

# EVALUACIÓN DE POTENCIALIDADES NATURALES EN EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL: NOROESTE DEL ESTADO DE CHIAPAS, MÉXICO

**Manuel Bollo Manent<sup>1</sup>, José Ramón Hernández Santana<sup>2</sup> y Ana Patricia Méndez Linares<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup> Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México

## RESUMEN

Bajo la óptica del desarrollo sustentable, los programas de ordenamiento ecológico territorial constituyen una herramienta para el establecimiento de patrones espaciales de organización de actividades humanas, en función de las potencialidades y debilidades del territorio, y de la distribución de sus recursos naturales. Se presentan algunos criterios para la determinación de las categorías de potencialidad natural (alta, media y baja) para cinco tipos fundamentales de uso de suelo (agrícola, cacaotero, pecuario, forestal y de conservación) en las condiciones geográficas particulares de la región noroeste del Estado de Chiapas, México. Un criterio novedoso fue la adopción de las unidades de paisaje físico-geográfico, como unidades de evaluación de dicha aptitud natural, y finalmente, como unidades de gestión del ordenamiento ecológico. Durante el levantamiento cartográfico de los paisajes físico-geográficos del noroeste chiapaneco, a escala 1:100.000, se delimitaron cinco Localidades, 11 Comarcas y 43 Subcomarcas. Se presentan los mapas de potenciales naturales para las actividades agrícola, pecuaria, forestal, cacaotera y de conservación de las comarcas descritas para el territorio evaluado.

**Palabras clave:** paisajes físico-geográficos, potencialidades naturales, unidades de gestión, ordenamiento ecológico territorial, México.

---

Fecha de recepción: septiembre 2008.

Fecha de aceptación: junio 2010.

## ABSTRACT

Following a sustainable development approach, land-use ecological planning constitutes a tool for the establishment of spatial patterns of organization of the human activities, as a function of the potentials (aptitude) and limiting factors of the territory, and the distribution of its natural resources. The present work shows some criteria for the determination of the categories of natural potential (high, medium and low) for five fundamental types of land-use (agriculture, orchard (cacao), cattle-grazing, forestry, and conservation) in the northwestern portion of the State of Chiapas, Mexico. A new criterion was the adoption of the physical geographical landscape units, serving as evaluation units of the natural aptitude (potential) and ecological land management units. During the cartographical survey of the physical geographical landscapes of the study area, at a 1:100.000 scale, were delimited 5 landlocalities, 11 landareas and 43 landplaces. Finally we present the maps of natural potentials for the agricultural, cattle-grazing, forestry, orchard (cacao) and conservation activities for every place of the evaluated territory.

**Keywords:** physical-geographic landscapes, natural potential, management unities, territorial planning, México.

## I. INTRODUCCIÓN

Es ampliamente reconocida la importancia de las condiciones y de los procesos naturales en que se realiza cualquier actividad económico-productiva. Cuando no existe una adecuada relación entre las potencialidades naturales del territorio y la actividad económica, la sociedad debe invertir gran cantidad de recursos para lograr el aumento de la producción y mantener el funcionamiento del paisaje, sin provocar su degradación. Una alta producción, no es siempre sinónimo de un potencial natural adecuado para dicha actividad; sin embargo, una alta relación entre potencial y uso significa relaciones sociales óptimas de producción, ahorro de recursos y funcionamiento idóneo y sustentable del paisaje.

Bajo la óptica del desarrollo sustentable, los programas de ordenamiento ecológico territorial constituyen una herramienta para el establecimiento de patrones espaciales de organización de actividades humanas, en función de las potencialidades de uso y de su compatibilidad con el uso histórico del territorio. En este sentido, la evaluación de la aptitud natural de uso del área de estudio persigue, en dependencia de la disponibilidad u oferta cuantitativa y cualitativa de los recursos naturales, así como de la información existente sobre atributos ambientales relacionados con éstos y sus potencialidades para diferentes fines socioeconómicos y conservacionistas, ofrecer criterios concretos para el aprovechamiento económicamente eficiente y ambientalmente viable de la oferta natural.

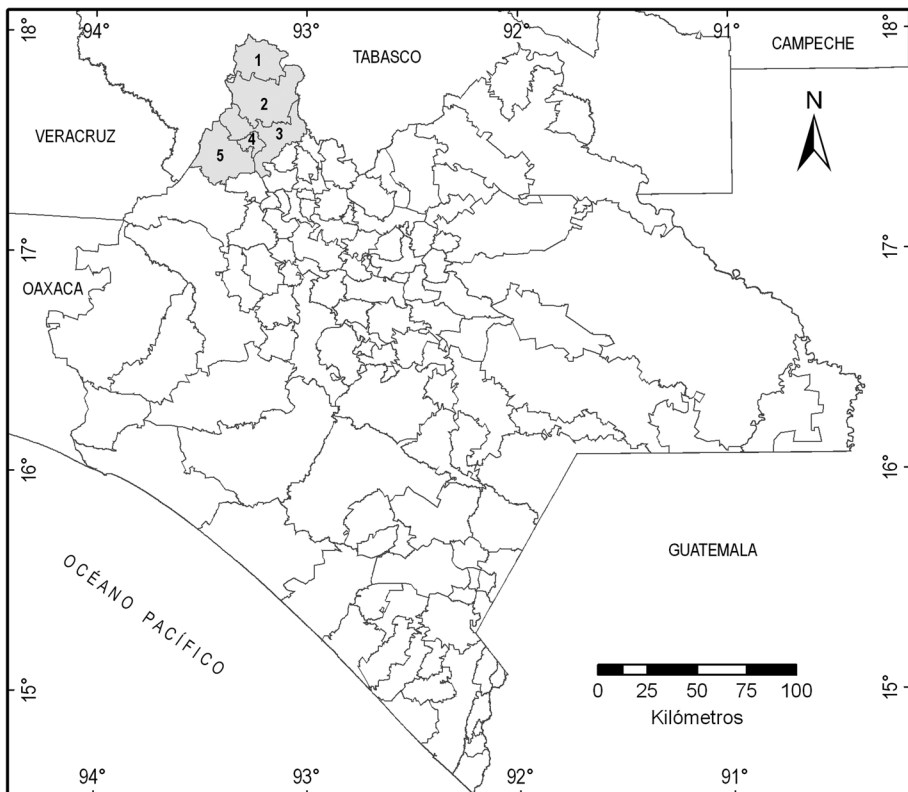
El análisis de la aptitud de uso del suelo provee la información necesaria para conocer las reales vocaciones naturales de las diferentes unidades de paisaje físico-geográfico, como unidades espaciales de análisis geográfico. En función de dichas cualidades, es posible establecer la selección priorizada de usos para un territorio, que reduzca los conflictos ambientales que se originan entre los distintos sectores socioeconómicos, que actúan sobre el mismo.

En el presente trabajo, se presentan algunos criterios para la determinación de las categorías de potencialidad natural (alta, media y baja) para cinco tipos fundamentales de uso de suelo (agrícola, cacaotero, pecuario, forestal y de conservación) en las condiciones geográficas particulares de la región noroeste del Estado de Chiapas, México. Un criterio novedoso fue la adopción de las unidades de paisajes naturales como unidades espaciales para la evaluación de dicha aptitud natural. Durante el levantamiento cartográfico de los paisajes físico-geográficos del noroeste chiapaneco, a escala 1: 100 000, se delimitaron 5 Localidades, 11 Comarcas y 43 Subcomarcas (Bollo y Hernández-Santana, 2008).

## II. ÁREA DE ESTUDIO

El territorio noroccidental del Estado de Chiapas, México, estudiado en este trabajo, está localizado entre las coordenadas geográficas 17° 59' 00" y 17° 17' 00", de Latitud Norte, y 93° 33' 00" y 93° 00' 00", de Longitud Oeste. La extensión total del territorio estudiado es de 2 456.88 km<sup>2</sup> aproximadamente (Fig. 1). De acuerdo con Ortega-Gutiérrez *et al.* (1992),

Figura 1  
ÁREA DE ESTUDIO EN EL NOROESTE DEL ESTADO DE CHIAPAS. MUNICIPIOS INVOLUCRADOS:  
1. REFORMA, 2. JUÁREZ, 3. PICHUCALCO, 4. SUNUAPA Y 5. OSTUACÁN



la zona ocupa las provincias geológicas Cuenca Deltaica de Tabasco y Cinturón Chiapaneco de Pliegues y Fallas. El relieve del territorio presenta un espectro de escalones orográficos, desde montañas bajas y premontañas, hasta lomeríos en su parte central y un sistema de planicies diseccionadas colinosas y onduladas, así como planas en su porción centro-septentrional. Los suelos más ampliamente distribuidos son los Acrisoles y aparecen en menores extensiones los Gleysoles, Cambisoles, Leptosoles, Fluvisoles, Luvisoles, Andosoles, Regosoles y Vertisoles. La vegetación natural está formada por la selva alta perennifolia, la selva mediana perennifolia de Canacoite (*Bravaisia integerrima*, Spreng., Standl) y los humedales principalmente de popales, que han sido sustituidos por cultivos, plantaciones de cacao y ganadería extensiva. Predominan cinco tipos fundamentales de uso de suelo, a saber: agrícola (plátano *Musa paradisiaca*), cacaoero (*Theobroma cacao*), pecuario (bovino), forestal y de conservación.

### III. ASPECTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

El potencial natural del paisaje no es más que la capacidad del mismo para un uso específico, determinado por sus propiedades y características naturales generales (fertilidad, pendientes, erodabilidad del suelo, y otros muchos atributos ambientales e incluso socioproductivos), que permiten altos niveles de productividad y eficiencia, sin que ello conlleve a su degradación o a la pérdida de cualquiera de sus valores y atributos (Mateo *et al.*, 1994). En otras palabras, el potencial natural del paisaje para una actividad económica, en particular, o lo que es lo mismo, la aptitud natural de uso de un territorio, puede definirse como la oferta o vocación de los recursos naturales del mismo, en función de los atributos de los procesos geomórficos modeladores del relieve, de las cualidades morfométricas del mismo, de las características físicas y químicas de los suelos y de sus niveles de degradación, de las virtudes del régimen hidrotérmico, y muchos otros aspectos físico-geográficos. Para la evaluación de los potenciales naturales de los paisajes, se utilizan indicadores de carácter natural, que caracterizan a los componentes del mismo, es decir, al clima, al relieve, a la composición litológica, al agua, al suelo, y a la biota, en el sistema natural estudiado.

Las aptitudes de uso a evaluar en un territorio pueden ser tan numerosas como lo sean las funciones socioeconómicas que las actividades humanas establezcan para dicho territorio con vistas al aprovechamiento de ese espacio geográfico. Cuando el hombre decide explotar un recurso en un territorio, lo que hace es asignarle una función que se expresa en determinadas actividades económicas, todo ello de acuerdo a sus posibilidades tecnológicas y al desarrollo de sus fuerzas productivas. Para ello, define normas y requisitos para lograr que la explotación del recurso sea lo más productiva posible, aunque en ocasiones las mismas vayan en detrimento de la calidad del paisaje natural que sustenta la función asignada, provoquen su degradación y, por tanto, le hagan perder su capacidad para cumplir con dicha función, lo que conlleva no sólo al agotamiento del recurso sino también a la pérdida de la capacidad del paisaje de realizar otras posibles funciones.

