



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SUELOS



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NATURAL FORESTAL DE
LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

PRESENTA:

FABIOLA ALEJANDRA GONZÁLEZ PÁEZ

Enero de 2012

Chapingo, Estado de México



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL NATURAL FORESTAL DE LA ZONA
NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO**

Tesis realizada por **Fabiola Alejandra González Páez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



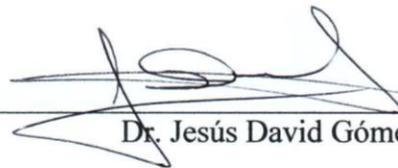
Dr. Antonio Vázquez Alarcón

ASESOR:



M.C. Carlos Arturo Tavárez Espinosa

ASESOR:



Dr. Jesús David Gómez Díaz

ASESOR:



M.C. Alejandro Ismael Monterroso Rivas

Dedicatoria

Con respeto dedico este trabajo a mis padres y a todos los compañeros incansables en
este largo viaje...

Agradecimientos

Mi más grande gratitud es hacia la Universidad Autónoma Chapingo y a todos aquellos docentes que permitieron la conclusión de este sinuoso proceso, especialmente al profesor Antonio Vázquez Alarcón.

Por sus observaciones y apoyo, agradezco al M.C. Carlos Arturo Tavárez Espinosa, al Dr. Jesús David Gómez Díaz y al M.C. Ismael Alejandro Monterroso Rivas.

Datos biográficos del autor

Es originaria del Estado de México, del Municipio de Ozumba de Álzate, en donde curso la educación primaria y secundaria. En 1996 ingresó a la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Es egresada de la Universidad Autónoma Chapingo, del Departamento de Agroecología en el año 2003. Desarrolló su actividad principalmente en el manejo comunitario de recursos naturales en los Estados de Oaxaca, Chiapas, Morelos y Guerrero.

En el año 2008 ingreso en la Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Determinación del Potencial Natural Forestal de la Zona Norte del Estado de Guerrero

Determination of the Natural Forest Potencial of the North Area of Guerrero State in México

Fabiola Alejandra González Páez

RESUMEN

A fin de generar información para apoyar el adecuado uso de los recursos forestales en la Zona Norte del Estado de Guerrero, se realizó la determinación del potencial natural forestal con énfasis en las condiciones que permiten el desarrollo de bosques de clima templado (como fuente de recursos forestales maderables) mediante la metodología desarrollada por Martínez y Pinedo (2007), la cual considera como factores determinantes la topografía, el clima y el suelo, usando los indicadores de: pendiente, exposición, disección vertical y horizontal, temperaturas media, máxima y mínima, precipitación media, tipo de suelo, textura y fase lítica.

El producto final fue el mapa de potencial natural forestal, el cual muestra la distribución de los terrenos con las condiciones ambientales favorables para el aprovechamiento forestal de comunidades vegetales de clima templado en tres niveles, alto, medio y bajo. Los municipios Tetipac, Taxco, Ixcateopan, Pedro Ascencio, Buenavista y Huitzucos son los que concentran las zonas con potencial alto. La mayor parte de los terrenos en la región tienen potencial medio, el cual abarca 80.37% de la zona de estudio.

Este tipo de estudio podría ser aplicado para analizar otras comunidades vegetales y sus recursos, especialmente la selva baja caducifolia que se extiende en la mayor parte de la región.

Palabras claves: Potencial Natural Forestal, Zona Norte de Guerrero, Bosques Templados.

ABSTRACT

With the aim of generating information for helping the adequate use of forest resources in the North Area of Guerrero State, Mexico, the determination of the natural forest potential was carried out with emphasis on the conditions that allow the development of temperate forest (like a source of wood forest resources) using the methodology developed by Martinez and Pinedo (2007), which takes in count topography, climate and soils as determining factors, by using indicators of slope, exposure, vertical and horizontal dissections; maximum and minimum temperature average; precipitation average, type of soil and lytic phase.

The final product was the natural forest potential map which shows distribution of terrains with the auspicious environmental conditions for the forest improvement of temperate vegetal communities in three levels: high, medium and low. Tetipac, Taxco, Ixcateopan, Pedro Ascencio, Buenavista y Huitzucos Tetipac and Pedro de Ascencio de Alquisiras municipalities concentrate the high potential. Almost all of the terrains in this region have medium potential which extend to 80.37% of the studied area.

