptitud para el cultivo. De esta manera contribuyen a determinar la factibilidad de los proyectos de inversión.

En esta sección del presente artículo, se dan algunos ejemplos de las implicaciones que puede tener el establecimiento de cultivos en tierras con diferentes limitaciones individuales, como una guía para orientar este tipo de análisis en la evaluación *ex ante* de los proyectos.

En opinión del autor, con una frecuencia mayor a la deseable, en Colombia se establecen cultivos de palma de aceite en tierras con limitaciones, principalmente por baja profundidad efectiva, texturas extremas (demasiado arenosas o demasiado arcillosas) y bajo nivel de reservas nutricionales y estas limitaciones no se tienen en cuenta en la evaluación de los proyectos ni para introducir los correctivos posibles antes de la siembra o en la época más adecuada. Por otra parte, en las siembras en tierras de ladera, debe tenerse en cuenta que se requiere de sistemas de siembra, cosecha y otras operaciones logísticas específicas para dichas tierras y por

tanto evaluar las diferencias en costos frente a las siembras en tierras planas.

En la Tabla 7 se presentan siete ejemplos de las implicaciones técnicas y las posibles fuentes de costos adicionales que deben analizarse en el caso de realizar siembras en tierras con sendas limitaciones específicas de aptitud.

En las Tablas 8 y 9 se presentan ejemplos de los posibles costos adicionales en los que se incurriría al sembrar en tierras con limitaciones por un bajo nivel de nutrientes. Se hace un cálculo teórico de los mayores costos en que se incurriría si la siembra se hiciera en suelos con muy bajos niveles de los nutrientes potasio o fósforo. Los estimativos asumen un nivel deseable de nutrientes a los cuales debería llevarse el suelo que originalmente tiene un nivel muy bajo del nutriente en cuestión. Los niveles supuestos de 0,08 meq/100g de K (Tabla 8) y de 8 ppm de P (Tabla 9) son muy bajos (altamente limitantes) para el cultivo, pero en Colombia se han registrado valores aún menores con una alta frecuencia en cultivos comerciales de palma de aceite (Munévar, 1998; 2001). Los ejemplos desarrollados muestran que la inversión necesaria para mejorar el nivel de fertilidad de los suelos es significativa, cuando se parte de condiciones de muy baja fertilidad.

Consideraciones finales

Determinar el grado de aptitud de las tierras para el cultivo de palma de aceite es un paso trascendental que debe darse antes de definir la iniciación de un proyecto de siembra, porque dicho paso tiene repercusiones importantes sobre

Tabla 7 Ejemplos de las implicaciones que puede tener la siembra de palma de aceite en tierras con limitaciones específicas

Limitación	Implicación o fuente de costos adicionales
Suelo superficial	Poca reserva de nutrientes Poco volumen de raíces Mayor costo de preparacin y fertilizacin
Suelo muy arenoso	Poca reserva de nutrientes Mayor frecuencia de fertilizacin Poca retencin de agua
Suelo muy arcilloso	Mayores costos de drenaje Mayores costos de labranza Riesgos de enfermedades
Bajo contenido de nutrientes	Mayores costos de fertilizacin Riesgo de enfermedades
Pendiente alta	Mayor costo de siembra Mayor costo de cosecha Mayor costo de mantenimiento general
Déficit de agua	Mayores costos por riego Suministro irregular de fruto para la extractora
Exceso de precipitacin	Mayores costos de drenaje Limitaciones para la fertilizacin Limitaciones para operaciones de campo Riesgo de enfermedades Baja radiacin

Tabla 8 Estimativo teórico del costo de correccin de la fertilidad del suelo por bajo nivel de potasio (K) disponible

Concepto	Nivel o valor
Supuesto nivel actual de K (meq/100 g)	0,08
Nivel deseable de K (meq/100g)	0,30
Cantidad de K requerido para obtener el nivel deseable (kg/ha)*	360
Costo por hectárea del fertilizante requerido para lograr el nivel deseable**	\$ 500.000 (US\$: 179)
Costo por hectárea por cada 0,1 meq de K/100g que se requiera adicionar	\$ 227.000 (US\$: 81)

* Cálculo basado en modificar los primeros 30 cm del perfil de un suelo con densidad aparente de 1,4 g/cm³.
 ** Cálculos basados en un costo de \$ 694 por kilogramo de KCl y una tasa de cambio de \$2794 por US\$ (septiembre de 2003).

Tabla 9 Estimativo teórico del costo de correccin de la fertilidad del suelo por bajo nivel de fósforo (P) disponible

Concepto	Nivel o valor
Supuesto nivel actual de P (ppm)	8
Nivel deseable de P (ppm)	20
Cantidad de P requerido para obtener el nivel deseable (kg/ha)*	50
Costo por hectárea del fertilizante requerido para lograr el nivel deseable**	\$ 205.000 (US\$: 73)
Costo por hectárea por cada 1 ppm de P que se requiera adicionar	\$ 17.080 (US\$: 6)

* Cálculo basado en modificar los primeros 30 cm del perfil de un suelo con densidad aparente de 1,4 g/cm³.
 ** Cálculos basados en un costo de \$ 807 por kilogramo de superfosfato triple y una tasa de cambio de \$2794 por US\$ (septiembre de 2003).

la productividad del futuro cultivo y su competitividad. Por tanto, la incorporación de estos estudios en el sector palmicultor en Colombia tendrá una gran influencia en la sostenibilidad y competitividad de la Agroindustria de la Palma de Aceite en el país. La determinación de la aptitud de las tierras debe llevarse a cabo como parte del estudio de factibilidad de los proyectos de siembra y en forma coordinada con los estudios de impacto ambiental de los mismos.