Por ello, para evaluar los potenciales naturales de un territorio, es necesario no sólo conocer los indicadores que caracterizan a cada uno de los componentes del paisaje natural (precipitaciones, temperatura, pendientes, fertilidad del suelo, endemismo, etc.), sino también, cuáles son los atributos que se corresponden con la función que se le quiere asignar.

Por ejemplo, para evaluar el potencial natural de un paisaje para la agricultura, es necesario conocer cuáles son los atributos de esta función o uso, para que las actividades económicas que conllevará la actividad agrícola, sean compatibles con el paisaje donde se desarrollará (pendientes óptimas, pH del suelo, profundidad del suelo, humedad, temperaturas, precipitaciones, etc.). La coincidencia de dichos atributos de la función deseada, con los indicadores de las condiciones naturales de cada paisaje, permitirán establecer incluso una gradación (alto, bajo, medio) del potencial del paisaje para la función o uso que se le quiere asignar o que ya tiene asignada.

Por otra parte, una vez determinado el potencial natural del territorio, a partir de los insumos necesarios para el desarrollo de cada una de las actividades productivas y de los indicadores naturales, se procede a la evaluación de la compatibilidad de un particular uso del suelo para cada unidad de paisaje físico-geográfico con sus potenciales naturales. Ello permitirá establecer con objetividad, en primera instancia, las funciones que originarán la sustentabilidad de los paisajes del territorio en cuestión. Además de proponer usos compatibles al potencial natural de un paisaje, es necesario tener en cuenta, que la intensidad del uso o función propuesta no sobrepase la capacidad de carga de cada paisaje para la función asignada. Cuando no se cumplen estos dos criterios, la incompatibilidad y el sobreuso se manifiestan en problemas ambientales de índole natural, social y económica, que desequilibran los sistemas naturales, disminuyen su capacidad productiva, les degradan y provocan la pérdida de sus potencialidades de uso, lo que les aleja de la deseada sustentabilidad.

Las aptitudes naturales de uso deben definirse por grupos interdisciplinarios de expertos, atendiendo a las características de cada territorio, con miras a obtener evaluaciones integradas con mayor y mejor objetividad. En la literatura internacional se recogen múltiples experiencias evaluativas de la aptitud natural para diferentes actividades. Valpreda (2005) en la evaluación de tierras para determinar la aptitud agrícola de la vid en Cuyo, Argentina, toma como atributos las unidades de suelo y su contenido de materia orgánica, las formas del relieve, la altitud, las pendientes y la presencia de agua superficial y subterránea, así como la distancia a vías de acceso. La evaluación y su representación cartográfica están en función de la correlación espacial entre los atributos naturales, su estandarización, ponderación y el establecimiento de intervalos numéricos de calificación, como por ejemplo, muy baja capacidad (0-15), baja (15-30), media (30-50) y alta (50-80), con lo cual establece una visión cartográfica de la aptitud. Por otra parte, Fernández Seoane (2006) emprende la zonificación bioclimática, mediante análisis multivariado de elementos climáticos y parámetros bioclimáticos en función del ciclo de maduración de la cosecha.

En esta misma dirección de la aptitud agrícola, otros autores adoptan diferentes atributos naturales, como pendiente, profundidad del suelo, su contenido de materia orgánica, pH y textura (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, 1986); espesores y colores de los horizontes A y B, y sus espesores (Ovalles *et al.*, 1994); pendiente, erodabilidad o riesgo de erosión, profundidad útil del suelo, textura, grado de pedregosidad, drenaje, salinidad y deficiencia bioclimática (Romero, 2002); y además, de variables de carácter productivo, tales como producto, orientación comercial, nivel tecnológico (mecanización, fertilizantes), prácticas de cultivo, producción media, intensidad de capital, conocimientos técnicos, y otras (Santé Riveira y Crecente Maseda, 2005). En el caso de estudio del presente trabajo, como se analiza en el siguiente apartado, se abordaron algunos atributos básicos y disponibles para

realizar la evaluación del potencial natural bajo el método de evaluación de tierras (FAO, 1976).

Este método se basa en la determinación de los requisitos de los tipos de utilización de la tierra, en la descripción y valoración de las cualidades y/o atributos naturales de la misma, en la definición de las unidades espaciales de evaluación (en este caso de los paisajes físico-geográficos), y en la comparación de las cualidades de las tierras en los paisajes físico-geográficos con los insumos que demanda cada actividad productiva específica (en este caso la agrícola, la ganadera, la cacaotera, la forestal y la de conservación). La evaluación de los paisajes para cada actividad productiva o de conservación y su representación cartográfica están en función de la calificación ponderada y totalizada de cada uno de los atributos naturales del paisaje con incidencia en la actividad, y el establecimiento de intervalos numéricos de calificación, reflejando el grado de optimización potencial.

#### IV. LA EVALUACIÓN DE LOS POTENCIALES NATURALES

Como paso previo al proceso de evaluación de la potencialidad natural territorial, se clasificaron las unidades del paisaje físico-geográfico, a partir de los criterios de Sochava (1972, 1978) y Mateo *et al.* (1994), estableciéndose las unidades taxónomicas de *Localidad* (coincide con un determinado complejo de mesoformas del relieve en los límites de una región, con similar régimen de humedad, asociación particular litológica y asociaciones de tipos de suelos y biocenosis), *Comarca* (coincide frecuentemente con una mesoforma del relieve, caracterizada por la asociación de regímenes de humedad, de rocas formadoras de suelos, de tipos de suelos y biocenosis) y *Subcomarca* (caracterizada por la situación de un elemento en la mesoforma del relieve, con idéntica correlación en la litología y en la capa de formación de suelos, régimen de humedad, tipo de suelos y biocenosis). Para la evaluación de las potencialidades naturales sólo fueron empleadas las Localidades y las Comarcas (Fig. 2); las subcomarcas se relacionan con aspectos muy puntuales, tanto lineal como localmente, y se emplean para el planeamiento de las actividades productivas a escala muy detallada. En el proceso automatizado se empleó el SIG Arc.Gis versión 9.

##### 1. Potencial natural agrícola de uso en cultivos intensivos

Para determinar el potencial natural agrícola de los paisajes, se parte de la evaluación de un conjunto de indicadores de las peculiaridades naturales de los mismos (oferta o vocación), los cuales se relacionan con las necesidades (demanda) de la agricultura, como tipo de uso de un territorio, de forma tal, que esa relación resulte productiva y eficiente, y no provoque la degradación ambiental. Para la evaluación de este potencial se establecieron los siguientes indicadores con diferentes grados:

a) La fertilidad del suelo: Depende del contenido de humus, y de su estructura y textura. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979), a mayor fertilidad, mayores son las potencialidades de uso en la agricultura: (a) Alta: Suelos Fluvisoles (Valor de 5 puntos); (b) Alta a media: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 4 puntos); (c) Media: Suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (d) Media a baja: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles

(Valor de 2 puntos); (e) Baja: Suelos Acrisoles (Valor de 1 punto); y (f) Baja a muy baja: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

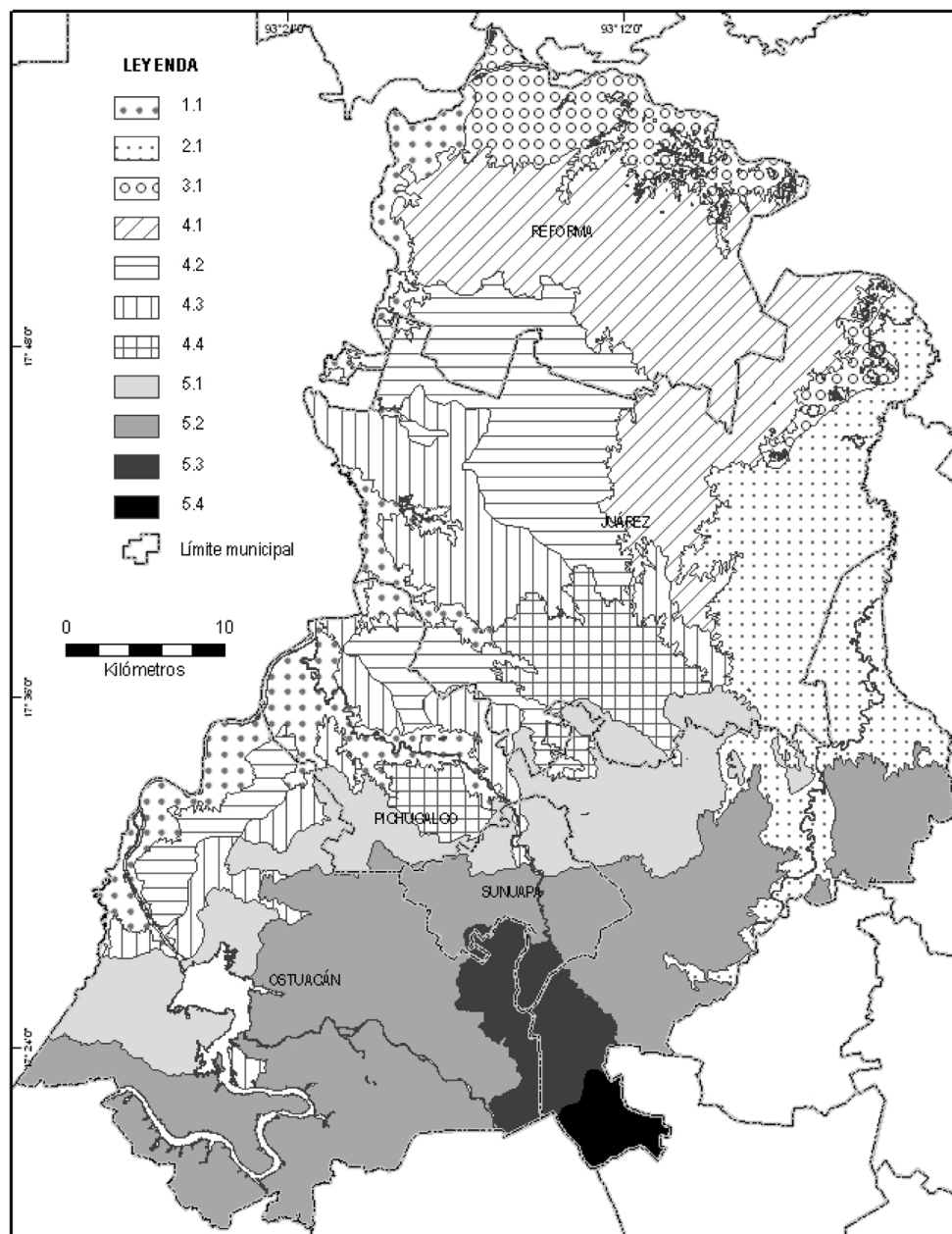
b) El grado de inclinación de las laderas: Para categorizar este indicador, se sigue el principio de que a mayor pendiente, menor posibilidad de ser usado el territorio en la agricultura, sin embargo, este concepto es relativo al tipo de cultivo, ya que hay algunos como el café y el cacao en los que se obtienen resultados productivos en fuertes pendientes, pero provocan con el tiempo cambios en el funcionamiento del paisaje, por tanto, esta evaluación no se aplica a esos cultivos. Teniendo en cuenta el uso histórico del territorio estudiado, se desarrolló una evaluación independiente para las plantaciones de cacao. El grado de inclinación de las pendientes (como factor pasivo) interviene en la erosión y limita la utilización de la mecanización en la agricultura. Para su evaluación se sigue el criterio de Kuylar (1978, en Seco, 1998), que las clasifica en los rangos siguientes: (a) 0° a 2°: no existen dificultades (Valor de 5 puntos); (b) 2.1° a 6°: dificultad para la mecanización agrícola (Valor de 4 puntos); (c) 6.1° a 12°: dificultad para el uso de maquinarias cosechadoras pesadas (Valor de 3 puntos); (d) 12.1° a 18°: restringido el uso de tractores y otros equipos (Valor de 2 puntos); y (e) mayor a 18°: no es posible el uso de maquinarias pesadas (Valor de 1 punto).