This kind of study could be used for analyzing other plant communities and their resources specially tropical forest which extends through out almost all the region.

Index words: Natural Forest Potential, North area of Guerrero, temperate forest.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Objetivos	3
I.1.1. Objetivo general.....	3
I.1.2. Objetivos particulares	3
I.2. Hipótesis	3
II. MARCO CONCEPTUAL	4
II.1. Potencial natural	4
II.2. Análisis multicriterio	9
II.3. Sistemas de información geográfica en el manejo de recursos naturales.....	10
II.4. Sistemas agroforestales y el potencial natural forestal.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
III.1. Caracterización del medio físico.....	15
III.1.1. Localización	15
III.1.2. Cuencas	17
III.1.3. Climas	17
III.1.4. Temperatura	20
III.1.5. Precipitación.....	23
III.1.6. Geología	24
III.1.7. Suelos	26

III.1.8. Relieve.....	30
III.1.9. Tipos de vegetación.....	31
a) Bosque de <i>Pinus</i>	33
b) Bosque de pino-encino y encino-pino.	34
c) Bosque de <i>Juniperus</i>	35
d) Bosque de <i>Quercus</i>	36
e) Bosque mesófilo de montaña	38
f) Bosque tropical subcaducifolio	39
g) Bosque tropical caducifolio	41
h) Bosque espinoso	43
i) Matorral xerófito.....	43
j) Bosque en Galería.....	44
k) Palmar	46
III.1.10. Usos de la vegetación.....	48
III.1.11. Unidades mesoclimáticas	49
a) Unidad muy cálida semiseca.....	49
b) Unidad cálido subhúmeda.....	50
c) Unidad semicálida húmeda	50
d) Unidad templada húmeda	50
III.2. Determinación del Potencial Natural Forestal	51
III.2.1. Relieve.....	53
III.2.2. Suelos	56
III.2.3. Clima.....	63

IV. RESULTADOS	66
IV.1. Indicadores del relieve	66
IV.1.1. Pendiente del terreno.....	66
IV.1.2. Exposición de la pendiente	68
IV.1.3. Disección vertical.....	71
IV.1.4. Disección horizontal	73
IV.2. Indicadores del suelo	75
IV.2.1. Tipo de suelos	75
IV.2.2. Textura	77
IV.2.3. Fase física.....	78
IV.3. Indicadores del clima	81
IV.3.1. Temperatura media	81
IV.3.2. Temperatura máxima	82
IV.3.3. Temperatura mínima.....	83
IV.3.4. Precipitación	84
IV.4. Distribución del Potencial Natural Forestal.....	85
V. CONCLUSIONES	91
VI. RECOMENDACIONES.....	93
VII. BIBLIOGRAFÍA	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Municipios que conforman la zona de estudio. Fuente: Elaboración a partir del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2000).....	16
Cuadro 2. Climas presentes en la Zona Norte del Estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Climas” (CONABIO, 1998).....	17
Cuadro 3. Rangos de temperatura media anual en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Isotermas medias anuales' CONABIO (1998).....	20
Cuadro 4. Temperatura máxima promedio de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Temperatura máxima promedio' (CONABIO,1998).....	21
Cuadro 5. Temperatura mínima de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Temperatura mínima promedio' (CONABIO,1998).....	22
Cuadro 6. Rangos de precipitación de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Precipitación total anual', (CONABIO, 1998).....	23
Cuadro 7. Tipos de rocas presentes en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Hidrogeología” (Marín-C, S y Torres-Ruata, C., 1990).....	25
Cuadro 8. Suelos de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995).....	27
Cuadro 9. Rangos de altitud de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir del Modelo Digital del Terreno.....	31
Cuadro 10. Riqueza por tipo de vegetación de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco. Fuente: Martínez et al. (2004)......	32
Cuadro 11. Numero de formas biológicas por tipo de vegetación de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco. Fuente: Martínez et al. (2004).....	32