Para determinar la aptitud de las tierras debe seguirse un procedimiento sistemático que permita además una evaluación *ex ante* de los requerimientos técnicos y de inversión según las condiciones particulares de cada proyecto.

En la determinación de la aptitud de las tierras, las características del suelo hacen parte de los factores más importantes a considerar.

Entre los pasos previos a la iniciación de un proyecto de siembra de palma de aceite en un globo de terreno, deben darse por lo menos los siguientes pasos (Paramanathan, 2003):

- i) Determinar la aptitud del sitio, haciendo uso de criterios y procedimientos similares a los descritos en este artículo
- ii) Delimitar y cuantificar las áreas no aptas dentro del globo de terreno apto
- iii) Estimar el rendimiento potencial del sitio
- iv) Estimar los costos de adecuación tales como drenajes, riego, mejoramiento inicial del suelo, etcétera
- v) Estimar los costos de mantenimiento del futuro cultivo: fertilización, etcétera.

El segundo de los pasos anteriores merece recalcar, ya que es muy frecuente que dentro de un globo de terreno que en lo general se haya calificado como apto para el cultivo, existan áreas específicas no aptas. Es preferible destinar dichas áreas no aptas a otros usos pues su incorporación al cultivo de palma puede bajar la productividad media del predio, subir los costos de producción o representar riesgos de problemas sanitarios (focos de plagas o enfermedades).

Los estudios de aptitud de las tierras y los pasos previos a la iniciación de proyectos de siembra

antes señalados son de suma importancia, de manera independiente al tamaño de los cultivos que se vayan a establecer.

El inversionista debe tener en cuenta que entre mayor sea la aptitud de las tierras que se seleccionen para la siembra, menor es el riesgo de las inversiones que se hagan. Por otra parte, ante la tendencia a ser menos críticos con la selección de tierras en épocas de precios favorables del aceite de palma en el mercado, el inversionista debe prever que durante la vida útil de su proyecto puede haber épocas de precios menos favorables y por tanto conviene que en los estudios de factibilidad se analicen diferentes escenarios económicos.

Los estudios de aptitud de tierras para la siembra de palma de aceite pueden hacerse con relación a la aptitud actual o bien con relación a la potencial. En el primer caso se asume que no se hará ninguna mejora a la tierra, mientras que la calificación de la aptitud potencial supone que la tierra recibiría todas las enmiendas y mejoras posibles de llevar a cabo. ☼

Bibliografía

- CORLEY, R.H.V.; TINKER, P.B. 2003. The oil palm. 4a edic. Blackwell Science, Oxford.
- FOONG, S.F.; LEE, C.T. 2000. Increasing oil palm productivity with irrigation - Felda's experience. In: Pushparahah, E. (ed.). International Planters Conference. Kuala Lumpur, 17-20 May 2000, p.277-301.
- GOH, K.J. 2000. Climatic requirements of the oil palm for high yields. In: Goh, K.J. (ed.). Managing oil palm for high yields: agronomic principles. Malaysian Soc. Soil Sci. and Param Agric. Surveys, Kuala Lumpur, p.1-17.
- GOH, K.L.; HÄRDTER, R. 2003. General oil palm nutrition. In: Fairhust, T.y Härdter, R. (ed). Oil palm - management for large and sustainable yields. Potash and Phosphate Institute/Phosphate Institute of Canada; International Potash Institute. Oxford Graphic Printers Pte Ltd., p.191-230.
- HARTLEY, C.W.S. 1988. The oil palm. 3th edition. Longman, London.
- JACQUEMARD, J.C. 1998. Oil palm (The tropical agriculturalist). Macmillan. London.

- MEJÍA O., J. 2000. Consumo de agua por la palma de aceite y efectos del riego sobre la producción de racimos, una revisión de literatura. *Palmas, Colombia*, v.21, no.1, p.51-58.
- MUNÉVAR M., F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas, Colombia*, 19 (número especial), p.218-228.
- MUNÉVAR M., F. 2001. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Palmas, Colombia*, 22 no.4, p.9-17.
- MUNÉVAR M., F.; MEJÍA O., J. 2001. Información de apoyo para la visita de palmicultores a la región de Urabá en agosto de 2001. *Cenipalma, Bogotá* (documento interno).
- PARAMANANTHAN, S. 2003. Land selection for oil palm. In: Fairhurst, T.Y., Härdter, R. (ed). *Oil palm - management for large and sustainable yields*. Potash and Phosphate Institute/Phosphate Institute of Canada; International Potash Institute. Oxford Graphic Printers Pte Ltd., p.27-57.
- ROMERO C., M.; MORENO, A.L.; MUNÉVAR M., F. 1999. Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de palma de aceite. *Corpoica y Cenipalma, Bogotá, Colombia*.