c) El grado de pedregosidad del suelo: Se parte del principio de que la presencia de alta pedregosidad en el suelo disminuye la posibilidad de su uso en la actividad agrícola. Bajo este criterio, se evalúa la aptitud, tomando en cuenta las características físico-químicas y morfológicas de los suelos de México, dadas en el texto «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979): (a) Muy baja o nula: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles, y suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Baja: Suelos Acrisoles (Valor de 2 puntos); (c) Baja a media: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (d) Muy alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

d) Susceptibilidad a los procesos erosivos: Se parte del principio que a mayor susceptibilidad a la erosión, menos posibilidad de uso en la actividad agrícola. Para su evaluación se toman en consideración las características de la erodabilidad de las unidades de suelos, dadas por Oropeza (1995): (a) Muy baja: Suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Moderada a Alta: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); (c) Alta a Moderada: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); y (d) Alta a muy Alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

e) Inundabilidad: Se considera que todo paisaje con posibilidades de estar sometido estacionalmente a inundaciones o que el agua permanezca estancada por un período prolongado de tiempo, no es apto para la actividad agrícola, aunque está claro que esta evaluación no se aplica a otros cultivos, como el arroz, donde esta situación sería favorable. La evaluación tomó en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979): (a) Muy alta: Suelos Gleysoles (Valor de 0 puntos); (b) Media: Suelos Acrisoles y Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); (c) Baja: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); (d) Ninguna: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 3 puntos).

Figura 2  
PAISAJES FÍSICO-GEOGRÁFICOS DEL TERRITORIO, COMO UNIDADES DE GESTIÓN





**1.1.** Valle fluvio-acumulativo del Río Grijalva (0-20 m), con planos de inundación poco estables, con amplias llanuras o planos de inundación de nivel más bajo que el río, con pendientes de 0° a 6°, sobre depósitos aluviales recientes, texturalmente diferenciados, presencia de bordos o diques, con suelos Fluvisoles y Gleysoles, con potreros, plantaciones (platanares) y restos de Selva alta perennifolia y humedales (tulares y popales); **2.1.** Valle fluvio-acumulativo (0-20 metros), del Río Pichucalco, con plano de inundación amplio, con pendiente suave (0°-6°), con sedimentos aluviales de origen fluvio-palustre, inundada en partes permanentemente, y en otras estacionalmente, con suelos Fluvisoles, Gleysoles, y Vertisoles, y vegetación de potreros, selva mediana perennifolia inundable (de Canacoite), humedales y plantaciones de plátano; **3.1.** Llanura baja (menos de 20 m), en forma de llanura lacustre, en depresión de contacto, en parte permanentemente inundada, pantanosa, con pendientes de 0° a 2°, sobre sedimentos fluviales y palustres, con abundantes lagunas (eutroficadas) y meandros abandonados, corrientes intermitentes de conexión entre lagunas, suelos Gleysoles y abundante vegetación acuática e hidrófila (humedales); **4.1.** Llanura ondulada baja a media (20-40 m), estructuro-denudativa, con superficies esculturales denudativo-erosivas, con pendientes suaves (0°-6°), denudativas-erosivas, con baja disección vertical (0-20 m), disección horizontal media (de 2 a 3 km/km<sup>2</sup>), en cortezas de intemperismo sobre areniscas, suelos Acrisoles, poco erosionados, pastizales y arboledas, cultivos de subsistencia y plantaciones (maíz, plátano) en pequeñas parcelas y focos aislados de selva alta perennifolia con vegetación secundaria; **4.2** Llanura ondulada, media (40-60 m), estructuro-denudativa, con superficies esculturales denudativo-erosivas y denudativas, con disección vertical media (20-50 m) y disección horizontal media (de 3 a 4 km/km<sup>2</sup>), denudativo-erosiva, de ligera a medianamente inclinada (6°-12°), con cortezas de intemperismo sobre areniscas, con suelos Acrisoles y Cambisoles, desde poco hasta fuertemente erosionados, con potreros, plantaciones de plátano aisladas, pequeñas parcelas ocasionales de cultivos de subsistencia (maíz) y restos aislados de selva alta perennifolia con vegetación secundaria; **4.3** Llanura ondulada a colinosa, media (40-60 m),estructuro-denudativa, con superficies esculturales denudativo - erosivas y denudativas, con disección vertical media (20-50 m) y disección horizontal media (de 3 a 4 km/km<sup>2</sup>), denudativo-erosiva, de ligera a medianamente inclinada (6°-18°), con cortezas de intemperismo sobre areniscas, con suelos Acrisoles y Cambisoles, fuertemente erosionados, con potreros, plantaciones de plátano aisladas, pequeñas parcelas ocasionales de cultivos de subsistencia (maíz) y restos aislados de selva alta perennifolia con vegetación secundaria; **4.4** Llanura muy colinosa, media a muy alta (60-200 m), estructuro-denudativa, con superficies esculturales erosivo-denudativas, con disección vertical alta (50-100 m), disección horizontal media (3 a 4 km/km<sup>2</sup>), con pendientes hasta medianamente inclinadas (12°-30°), en cortezas de intemperismo sobre areniscas, con suelos Acrisoles, erosionados, potreros, vegetación de selva alta perennifolia y vegetación secundaria y plantaciones de plátano; **5.1.** Alturas bajas colinosas, en forma de lomeríos (200-300 m), con superficies esculturales erosivo denudativas, con disección vertical media, entre 100 y 200 m, y disección horizontal media de 2.0 a 3.0 km/km<sup>2</sup>, con pendientes fuertes (18° a 30°), sobre rocas areniscas y pelitas, con suelos Acrisoles, y Cambisoles y en menor grado Nitosoles, de mediana a fuertemente erosionados, con potreros, selva alta perennifolia con vegetación secundaria y pequeñas y ocasionales parcelas de cultivos o parcelas sin vegetación aparente; **5.2** Alturas premontañas (300- 800 m), con superficies esculturales erosivo-denudativas, kárstico-erosivas, con disección vertical entre 300 y 500 m y disección horizontal fuerte de 4 a 5 km/km<sup>2</sup>, con pendientes muy fuertes (desde 18° a mayores de 45°), en general en forma de monoclinales, con cimas en forma de crestas o cupulares, en ocasiones en estructuras anulares, en rocas calizas arrecifales, margas, riolitas, y areniscas y lutitas, con suelos Cambisoles, Regosoles y Acrisoles, y en menor medida, Leptosoles y Luvisoles, muy fuertemente erosionados, con selva alta perennifolia con y sin vegetación secundaria, potreros y plantaciones aisladas de cacaotales; **5.3.** Montañas bajas (800-900 m), (El Cucayo-Zopilote), con superficies esculturales erosivo-kársticas y erosivo-denudativas, fuertemente inclinadas, (30° a más de 45°), sobre areniscas y afloramientos de calizas arrecifales aisladas, con disección vertical entre 300 y 500 m y disección horizontal fuerte de 4 a 5 km/km<sup>2</sup>, con suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles, muy fuertemente erosionados, y vegetación de selva alta perennifolia en diferente grado de conservación y potreros aislados; y **5.4** Montañas bajas, con superficies esculturales de tipo volcánica (800-1260 m) (Volcán el Chichonal o Chichón), con disección vertical entre 300 y 500 m y disección horizontal fuerte de 4 a 5 km/km<sup>2</sup>, con pendientes escarpadas (más de 45°), sobre materiales piroclásticos de composición traquiandesítica, con suelos Andosoles, Regosoles, Cambisoles y Leptosoles, áreas sin vegetación, potreros y vegetación de selva alta perennifolia.

f) Acidez del suelo: La acidez del suelo en exceso disminuye las posibilidades de uso del paisaje en la actividad agrícola. Se consideraron en su evaluación las características de los suelos de México para determinar la erodabilidad de sus unidades, dadas por Oropeza (1995): (a) Ácido a Alcalino: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles, y suelos Gleysoles (Valor de 2 puntos); (b) Ácido a ligeramente ácido: Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (c) Ácido a muy ácido: Suelos Acrisoles y Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

Una vez reconocidas las demandas para la actividad agrícola, por medio de indicadores y categorías establecidas para cada indicador, se construyó la matriz de indicadores y evaluación del potencial natural agrícola, en la cual las filas indican los paisajes físico-geográficos, las columnas a los indicadores seleccionados y en la matriz la evaluación expresada por una clase y un valor numérico de puntuación. La evaluación final del potencial o de la aptitud agrícola, se obtiene por la sumatoria de los puntos dados a cada indicador para cada unidad de paisaje, y se establecen tres categorías de potencial natural agrícola (alto, medio, bajo o no apto), según la puntuación obtenida. De esta manera, los paisajes que obtienen más de 10 puntos poseen un potencial alto; los que alcanzan de 5 a 10 puntos presentan un potencial medio; y aquellos que poseen menos de 5 puntos son considerados con un potencial bajo o no apto para el uso agrícola de suelo. Los cálculos antes mencionados se presentan en la matriz de la Tabla 1 y la diferenciación espacial de la aptitud agrícola se representa en la Fig. 3.

## 2. Potencial agrícola de uso para plantaciones de cacao

Para la evaluación espacial de las potencialidades del fomento cacaotero, no se tomaron en cuenta las condiciones climáticas, ya que las mismas son favorables en todo el territorio estudiado, con temperaturas medias entre 21° y 25° C, y precipitaciones que oscilan entre los 1 500 y los 2 500 mm anuales, e incluso mayores, y una lámina mensual de 100 mm (<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>).