Cuadro 12. Diversidad del bosque tropical caducifolio en el Cerro Chilatepecl y sus alrededores. Fuente: Vargas y Pérez (1996).....	42
Cuadro 13. Superficie por formaciones forestales de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta de Uso de Suelo y Vegetación.....	48
Cuadro 14. Potencial natural por rangos de pendiente. Fuente: Martínez y Pinedo (2007).. ..	53
Cuadro 15. Potencial natural por exposición. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)	54
Cuadro 16. Potencial natural por rangos de Disección Vertical. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)	55
Cuadro 17. Potencial natural por rangos de Disección Horizontal. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)	56
Cuadro 18. Potencial natural por tipos de suelo. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2007)	57
Cuadro 19. Potencial por tipo de textura. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2007)	61
Cuadro 20. Potencial por tipo de fase física. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2007)	63
Cuadro 21. Unidades mesoclimáticas. Fuente: Elaboración a partir de la propuesta de Meza y López (1997)	64
Cuadro 22. Potencial por elementos del clima. Fuente: Elaboración a partir de las cartas temáticas respectivas y la carta de uso de suelo y vegetación	64
Cuadro 23. Matriz de valoración espacial de los indicadores. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)	65
Cuadro 24. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por rangos de pendiente.	67
Cuadro 25. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la pendiente.	68
Cuadro 26. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por rangos de exposición de la pendiente.	69

Cuadro 27. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la exposición de la pendiente.....	70
Cuadro 28. Superficie de los rangos de disección vertical de la Zona Norte del Estado de Guerrero.....	72
Cuadro 29. Superficie de la disección vertical por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.....	73
Cuadro 30. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de disección horizontal.....	74
Cuadro 31. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la disección horizontal.....	75
Cuadro 32. Superficie por tipo de suelo por valores de potencial del tipo de suelo.	76
Cuadro 33. Superficie de la Zona Norte por valor de potencial de la textura.....	77
Cuadro 34. Superficie de los tipos de fase física de los suelos. Fuente: Mapa de fase física de la Zona Norte del Estado de Guerrero.	79
Cuadro 35. Superficie de la Zona Norte por valor de potencial de los tipos de fase física..	80
Cuadro 36. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la temperatura media anual.....	81
Cuadro 37. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la temperatura máxima.	82
Cuadro 38. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la temperatura mínima.....	83
Cuadro 39. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de los rangos de precipitación.....	84
Cuadro 40. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor del potencial natural forestal.....	85
Cuadro 41. Distribución del Potencial Natural Forestal de la Zona Norte del estado de Guerrero, por municipio.....	87
Cuadro 42. Distribución del potencial natural forestal de la Zona Norte del Estado de Guerrero, por formación forestal.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la zona de estudio. Fuente: Modificado del Marco Geostadístico Nacional (INEGI, 2000).	15
Figura 2. Municipios que integran la zona de estudio. Fuente: Modificado del Marco Geostadístico Nacional (INEGI, 2000)	16
Figura 3. Climas presentes en la zona de estudio. Fuente: Modificado de la carta “Climas” (CONABIO, 1998).	20
Figura 4. Isotermas medias anuales de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta: 'Isotermas medias anuales', CONABIO (1998).	21
Figura 5. Temperaturas máximas de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta: 'Temperatura máxima promedio' (CONABIO,1998).....	22
Figura 6. Temperatura mínima promedio de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta 'Temperatura mínima promedio' (CONABIO,1998).....	23
Figura 7. Precipitación media anual de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta 'Precipitación total anual', (CONABIO, 1998).....	24
Figura 8. Tipos de roca de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Hidrogeología” (Marín-C, S y Torres- Ruata, C., 1990),	26
Figura 9. Suelos de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995).....	30
Figura 10. Rangos de altitud. Fuente: Elaboración a partir de la carta topográfica escala 1:50,000. (INEGI, 2000)	31
Figura 11. Formaciones forestales de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado a partir de la carta de Uso de Suelo y Vegetación	47
Figura 12. Pendiente del terreno en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	67

Figura 13. Pendiente del terreno por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	68
Figura 14. Exposición de la pendiente en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	69
Figura 15. Exposición de la pendiente por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.....	70
Figura 16. Disección vertical del terreno en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	71
Figura 17. Disección vertical por valores de potencial natural en la Zona Norte del Estado de Guerrero.....	72
Figura 18. Disección horizontal en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	74
Figura 19. Disección horizontal por valores de potencial natural en la Zona Norte del Estado de Guerrero.....	75
Figura 20. Tipos de suelo por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	76
Figura 21. Textura de los suelos en la Zona Norte del Estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995).....	77
Figura 22. Textura de los suelos por valor de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.	78
Figura 23. Fase física de los suelos en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995).....	79
Figura 24. Fase física por valor de potencial.	80
Figura 25. Temperatura media anual por valores de potencial.	81
Figura 26. Temperatura máxima por valores de potencial.....	82
Figura 27. Temperatura mínima por valores de potencial.	83
Figura 28. Rangos de precipitación por valores de potencial.	84
Figura 29. Potencial natural forestal.	86

I. INTRODUCCIÓN

La compatibilidad que debe existir entre las necesidades de la sociedad y el uso de los recursos naturales de forma racional, sin exceder su capacidad de carga, sus proceso de resiliencia y respetando su papel en la integridad funcional de los ecosistemas de los cuales forman parte, es una tarea por lo general pendiente a pesar de que existe un desarrollo de políticas, conocimientos y técnicas en cuanto al análisis de dichos recursos y los procesos ecológicos en los que se ven envueltos y de los cuales son protagonistas. En México, por ejemplo, existe un instrumento de la política ambiental, que es el Ordenamiento Ecológico del Territorio, para determinar el adecuado uso del territorio respecto a la vocación natural del terreno, haciendo compatibles las necesidades de la población y el uso de los recursos naturales bajo una visión integradora.

Conocer ciertos límites en el uso de los elementos que conforman los ecosistemas a fin de minimizar el impacto negativo que generan acciones de extracción, ocupación y contaminación de dichos elementos, requiere de un estudio del comportamiento de estos ecosistemas y aplicar metodologías para definir unidades territoriales que cumplan objetivos compatibles con la vocación natural del terreno.

En el presente trabajo se busca hacer una propuesta al uso racional de los recursos naturales de la Zona Norte del Estado de Guerrero, mediante la determinación del

potencial natural forestal para bosques templados con fines de extracción maderable. El cual se enfoca principalmente a identificar las áreas que son más productivas para la actividad silvícola, considerando el estado de los elementos ambientales. De esta forma se pueden proponer planes y programas de manejo regional para minimizar los efectos negativos y optimizar el uso de recursos de toda índole. Este tipo de estudios deben integrarse con los sectores económicos y sociales, mediante una adecuada gestión de las vías legales y políticas para que pueda ser útil y funcional; sin embargo son un esfuerzo por generar propuestas encaminada a establecer un adecuado y óptimo uso de los recursos naturales.

El potencial natural forestal debe ser una herramienta, primordial en la gestión de los recursos forestales, debido a que proporciona información acerca de cuáles son los terrenos con mayor potencial natural para el cultivo y aprovechamiento de especies maderables, en base a las características ambientales, pero también identifica las zonas que tienen mayores limitaciones para dicha actividad, lo que debe ser considerado para lograr un adecuado manejo.

Como resultado del presente estudio se presenta un mapa de potencial natural forestal, que formó parte fundamental del Estudio Regional Forestal de la Región Norte del Estado de Guerrero, financiado por la Comisión Nacional Forestal, dicho mapa sirvió de base para definir la zonificación forestal de dicha región, con el objetivo de hacer un ordenamiento territorial que rigiera las políticas en el sector forestal regional en busca del uso sostenible de los recursos forestales.

I.1. Objetivos

I.1.1. Objetivo general

Generar el mapa del Potencial Natural Forestal en la Zona Norte del Estado de Guerrero mediante análisis multicriterio con el uso de un Sistema de Información Geográfica, como herramienta de apoyo para la adecuada planeación del uso del territorio.

I.1.2. Objetivos particulares

1. Caracterizar los elementos del medio físico biótico de la zona de estudio que son requeridos para determinar el potencial natural forestal de acuerdo a la metodología propuesta.
2. Aplicar la metodología desarrollada por Martínez y Pinedo (2007), para la determinación del potencial natural forestal de la zona de estudio.