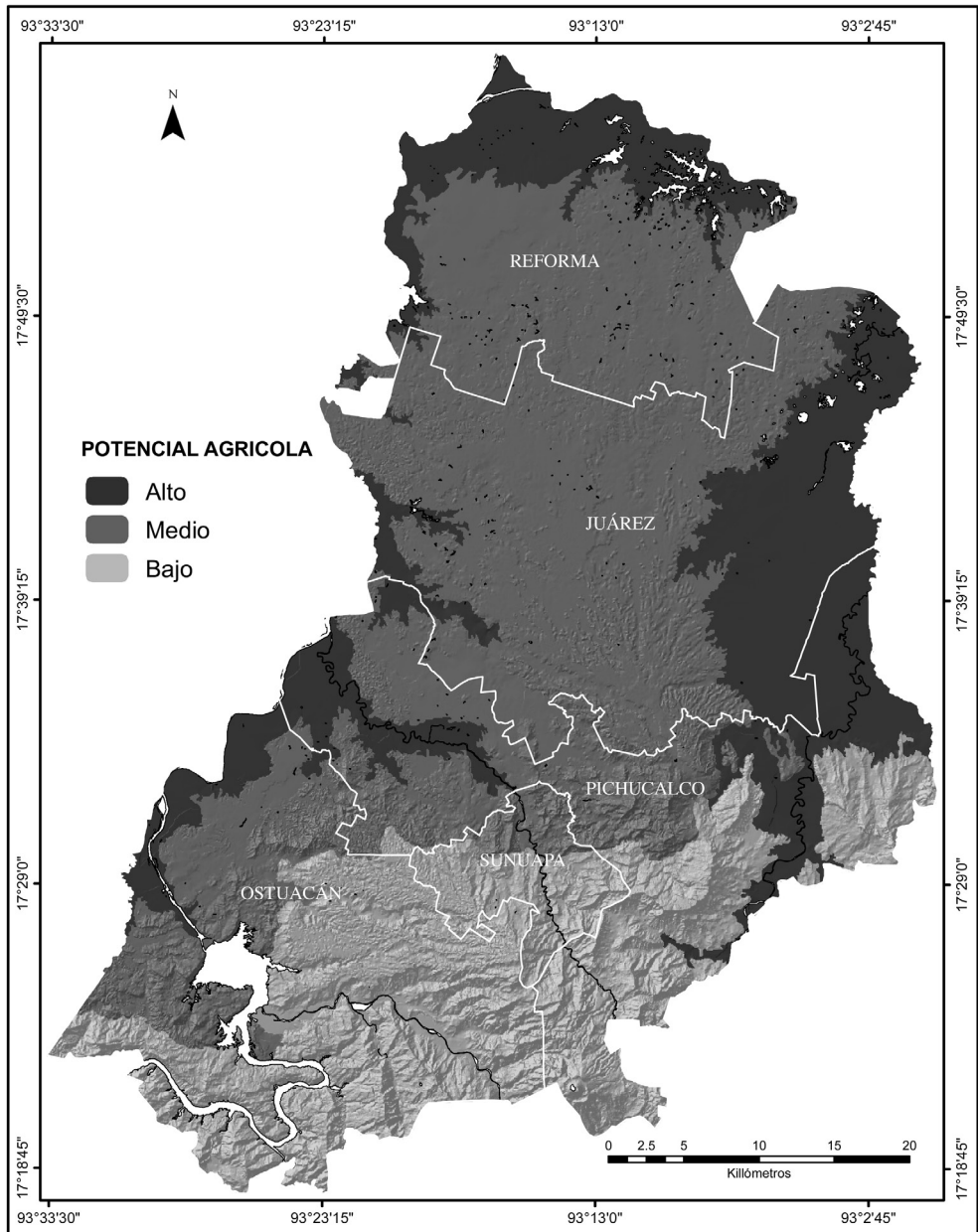
a) El ángulo de inclinación de las pendientes: Para categorizar el indicador, en el caso del cultivo del cacao, se tomó como requerimiento, que las pendientes no deben ser superiores a los 25°, ni en relieves planos, donde se produzca el estancamiento del agua, con inundaciones perennes. (<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>). Evaluación de las pendientes: (a) 0° a 6°: dificultad por el exceso de humedad (Valor de 0 puntos); (b) 6.1° a 12°: pendiente óptima (Valor de 2 puntos); (c) 12.1° a 18°: pendiente aceptable (Valor de 1 punto); y (d) mayor de 18°: pendiente excesiva (Valor de 0 puntos).

b) Fertilidad del suelo: Depende de la profundidad del suelo, de su humedecimiento y de su textura. Este aspecto se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979). A mayor profundidad, no estancamiento de agua y textura franco arenosa o franco-limosa, mayor será la fertilidad y mayores serán las potencialidades de uso en el cultivo del cacao: (a) Baja: Suelos Fluvisoles, Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles, Suelos Gleysoles, Complejo de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles, Complejo de suelos Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor

Tabla 1  
MATRIZ DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL NATURAL AGRÍCOLA

Unidad de paisaje	Complejo de unidades de suelo	Pendiente (grados)	fertilidad de los suelos	Susceptibilidad a erosión	Pedregosidad	Inundabilidad	Acidez (pH)	Total de puntos	Potencial natural agrícola
1.1	Fluvisoles y Gleysoles	0 a 6 (4)	Alta a media (4)	Alta a moderada (1)	Muy baja (3)	Media (1)	Ácido a Alcalino (2)	15	alto
2.1	Fluvisoles y Gleysoles	0 a 6 (4)	Alta a media (4)	Alta a moderada (1)	Muy baja (3)	Media (1)	Ácido a Alcalino (2)	15	alto
3.1	Gleysoles	0 a 2 (5)	Media (3)	Muy baja (3)	Muy baja (3)	Muy alta (0)	Ácido a Alcalino (2)	16	alto
4.1	Acrisoles	6 a 12 (3)	Baja (2)	Moderada a alta (1)	Baja (2)	Media (1)	Ácido a muy ácido (0)	9	medio
4.2	Acrisoles y Cambisoles	6 a 12 (3)	Baja a media. (2)	Moderada a alta (1)	Baja a media. (1)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (1)	10	medio
4.3	Acrisoles y Cambisoles	6 a 18 (3)	Baja a media (2)	Moderada a alta (1)	Baja a media (1)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (1)	10	medio
4.4	Acrisoles	12 a 30 (1)	Baja (1)	Moderada a alta (1)	Baja (2)	Baja (2)	Ácido a muy ácido (0)	7	medio
5.1	Acrisoles y Cambisoles	18 a 30 (1)	Baja a media (2)	Moderada a alta (1)	Baja a media (1)	Ninguna (3)	Ácido a ligeramente ácido (1)	9	medio
5.2	Cambisoles Regosoles Leptosoles	18 a 45 (1)	Baja a muy baja (0)	Alta a muy alta (0)	Muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (1)	5	Bajo
5.3	Cambisoles Regosoles Leptosoles	30 a 45 (1)	Baja a muy baja (0)	Alta a muy alta (0)	Muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (1)	5	Bajo
5.4	Andosoles Cambisoles Regosoles	Mas de 45 (1)	Baja a muy baja (0)	Alta a muy alta (0)	Muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (1)	5	Bajo

Figura 3  
APTITUD NATURAL DEL TERRITORIO PARA EL USO AGRÍCOLA.



de 0 puntos); (b) Media: Suelos Acrisoles (Valor de 1 punto); y (c) Alta: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos).

c) Inundabilidad: Se considera que todo paisaje físico-geográfico con posibilidades de ser sometido estacionalmente a inundaciones o que el agua permanezca estancada por un período prolongado de tiempo, no es apto para el cultivo del cacao. Al mismo tiempo, es necesaria una profundidad del suelo mayor de 100 cm. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979): (a) Muy alta: Suelos Gleysoles (Valor de 0 puntos); (b) Media: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 0 punto); (c) Baja: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); y (d) Ninguna: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

d) Altimetría: La altura óptima para el cultivo del cacao oscila entre los 0-800 m, siempre que el suelo mantenga una profundidad adecuada y no se produzcan inundaciones durante largos y cortos períodos de tiempo (<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>): (a) 0-800 m: Altura óptima para la floración (Valor de 1 punto); y (b) Mayor de 800 m: No apto (Valor de 0 puntos).

e) Acidez del suelo: La acidez excesiva del suelo disminuye las posibilidades de uso del paisaje para el cultivo del cacao. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos de México para determinar la erodabilidad de las unidades de suelos, dadas por Oropeza (1995): (a) Ligeramente ácido a alcalino: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles y suelos Gleysoles (Valor de 0 puntos); (b) Ácido a ligeramente ácido: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); y (c) Ácido a muy ácido: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 1 punto).

La evaluación final de la aptitud natural para el cultivo cacaotero, se obtiene por la sumatoria de los puntos dados a cada indicador para cada unidad de paisaje, y se establecen tres categorías de potencial natural cacaotero (alto, medio, bajo o no apto), según la puntuación obtenida. De esta manera, los paisajes que obtienen más de 6 puntos poseen un potencial alto; los que alcanzan de 3 a 6 puntos presentan un potencial medio; y aquellos que poseen menos de 3 puntos son considerados con un potencial bajo o no apto para el uso cacaotero de suelo. Los cálculos antes mencionados se presentan en la matriz de la Tabla 2 y la distribución espacial se presenta en la Fig. 4.