I.2. Hipótesis

Es posible clasificar e identificar el potencial natural de un territorio determinado, como apoyo en la planeación y uso racional de los recursos naturales renovables, en base al análisis espacial de los factores ambientales que determinan la presencia y desarrollo de comunidades forestales factibles de ser aprovechadas y fomentadas para generar productos maderables principalmente.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. Potencial natural

El potencial natural es la capacidad productiva de los complejos naturales, según la asociación de determinadas posibilidades y condiciones actuales para determinados tipos de uso, con el objetivo de satisfacer las necesidades de la sociedad humana y que refleja el posible cumplimiento por parte del paisaje de determinadas funciones socio-económicas que se le asignan en dependencia de sus propiedades naturales, por ejemplo, potencial turístico, agrícola, forestal y otros (Arceo y Salinas, 1994). Mencionan que las investigaciones del potencial del paisaje se basan en tres ejes

1. La unidad orgánica del potencial de paisaje con el desarrollo económico de la sociedad que implican la armonía entre el paisaje y la economía.
2. El establecimiento del beneficio social sobre el local, ramal u otro interés parcial.
3. El establecimiento de la conservación del potencial reproductivo del paisaje para el terreno.

Dichos ejes están muy ligados a un concepto de desarrollo sostenible y de ordenamiento del territorio en base a la vocación del terreno y debieran ser incorporados como base de las actividades económicas a cualquier escala y en cualquier sector a fin de minimizar cualquier impacto negativo y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales, como señalan Meza y Reygadas (2001) “La determinación del potencial natural favorece el ordenamiento del uso del suelo y de los sistemas de producción, en función de las ventajas productivas de cada especie o cultivo, o de su importancia como recurso natural”

El potencial natural de un territorio, considera como base el hecho de que las poblaciones y comunidades se distribuyen en el espacio, por tanto es posible que esta distribución sea representada y analizada geográficamente. Esta distribución depende de que los valores de los factores ambientales se ubiquen en un rango en el cual las especies puedan desarrollarse y reproducirse de forma natural.

Los factores ambientales, son principalmente, climáticos (temperatura media anual, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, precipitación, etc.), edáficos (textura, capacidad de intercambio catiónico, pH, estructura, etc.) y topográficos (exposición, pendiente, altitud). Cada especie puede tolerar ciertos rangos en los valores de cada uno de estos factores, Chapman (1976) define a este rango de tolerancia de las especies a las condiciones ambientales como amplitud ecológica.

La amplitud ecológica está determinada por rangos, cuando los valores están fuera de dichos rangos existen pocas posibilidades de que la población se instale, lo que provoca

su desaparición. Las condiciones ambientales para una especie pueden tener rangos amplios o cortos dependiendo de la capacidad de adaptación de las diferentes especies.

Las especies que pueden distribuirse ampliamente en casi cualquier parte del mundo, se denominan cosmopolitas, mientras que aquellas que solo se distribuyen en un área muy pequeña, en un espacio muy restringido, se denominan endémicas. Esta tolerancia de las especies permite identificar zonas potenciales para el desarrollo de ciertas poblaciones o comunidades. El área de distribución de una especie, es el territorio que ocupa y en el que vive, dentro del cual, la especie solo ocupa las zonas que le son propicias o dicho de otra forma, su hábitat. Hanson y Churchill (1961), definen el hábitat como el lugar que ocupa una población o comunidad en la cual existe una combinación particular de condiciones ambientales presentes; es decir un punto de convergencia de ciertos valores que permiten su desarrollo gracias a la interacción que generan.

El área de distribución puede ser continua o disyunta. Cuando son disyuntas o separadas, puede ser resultado de cambios en los valores de los factores ambientales, lo cual genera zonas intermedias donde las poblaciones no pueden sobrevivir. A estas zonas se les llama barreras biogeográficas. Es importante mencionar que en un alto grado las condiciones del hábitat son afectadas por la heterogeneidad del terreno, sin embargo a veces los cambios a través de largos lapsos de tiempo, en la forma del terreno o condiciones climáticas pueden modificar el área de distribución de especies, comunidades o ecosistemas. El hecho de identificar espacialmente zonas con potencial para una especie, no considera el efecto sobre el ecosistema. Estas interacciones ecológicas se pueden considerar de forma más amplia al integrar al análisis las

relaciones entre las especies dentro de un ecosistema, lo que se conoce como nicho ecológico.

Wintle et al. (2005) citado por Leal (2009) mencionan que existen 5 tipos de modelamiento de hábitat, con base en el tipo de información disponible:

- 1. *Con pocos datos o sin datos disponibles para el modelamiento:*** Basado solamente en el conocimiento de las condiciones ambientales por parte del experto.
- 2. *Datos de solo presencia:*** Se tienen registros de la especie pero no se cuentan con datos de ausencia, en estos casos el registro de información obedece a un sistema de muestreo no sistemático.
- 3. *Datos de presencia y ausencia:*** Se tienen registros de datos de las localidades ocupadas y desocupadas por la especie, en el cual generalmente se utiliza un muestreo sistemático.
- 4. *Categoría ordinal:*** Existen datos disponibles del número de individuos en las localidades y se tiene la información organizada en categorías de abundancia.
- 5. *Conteos:*** Se realiza un censo del número presente de individuos de la especie en localidades de muestreo.