### **3. Potencial natural para la actividad pecuaria**

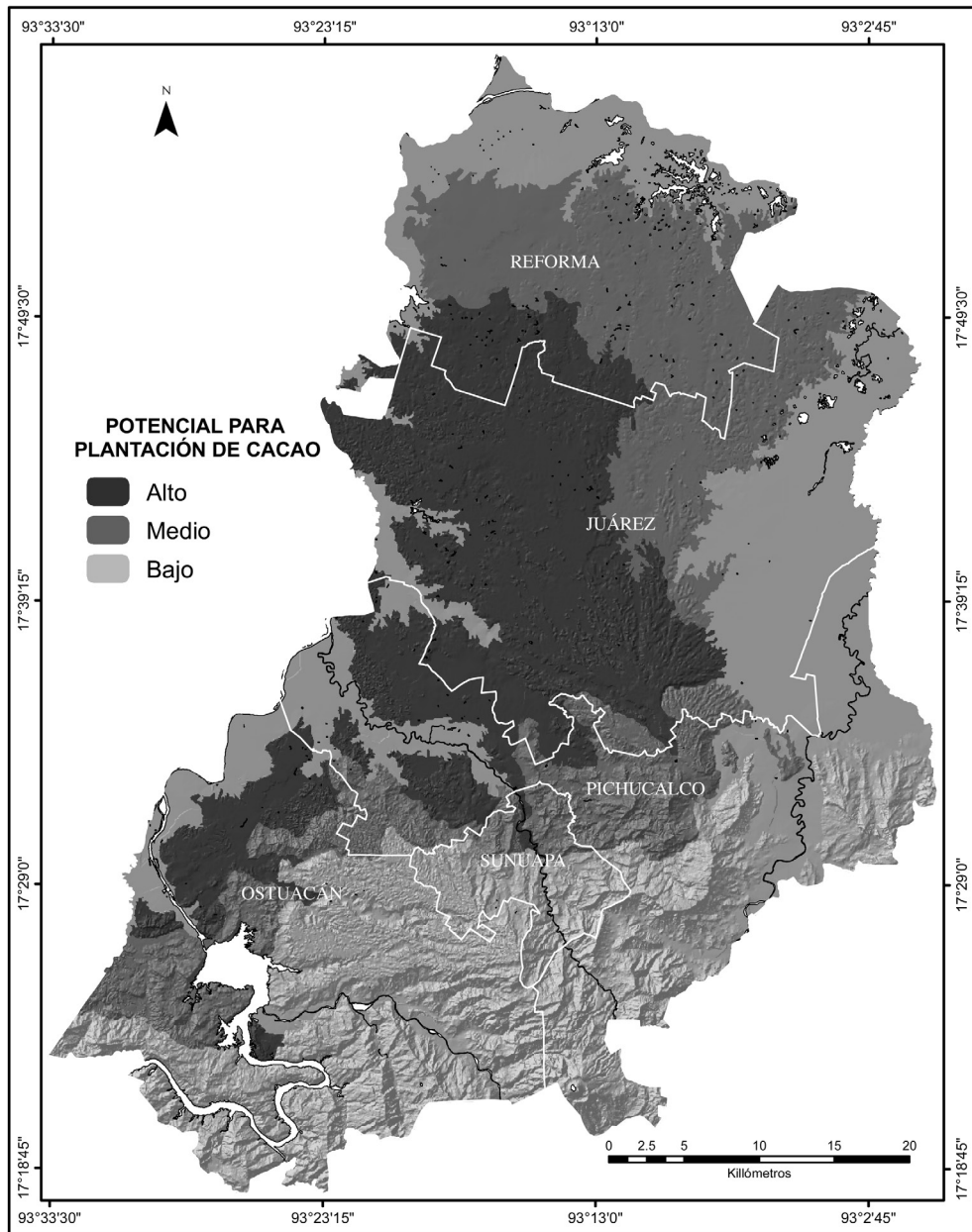
En relación con este potencial es necesario atender ciertas cualidades en las diferentes unidades como: la fertilidad, el ángulo de inclinación de las pendientes, la disección horizontal, la pedregosidad, la accesibilidad y la inundabilidad (Mateo *et al.*, 1994).

a) La fertilidad del suelo: Depende del contenido de humus, de su estructura y de su textura. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979). A mayor fertilidad habrá mayor potencial para la actividad agrícola y pecuaria: (a) Alta: Suelos Fluvisoles (Valor de 5 puntos); (b) Alta a media: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 4 puntos); (c) Media: Suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (d) Media a baja: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles

Tabla 2  
MATRIZ DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL PARA USO EN PLANTACIONES DE CACAO

Unidad de paisaje	Complejo de unidades de suelo	Pendiente (grados)	Altura (metros)	Fertilidad de los suelos	Inundabilidad	Acidez (pH)	Total de puntos	Potencial agrícola para el cacao
1.1	Fluvisoles y Gleysoles	0 a 6 (0)	0 - 20 (1)	Baja (0)	Media (0)	Ácido a Alcalino (0)	1	Bajo
2.1	Fluvisoles y Gleysoles	0 a 6 (0)	0 - 20 (1)	Baja (0)	Media (0)	Ácido a Alcalino (0)	1	Bajo
3.1	Gleysoles	0 a 2 (0)	0 - 20 (1)	Baja (0)	Muy alta (0)	Ácido a Alcalino (0)	1	Bajo
4.1	Acrisoles	6 a 12 (2)	20- 40 (1)	Media (1)	Media (0)	Ácido a muy ácido (1)	5	Medio
4.2	Acrisoles y Cambisoles	6 a 12 (2)	40 - 60 (1)	Alta (2)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (2)	9	Alto
4.3	Acrisoles y Cambisoles	6 a 18 (2)	40 - 60 (1)	Alta (2)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (2)	9	Alto
4.4	Acrisoles	12 a 30 (1)	60 - 200 (1)	Media (1)	Baja (2)	Ácido a muy ácido (1)	6	Alto
5.1	Acrisoles y Cambisoles	18 a 30 (0)	200 - 300 (1)	Alta (2)	Ninguna (0)	Ácido a ligeramente ácido (2)	5	Medio
5.2	Cambisoles Regosoles Leptosoles	18 a 45 (0)	300 - 800 (1)	Baja a muy baja (0)	Ninguna (0)	Ácido a muy ácido (1)	2	Bajo
5.3	Cambisoles Regosoles Leptosoles	30 a 45 (0)	800 - 900 (0)	Baja a muy baja (0)	Ninguna (0)	Ácido a muy ácido (1)	1	Bajo
5.4	Andosoles Cambisoles Regosoles	Más de 45 (0)	800 -1260 (0)	Baja a muy baja (0)	ninguna	Ácido a muy ácido (1)	1	Bajo

Figura 4  
APTITUD NATURAL DEL TERRITORIO PARA EL USO CACAOTERO



(Valor de 2 puntos); (e) Baja: Suelos Acrisoles: (Valor de 1 punto); y (f) Baja a muy baja: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos-No apto).

b) El ángulo de inclinación de las pendientes: Interviene en la erosión y determina la utilización de la mecanización en la agricultura o la posibilidad de realizar pastoreo bovino sin provocar erosión. A menor pendiente habrá mejores potencialidades para la actividad pecuaria. Se evalúa a partir de los resultados geomorfológicos de la etapa I de caracterización del sistema territorial (Hernández-Santana *et al.*, 2007): (a) 0° a 6°: Potencial alto, permite pastoreo intensivo (Valor de 3 puntos); (b) 6.1° a 18°: Potencial medio, no existen dificultades para el pastoreo extensivo (Valor de 2 puntos); (c) 18.1° a 30°: Potencial bajo, el pastoreo extensivo está limitado a determinado número de animales (Valor de 1 punto); y (d) Mayor a 30°: No apto, el pastoreo extensivo provoca deterioro de los suelos por erosión (Valor de 0 punto).

c) La disección vertical del relieve: Constituye la profundidad de corte de las corrientes fluviales, a mayor disección vertical menos posibilidades de instrumentar la agricultura y la ganadería de todo tipo, dificultades con el agua para beber, etc. Se evalúa a partir de los resultados geomorfológicos de la etapa I de caracterización del sistema territorial (Hernández-Santana *et al.*, 2007): (a) 0-20 m: Potencial muy alto, permite pastoreo intensivo (Valor de 4 puntos); (b) 20-50 m: Potencial alto, no existen dificultades para el pastoreo extensivo (Valor de 3 puntos); (c) 50-100 m: Potencial medio, el pastoreo extensivo está limitado por el acceso al agua (Valor de 2 puntos); (d) 100-200 m: Potencial bajo, el pastoreo extensivo está limitado a muy pocos animales (Valor de 1 punto); y (e) Mayor a 200 m: Potencial muy bajo o no apto, no es posible el pastoreo más que en las partes altas del relieve, como superficies de cimas, superficies areales y parteaguas o divisorias de las aguas de los sectores cumbrales (Valor de 0 punto).

d) La pedregosidad del suelo: Se evalúa teniendo en cuenta las características físico-químicas y morfológicas de los suelos de México, dadas en el texto «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979). A mayor pedregosidad superficial, menor calidad del suelo para la producción agrícola o de pastos, y por ende, para la ganadería: (a) Muy baja o nula: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles y suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Baja: Suelos Acrisoles (Valor de 2 puntos); (c) Baja a media: Complejo de suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (d) Muy alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

e) Susceptibilidad a la erodabilidad del suelo: Se evalúa teniendo en cuenta las características de la erodabilidad de las unidades de suelos, dadas por Oropeza *et al.* (1995). A mayor susceptibilidad por la erodabilidad del suelo, menor potencial para la actividad agrícola y pecuaria: (a) Muy baja: Suelos Gleysoles (Valor de 3 puntos); (b) Moderada a Alta: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); (c) Alta a Moderada: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); y (d) Alta a muy Alta: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 punto).

f) Inundabilidad. Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos en la «Descripción de la leyenda de la carta edafológica» (Detenal, 1979). A mayor inundabilidad, menor potencial para la agricultura y la actividad pecuaria: (a) Muy alta: Suelos Gleysoles,



(Valor de 0 punto); (b) Media: Suelos Acrisoles y Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles (Valor de 1 punto); (c) Baja: Suelos Acrisoles y Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 2 puntos); y (d) Ninguna: Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 3 puntos).

g) Acidez del suelo: Se evalúa teniendo en cuenta las características de los suelos de México para determinar la erodabilidad de las unidades de suelos, dadas por Oropeza (1995). A mayor acidez del suelo, menor posibilidad de cultivos y menor productividad de los pastos, por tanto menores potencialidades para la actividad pecuaria: (a) Ácido a alcalino: Complejo de suelos Fluvisoles y Gleysoles, y suelos Gleysoles (Valor de 2 puntos); (b) Ácido a ligeramente ácido: Complejo de Suelos Acrisoles y Cambisoles (Valor de 1 punto); y (c) Ácido a muy ácido: Suelos Acrisoles y Complejos de Suelos Cambisoles, Regosoles y Leptosoles o Andosoles, Cambisoles y Regosoles (Valor de 0 puntos).

La evaluación final del potencial o de la aptitud natural pecuaria, se obtiene por la suma de los puntos dados a cada indicador para cada unidad de paisaje, y se establecen tres categorías de potencial natural (alto, medio, bajo o no apto), según la puntuación obtenida. De esta manera, los paisajes que obtienen más de 11 puntos poseen un potencial alto; los que alcanzan de 6 a 11 puntos presentan un potencial medio; y aquellos que poseen menos de 6 puntos son considerados con un potencial bajo o no apto para el uso pecuario del suelo. Los cálculos antes mencionados se presentan en la matriz de la Tabla 3 y la distribución espacial se presenta en la Fig. 5.

#### **4. Potencial forestal natural para la actividad forestal**

El potencial forestal viene dado por la calidad de la madera que existe y su cantidad. Atendiendo a la calidad, recibe el valor 3 aquella unidad, donde existen árboles cuya madera pueda utilizarse, por ejemplo, en la carpintería (biocenosis de bosques); el valor 2, si puede utilizarse como leña (biocenosis de matorrales); y el valor 0, cuando en la unidad predomina el estrato herbáceo (biocenosis de pastos y cultivos). Si no existe el suelo por haber sido removido, o el uso es agrícola, no se prosigue la evaluación para los demás aspectos.

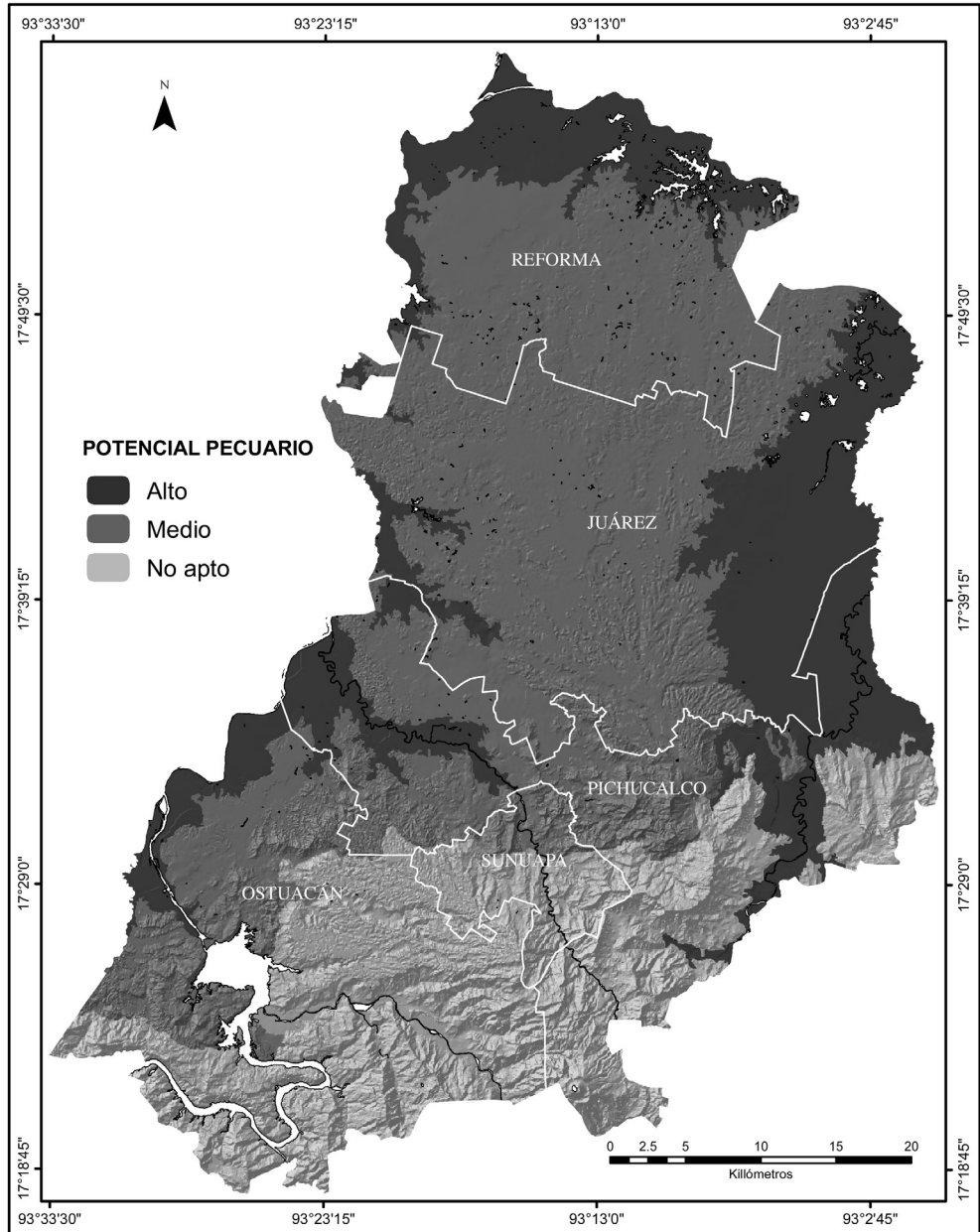
La cantidad se evalúa para las formaciones con capacidad de contener especies maderables, según la degradación de la vegetación, sobre todo para los de calidad 3. Para ello, nos apoyamos en los criterios de expertos durante el trabajo de campo. Ello nos proporciona el potencial para la explotación de maderas. De las formaciones de calidad 2, se obtiene el potencial de los paisajes para la producción de leña. Ambos potenciales sumados nos permiten obtener el potencial para la actividad forestal de extracción.

En lo referente a la calidad, ésta se expresa como la calidad de la formación vegetal o uso para diferentes actividades forestales, evaluándose de la manera siguiente: (a) Valor de 3 puntos: la unidad donde existan árboles, cuya madera pueda utilizarse en la carpintería o para la producción de leña (biocenosis de bosques). Tienen alto potencial para la actividad maderable, son bosques con algún grado de conservación, y además, sirven para la extracción de leña (Selva mediana de Canacoite, Selva alta perennifolia, en el territorio estudiado); (b) Valor de 2 puntos: puede utilizarse para la producción de leña (biocenosis de matorrales). No tienen posibilidades de producción de madera, o la misma está disminuida

Tabla 3  
MATRIZ DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL NATURAL PECUARIO (GANADERÍA EXTENSIVA)

Unidad de paisaje	Complejo de unidades de suelo	Fertilidad del suelo	Pendiente (en °)	Disecación Vertical (en m)	Pedregosidad	Susceptibilidad a erosión	Inundabilidad	Acidez (pH)	Total de puntos	Potencial natural pecuario
1.1	Fluvisoles y Gleysoles	Alta a media (4)	0 a 6 (3)	0 a 20 (4)	Muy baja (3)	Alta a moderada (1)	Media (1)	Ácido a Alcalino (2)	18	Alto
2.1	Fluvisoles y Gleysoles	Alta a media (4)	0 a 6 (3)	0 a 20 (4)	Muy baja (3)	Alta a moderada (1)	Media (1)	Ácido a Alcalino (2)	18	Alto
3.1	Gleysoles	Media (3)	0 a 2 (3)	0 a 20 (4)	Muy baja (3)	Muy baja (3)	Muy alta (0)	Ácido a Alcalino (2)	18	Alto
4.1	Acrisoles	Baja (1)	6 a 12 (2)	20 - 50 (3)	Baja (2)	Moderada a alta (2)	Media (1)	Ácido a muy ácido (0)	11	Medio
4.2	Acrisoles y Cambisoles	Baja a media (3)	6 a 12 (2)	20 - 50 (3)	Baja a media. (1)	Moderada a alta (2)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (1)	11	Medio
4.3	Acrisoles y Cambisoles	Baja a media (3)	6 a 18 (2)	20 - 50 (3)	Baja a media (1)	Moderada a alta (2)	Baja (2)	Ácido a ligeramente ácido (1)	11	Medio
4.4	Acrisoles	Baja (1)	12 a 30 (1)	50- 100 (2)	Baja (2)	Moderada a alta (2)	Baja (2)	Ácido a muy ácido (0)	10	Medio
5.1	Acrisoles y Cambisoles	Baja a media (3)	18 a 30 (1)	100 - 200 (1)	Baja a media (1)	Moderada a alta. (2)	Ninguna (3)	Ácido a ligeramente ácido. (1)	11	Medio
5.2	Cambisoles Regosoles Leptosoles	Baja a muy baja (0)	18 a 45 (0)	300 - 500 (0)	Muy alta (0)	Alta a muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (0)	3	No apto
5.3	Cambisoles Regosoles Leptosoles	Baja a muy baja (0)	30 a 45 (0)	500 - 600 (0)	Muy alta (0)	Alta a muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (0)	3	No apto
5.4	Andosoles Cambisoles Regosoles	Baja a muy baja (0)	Más de 45 (0)	600 - 700 (0)	Muy alta (0)	Alta a muy alta (0)	Ninguna (3)	Ácido a muy ácido (0)	3	No apto

Figura 5  
APTITUD NATURAL DEL TERRITORIO PARA EL USO PECUARIO



por ser bosques ya modificados por la actividad humana, pero si tienen alto potencial de producción de leña (Selva alta perennifolia con vegetación secundaria, en el territorio estudiado); (c) Valor de 0 punto: cuando en la unidad predomina el estrato herbáceo (biocenosis de pastos y cultivos), además de humedales, potreros de baja cobertura, pastizal inducido, potrero en zonas inundables, que son áreas que a pesar de tener vegetación, no tienen posibilidades de producir leña o madera; y (d) No se tomaron en cuenta las áreas de cultivos y plantaciones de frutales.

Para determinar los paisajes de más alto potencial para las diferentes actividades forestales evaluadas, se realiza el cálculo, multiplicando la calidad de la formación vegetal para la producción de madera (3) de la Selva mediana de Canacoite (*Bravaisia integerrima*, Spreng., Standl), y la Selva alta perennifolia por la superficie de estas formaciones en cada paisaje, así se obtiene el potencial para la obtención de madera. En el caso del potencial para la extracción de leña, se calcula de igual forma, multiplicando la calidad para la producción de leña (2) de la Selva alta perennifolia con vegetación secundaria por la superficie de esta formación en cada paisaje. Cuando se suman ambos resultados, se obtienen los paisajes de más alto potencial para la actividad forestal de extracción (Tabla 4; Fig. 6).

La escala de valoración es la siguiente: (a) Sin potencial para la actividad forestal: menos de 40 puntos; (b) Muy bajo potencial para la actividad forestal: de 40 a 100 puntos; (c) Potencial medio para la actividad forestal: de 100 a 140 puntos; (d) Alto potencial para la actividad forestal: de 140 a 180 puntos; y (e) Muy alto potencial para la actividad forestal: más de 180 puntos.

## 5. Potencial natural para la actividad de conservación

La potencialidad de conservación se encuentra en aquellos paisajes que por sus valores de geo y biodiversidad, exclusividad, singularidad, naturalidad, rareza, etc., se consideran como patrimonio natural de elevado valor para las actuales y futuras generaciones. También aquellos paisajes relacionados con los anteriores y que se constituyen en zonas de transición, y amortiguamiento, necesarias para conservar y mantener el equilibrio ecológico de los paisajes anteriores.

Para evaluar el potencial de conservación es necesario determinar la calidad y la cantidad de los territorios para la conservación; para determinar la calidad, se diferenciaron dos tipos de aproximaciones: los valores por las características de las especies y los que emanan de las características de las formaciones naturales (Tabla 5). Para la primera es necesario determinar la singularidad y los valores de la biodiversidad, mientras que para la segunda el grado de modificación del paisaje. Para determinar la cantidad, es necesario establecer el porcentaje de superficie natural o seminatural de cada unidad de paisaje.

La superficie natural o seminatural se calcula al dividir la superficie de bosque natural de selva media perennifolia, de selva alta perennifolia y de selva alta perennifolia con vegetación secundaria de cada paisaje del territorio estudiado entre la superficie total del paisaje que se evalúa, se toma el valor calculado (Tabla 4), presentado en el cálculo del potencial para la actividad forestal. La modificación antrópica se determinó a partir del criterio de expertos y los recorridos de campo realizados.