La identificación de áreas donde los factores ambientales se encuentran en un rango en el cual una población o comunidad puede encontrar su hábitat, se puede lograr mediante el análisis integrado de dichos factores. Para tal objetivo una herramienta que permite facilitar el proceso e incorporar una gran cantidad de información es mediante el uso de Sistemas de información Geográficas (SIG). La información principal requerida en cuanto a factores ambientales, para el análisis de distribución potencial la proporcionan datos sobre el terreno, el clima y el suelo.

De acuerdo a Osuna, (2001), el proceso para determinar el potencial natural con el uso de información geográfica, consiste en seleccionar los mapas de cartografía digital y los valores de cada factor para generar un nuevo mapa con información de variables ambientales adecuadas para la actividad productiva a realizar. Posteriormente, se realiza una sobreposición de las nuevas coberturas, cuyo resultado es un mapa que muestra las áreas potenciales de interés. El uso del SIG para determinar el potencial natural y la clasificación de recursos naturales, contempla el análisis de factores espaciales relacionados con la especie o especies de interés, clima, suelo o relieve entre otros.

Para el caso del potencial natural en el ámbito forestal, Priego y Pérez (2004), mencionan que el potencial natural de un territorio está determinado por factores fisiográficos, climáticos y edafológicos; y que el análisis de estos factores permite ubicar con precisión las zonas con mejor potencial de producción (potencial natural).

Martínez (2008), determinó la influencia que cada factor tiene sobre el desarrollo de las especies forestales maderables, mediante el análisis de índices de sitio y modelos de

incremento de especies forestales maderables en relación a las variables ecológicas de clima, suelos y relieve: “El uso del índice de sitio en la delimitación espacial del potencial productivo es de gran utilidad. Al conocer el potencial de crecimiento de los árboles en función de tres o más curvas es posible relacionar el índice con variables ecológicas (suelo, clima, relieve etc.) para finalmente determinar la influencia de las variables sobre el potencial de crecimiento de las especies. Posteriormente se generan modelos espaciales de cada variable identificada y mediante procesos matemáticos de matrices espaciales, es posible regionalizar el potencial productivo de los terrenos forestales.” Martínez (2008).

II.2. Análisis multicriterio

Leal (2009) define el análisis multicriterio, como un proceso jerárquico-analítico, que utiliza un sistema que ayuda a los expertos a mejorar la toma de decisiones estratégicas mediante el uso de procesos que proveen una estructura y síntesis clara. Refiere que es un método flexible que ayuda a analizar problemas complejos de decisión a través de separar una situación compleja sin estructura, en cada uno de los componentes más pequeños que lo conforman, asignando valores numéricos a partir de juicios subjetivos para determinar las prioridades de las variables que influyen en determinada situación. Menciona que la asignación de pesos puede estar basada en criterios estadísticos y/o subjetivos fundados en la opinión experta. Citando a Malczewski, (1999) refiere que dichos pesos son valores numéricos asignados a un criterio para indicar su importancia con relación a otro criterio. La asignación de peso se hace mediante las técnicas que a continuación se mencionan:

1. *Jerárquico (Ranking)*, constituye el método más simple en el que los criterios de decisión son ordenados de acuerdo a su importancia asignados por el experto.
2. *Categorico (Rating)* en el cual el tomador de decisiones estima los pesos con base en una determinada escala, desde 1 (muy apto) asignado al criterio más importante y los valores más pequeños son otorgados a los criterios más bajos en orden hasta 0 (no apto).
3. *Comparación pareada (Pairwise comparison)*, este método realiza balances por pares para cada uno de los componentes, a fin de asignar los pesos relativos.
4. *Análisis de intercambio (Trade-off analysis method)*, en el cual el experto compara dos alternativas con respecto a dos criterios al mismo tiempo y determina cual es la alternativa que mejor se ajusta al objetivo.