Tabla 5

MATRIZ DE INDICADORES Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORESTAL. INDICADORES DE CALIDAD (PUNTUACIÓN) Y ÁREA DE LA FORMACIÓN VEGETAL EN CADA PAISAJE, EN KM<sup>2</sup>, Y PUNTUACIÓN OBTENIDA PARA CADA POTENCIAL

Unidad de paisaje	Humedales	Potreros baja cobertura	Potreros en zonas inundables	Pastizal inducido	Sin Potencial	Selva mediana de Canacoite	Selva alta perennifolia (SAP)	Potencial maderable (puntos)	SAP con vegetación secundaria	Potencial para leña (puntos)	Potencial Forestal (suma de puntos)	% de área natural o seminatural
1.1	47,92 (0)	27,62 (0)	31,13 (0)	3,39 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	27,64 (2)	55,28	55,28 Muy bajo	20,15
2.1	58,7 (0)	12,26 (0)	56,42 (0)	6,87 (0)	0	49,0 (3)	0 (3)	<b>147</b>	38,87 (2)	<b>77,74</b>	<b>224,74</b> Muy alto	<b>39,48</b>
3.1	39,37 (0)	21,59 (0)	30,87 (0)	1,22 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	3,55 (2)	7,1	7,1 Sin Potencial	3,67
4.1	66,87 (0)	132,17 (0)	107,22 (0)	0 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	25,45 (2)	50,9	50,9 Muy bajo	7,67
4.2	39,12 (0)	84,3 (0)	99,67 (0)	2,1 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	33,48 (2)	66,96	66,96 Muy bajo	12,93
4.3	35,08 (0)	44,43 (0)	71,84 (0)	0 (0)	0	1,63 (3)	0 (3)	4,83	36,68 (2)	73,96	78,79 Muy bajo	19,34
4.4	9,13 (0)	9,24 (0)	44,67 (0)	0 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	31,23 (2)	62,46	62,46 Muy bajo	33,13
5.1	5,4 (0)	10,57 (0)	35,19 (0)	0,84 (0)	0	0 (3)	14,03 (3)	42,09	117,46 (2)	<b>234,92</b>	<b>277,01</b> Muy alto	<b>64,01</b>
5.2	3,14 (0)	5,63 (0)	56,18 (0)	0 (0)	0	0 (3)	91,56 (3)	<b>274,78</b>	298,11 (2)	<b>596,22</b>	<b>871,2</b> Muy alto	<b>85,71</b>
5.3	0 (0)	1,36 (0)	5,2 (0)	0 (0)	0	0 (3)	20,16 (3)	<b>60,48</b>	42,03 (2)	<b>84,06</b>	<b>144,54</b> Medio	<b>90,46</b>
5.4	0 (0)	5,29 (0)	1,23 (0)	0 (0)	0	0 (3)	0 (3)	0	3,5 (2)	7,0	7,0 Sin potencial	34,93

a) Modificación antropogénica:

Natural: Donde ninguno de los componentes naturales ha sido alterado (No existe en el territorio). Débilmente modificado: Donde la acción antropogénica ocurrió hace muchos años y no tuvo un valor significativo, sus relaciones naturales básicas no fueron alteradas (No existe en el territorio). Medianamente modificado: Donde uno de los componentes naturales es alterado, sin repercutir sobre los demás componentes naturales (Comarcas 2.1 y 5.2,

Figura 6  
POTENCIAL FORESTAL DEL TERRITORIO PARA EL USO AGRÍCOLA

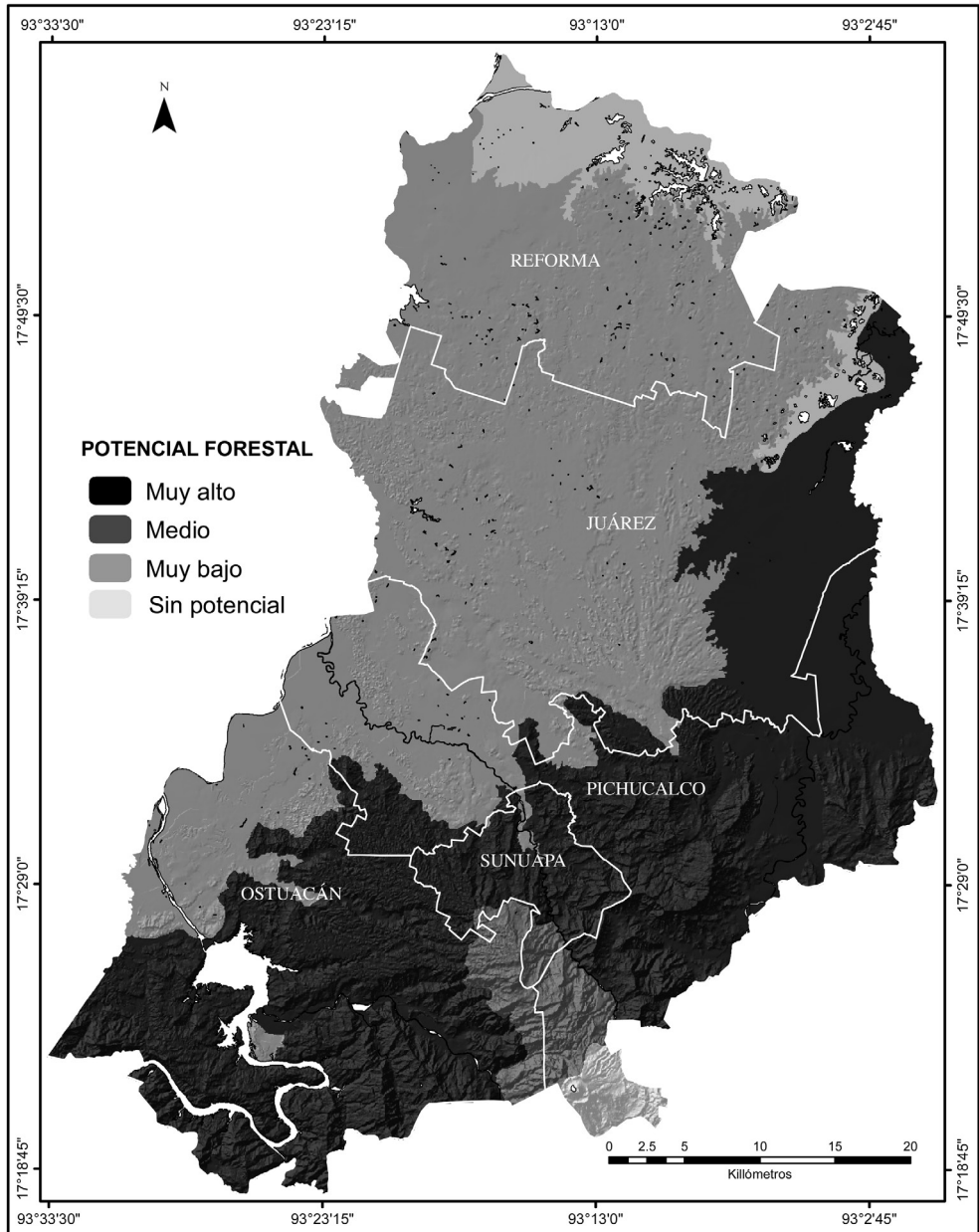


Tabla 5

CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DE LA APTITUD NATURAL DE USO DE CONSERVACIÓN

**Criterios de evaluación:**

**Calidad**

Singularidad	Endemismo	EPA	Modificación antrópica
Nacional	3	Local	3
Regional	2	Regional	2
Local	1	Nacional	1
		Existencia	3
		Ausencia	0
		Natural	5
		Débilmente modificado	4
		Medianamente modificado	3
		Fuertemente modificado	2
		Muy fuertemente modificado	1

Superficie natural o seminatural	Puntuación	Categoría
0 - 35 %	1	<b>Alto</b>
35 - 70 %	2	<b>Medio</b>
70 - 100 %	3	<b>Bajo</b>

en la Fig. 2). Fuertemente modificado: Cuando dos de los componentes naturales han sido alterados, con cierta repercusión sobre los demás componentes naturales (Comarcas 5.1 y 5.3, en la Fig. 2). Muy fuertemente modificado: Cuando todos los componentes han sido alterados (Comarcas 1.1, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 5.4, en la Fig. 2).

b) Singularidad: o también unicidad, se refiere a las características de la vegetación propias e irrepetibles en un contexto local, regional o nacional. En el territorio, tomando en cuenta la irrepetibilidad de las formaciones vegetales y el criterio de expertos en flora y fauna, se encontró que sólo dos formaciones tienen algún tipo de interés, a saber:

- Selva mediana perennifolia (Canacoite): Nacional 3 puntos. Se encuentra solamente en este territorio, en particular en la Reserva «El Manzanilla», donde se mantiene con cierto grado de conservación.

- Selva alta perennifolia: Regional 2 puntos. Más ampliamente distribuida y con mayor superficie en el territorio, con sitios de alta conservación. Ejemplo «Reserva Santa Ana».

Considerando la superficie que ocupan cada una de estas formaciones en los diferentes paisajes y la presencia de Reservas, declaradas en ellos, se realizó la evaluación de los puntos para cada comarca (Tablas 5 y 6, Fig. 7).

c) **Endemismo:** Según los criterios de expertos participantes en este proyecto, el endemismo es muy bajo, sólo se reporta una especie en la flora, en particular en la Selva mediana perennifolia, de carácter local, por lo que se le asigna el valor de tres puntos al paisaje, donde domina esta formación, es decir, a las llanuras de inundación del Río Pichucalco (Comarca 2.1, en la Fig. 2). Se reportan dos especies endémicas más, no asociadas a ninguna forma-

Tabla 6  
MATRIZ DE EVALUACIÓN DEL POTENCIAL CONSERVATIVO DEL TERRITORIO

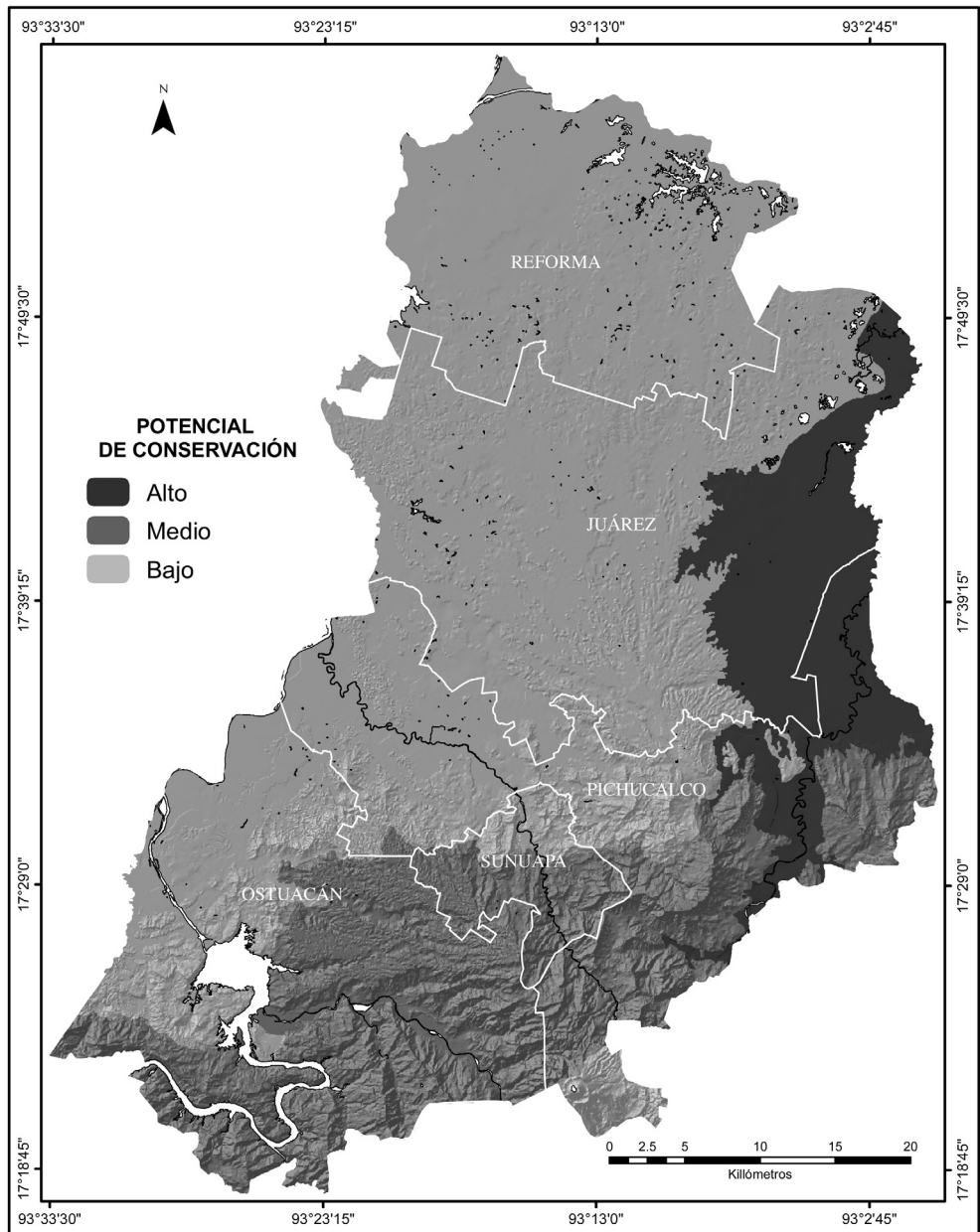
Unidad de paisaje	Calidad					Superficie natural o seminatural en % (puntos)	Puntuación (subtotal)	Puntuación Final y evaluación
	Formaciones vegetales y comunidades faunísticas			Modificación antrópica	Puntuación (subtotal)			
	S	E	EPA					
1.1	0	0	0	1	1	20,15	1	2 Bajo
2.1	3	3	3	3	12	39,48	2	14 Alto
3.1	0	0	0	1	1	3,67	1	2 Bajo
4.1	0	0	0	1	1	7,67	1	2 Bajo
4.2	0	0	0	1	1	12,93	1	2 Bajo
4.3	0	0	0	1	1	19,34	1	2 Bajo
4.4	0	0	0	1	1	33,13	1	2 Bajo
5.1	0	0	0	2	2	64,01	2	4 Bajo
5.2	2	0	3	3	8	85,71	3	11 Medio
5.3	0	0	3	2	5	90,46	3	8 Medio
5.4	0	0	0	1	1	34,93 34,93	2	3 Bajo

ción vegetal, pero sólo descritas en el paisaje antes mencionado: *Amyris chiapensis*, (*Selva mediana perennifolia.*), *Oxandra maya* y *Reedrollinsia cauliflora*.

**d) Especies en peligro o amenazadas:** Teniendo en cuenta que de la flora estudiada, 18 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo, esto es aproximadamente el 4% del total de la flora presente en el territorio, y de ellas, 17 especies se encuentran restringidas a las selvas, incluyendo al Canacoital, por ello, se otorgan 3 puntos a las comarcas del plano de



Figura 7  
APTITUD NATURAL DEL TERRITORIO PARA LA ACTIVIDAD DE CONSERVACIÓN



inundación del Río Pichucalco (Comarca 2.1, en la Fig. 2) y de las pendientes de las alturas premontañosas y de las montañas bajas (comarcas 5.2 y 5.3, en la Fig. 2).

## **V. CONCLUSIONES**

En la evaluación de la aptitud natural de uso del noroeste del Estado de Chiapas, México, para los desarrollos agrícola, pecuario, cacaotero, forestal y de conservación, una significativa importancia tuvo la clasificación de los paisajes físico-geográficos, como unidades de síntesis natural y cartográficas del diagnóstico evaluativo, y posteriormente, como unidades de gestión del modelo de ocupación del ordenamiento ecológico territorial. En idéntico sentido, la implementación del SIG Arc.Gis, versión 9, como herramienta de análisis espacial de la información geográfica almacenada, contribuyó con precisión al proceso automatizado de evaluación de las potencialidades y limitantes naturales para el fomento de estas actividades económico-productivas.

La implementación de la metodología de evaluación de tierras (FAO, 1976) sobre la base de los insumos naturales para cada actividad productiva, reflejada espacialmente por los paisajes físico-geográficos, permitió valorar y ponderar las potencialidades intrínsecas de los atributos naturales de cada Comarca, así como identificar los paisajes con mejores vocaciones naturales para cada una de ellas, siempre sobre bases de optimización en el manejo del territorio noroccidental chiapaneco.

Los paisajes físico-geográficos sustentados en condiciones geomorfológicas de llanuras bajas y planas a onduladas (Comarcas 1.1, 2.1, 3.1 y 4.1, en la Fig. 2) demostraron altas potencialidades agrícolas y pecuarias, mientras los paisajes colinosos y muy colinosos reportaron una aptitud media (Comarcas 4.2, 4.3 y 4.4, en la Fig. 2); finalmente los paisajes expresados en lomeríos, premontañas y montañas bajas (Comarcas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, en la Fig. 2) presentan una aptitud baja a nula. En cuanto al fomento de las plantaciones cacaoteras, los paisajes de llanuras colinosas, muy colinosas y lomeríos (Comarcas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 5.1, en la Fig. 2) reflejaron mejores aptitudes naturales para el desarrollo de dicha actividad.

La aptitud natural más idónea para la actividad forestal se concentró en los paisajes de lomeríos y montañas (Comarcas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, en la Fig. 2), así como en el bosque de Canacoite de la Comarca 3.1, de llanuras bajas del Valle del Río Pichucalco; las restantes comarcas planas y colinosas presentaron potencialidades muy bajas.

Finalmente, las mejores potencialidades para el desarrollo de actividades de conservación se localizaron en el bosque de Canacoite del valle del Río Pichucalco (Comarca 3.1, en la Fig. 2) y en las premontañas y montañas bajas (Comarcas 5.2 y 5.3, en la Fig. 2).

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto «Ordenamiento ecológico territorial de la zona petrolera de la región V norte de Chiapas», financiado por el Instituto de Historia Natural y Ecología del Estado de Chiapas, México, y ejecutado por el Instituto de Geografía de la UNAM durante los años 2005 al 2007.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLLO MANENT, M., HERNÁNDEZ-SANTANA, J. R. (2008): «Paisajes físico-geográficos del Noroeste del Estado de Chiapas, México». *Investigaciones Geográficas*, No. 66, pp. 7-24.
- DETENAL (1979): *Descripción de la leyenda de la carta edafológica*. México, D. F.
- FAO (1976): «Framework for Land Evaluation». *Soil Bulletin*, No. 32, Roma.
- FERNÁNDEZ SEOANE, L. (2006): «La zonificación bioclimática vitícola como base para la selección de variedades de vinífera». *GeoFocus*, No. 6, pp. 1-32.
- HERNÁNDEZ SANTANA, J. R., BOLLO MANENT, M., ROJAS GARCÍA, O., SÁNCHEZ SALAZAR, M. T., ORTIZ ÁLVAREZ, M. I., ORTIZ PÉREZ, M. A., CASADO IZQUIERDO, J. M., AZUELA, A., VILLASEÑOR FRANCO, A., MÉNDEZ LINARES, A. P., LÓPEZ MIGUEL, C., HERNÁNDEZ CERDA, M. E., PERVOCHTCHIKOVA, M., GÓMEZ RODRÍGUEZ, G., ZARZA VILLANUEVA, H., ALFARO SÁNCHEZ, G., RODRÍGUEZ VANGORT, F., MENDOZA HERRERA, A., GARCÍA DE LA ROSA, O., LOZADA, L. (2007): «Ordenamiento ecológico territorial de la zona petrolera de la Región V Norte de Chiapas: propuesta del modelo de ocupación». En: CD-R Seminario Internacional de Planeación Chiapas: Retos y perspectivas. Tuxtla Gutiérrez, 21 p.
- MATEO, J., V. DA SILVA, A. P., BRITO CAVALGANTE (1994): «Análise da paisagem como base para estratégia de Organizaçao Geoambiental: Corumbatai cspl Colectario 004 Planeamiento Ambiental». Universidad de Sao Paulo, pp. 57-105.
- OROPEZA OROZCO, O. (1995): «Estudio de país: México, Vulnerabilidad a la Desertificación y a la Sequía Meteorológica, II Informe de actividades correspondiente a Enero - Junio de 1995». México, D. F.
- ORTEGA-GUTIÉRREZ, F., MITRE-SALAZAR, L. M., ROLDAN-QUINTANA, J., ARANDA-GÓMEZ, J., MORÁN-ZENTENO, D., ALANIZ-ÁLVAREZ, S., NIETO-SAMANIEGO, A. (1992): Carta Geológica de la República Mexicana, a escala 1:2.000.000. Ed. UNAM, 1 hoja.
- OVALLES, V., F. A., M. C., NÚÑEZ U. (1994): Métodos estadísticos para evaluar la variabilidad de suelos dentro de unidades de capacidad de uso en la depresión del lago de Valencia. *Agronomía Tropical*, 44 (1), pp. 23-40.
- ROMERO CALCERRADA, R. (2002): «Metodología para la planificación y desarrollo sostenible en espacios naturales protegidos europeos: las zonas de especial protección para las aves». *GeoFocus*, No. 2, pp. 1-32.
- SANTÉ RIVEIRA, I., R., CRECENTE MASEDA (2005): «Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales». *GeoFocus*, No. 5, pp. 40-68.
- SECO HERNÁNDEZ, R. (1998): «Estudio del Relieve para la Actividad Constructiva en Territorios seleccionados del Occidente de Cuba». Tesis Doctoral. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana, 100 pp.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y PESCA (1986): Aptitud y uso actual de las tierras argentinas. Buenos Aires, *Proyecto PNUD Argentina 85/019*, 7 pp. <http://www.inta.gov.ar/santacruz/info/documentos/teledet/GuiaSC/CD%20de%20cartograf%EDa%20de%20Santa%20Cruz/18aptitud-tierra.htm>

- SOCHAVA, V. S. (1972): «The study of geosystems: the current stage in complex Geography». In *22nd International Geographical Congress*, Canadá, pp. 38-57.
- SOCHAVA, V. S. (1978): Introducción al estudio geosistémico. Novosibirsk, *Ed. Nauka* (en ruso).
- VALPREDADA, E. C. (2005): «Evaluación de la aptitud del medio para receptor proyectos agrícolas en áreas de agricultura intensiva. Tunuyan-Valle de Uco, Provincia de Mendoza, Argentina». Universidad de Gerona, *Programa UNIGIS de Postgrado y Master Internacional*, 8 pp. <http://www.cartesia.org/article.php?sid=197>

Citas electrónicas

Agri-Nova Science. El cultivo del cacao.

<http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao4.asp>

(Consultada:04.02.2008).