II.3. Sistemas de información geográfica en el manejo de recursos naturales

Un “Sistema de Información Geográfica, es un conjunto de herramientas para el análisis y el manejo de la información espacial de fenómenos localizados sobre la superficie de la tierra”, (Roldan et al. 2003). A pesar de que existen muchas definiciones se podría decir de forma general que los SIG, es una tecnología para el análisis espacial de datos.

Durante las décadas 1960 y 1970, surgieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la evaluación de recursos y la planificación del uso de la tierra, bajo un

enfoque integrador y multidisciplinario entre los diferentes aspectos de la superficie de la tierra, considerando que no eran independientes entre sí. Lo anterior se hacía sobreponiendo copias transparentes de mapas de recursos sobre una mesa iluminada y buscar puntos de coincidencia en los diferentes mapas de los diferentes datos descriptivos (Roldan et al. 2003).

El desarrollo de la tecnología de las computadoras, permitió a finales del decenio de 1970, la incorporación de sistemas computacionales para distintas aplicaciones cartográficas. De forma paralela se estaba dando un avance en sectores ligados, como la edafología, la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, dado el rápido desarrollo provocaba que se duplicaran esfuerzos en dichas disciplinas, pero con el tiempo y la experiencia se dio la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de datos espaciales reuniéndolos en verdaderos sistemas de información general para fines generales. A principios de 1980 estos sistemas adoptan el nombre de Sistemas de Información Geográfica y se convierten en sistemas plenamente operativos (Roldan et al. 2003).

Debido a las ventajas y facilidades que ofrece en cuanto a la planificación territorial y de recursos naturales, actualmente los SIG han ido ganando terreno de forma vertiginosa y se han vuelto una herramienta indispensable, en una amplia gama de sectores, incluidos el sector forestal, agrícola y pecuario.

II.4. Sistemas agroforestales y el potencial natural forestal

La Agroforestería es el nombre colectivo para designar formas de manejo de la tierra donde se combinan plantas leñosas perennes como árboles, palmas o gramíneas de porte alto con los cultivos agrícolas o con animales. Estas combinaciones pueden existir en la misma parcela al mismo tiempo o en rotaciones, en donde hay interacciones ecológicas y económicas entre los componentes del sistema (Jiménez et al. 2008).

Es importante mencionar que la Agroforestería es el nombre moderno para definir prácticas de uso de suelo que desde hace siglos se han usado en todo el mundo, así mismo bajo este enfoque se han desarrollado nuevas técnicas, basadas en investigaciones mucho más profundas.

Un sistema agroforestal incluye dos o más especies de plantas como elementos fundamentales de un sistema productivo y por tanto igual o más bienes o servicios, con un ciclo mayor a un año, siendo mucho más compleja ecológica y económicamente que cualquier monocultivo, principalmente debido a las interacciones entre los componentes que propician la generación de productos y servicios, en el caso de los árboles de uso múltiple se habla de forraje, alimento o productos leñosos, a la vez que generan servicios como captura de carbono, hábitat para múltiples especies, regulación del clima, conservación de suelo, etc.

Los sistemas agroforestales más estudiados han sido aquellos que se desarrollan en climas tropicales, mientras que en zonas templadas han recibido menor interés. Las

especies maderables de dichas zonas, debido a su lento crecimiento, no han tenido mucha difusión en su incorporación a los sistemas agrícolas, como las especies frutales de clima templado.

Existen muchas posibilidades para el diseño de sistemas agroforestales con especies maderables de zonas templadas, que sean cada vez más rentables, pero para esto se necesita generar más información sobre las especies perennes que pueden incorporarse a estos sistemas. En el caso del presente estudio, el hecho de tener como objetivo ubicar áreas que sean más convenientes para la actividad forestal, implica que de acuerdo al sistema de producción, existe la posibilidad de incorporar sistemas agroforestales como parte importante de la actividad silvícola, además de que puedan servir como una estrategia para la incorporación de sistemas forestales en tierras con otros usos.

El Fondo Mundial de la Vida Silvestre WWF (2010), refiere en su página web: “Desde finales de la década de 1970 se empezaron a publicar estimaciones de la deforestación en México. El rango de estimaciones de deforestación es muy amplio y va desde 75 mil a casi dos millones de hectáreas por año (Lund et al. 2002). Las estimaciones de la FAO desde los años ochenta han sido bastante consistentes con un rango entre 350 y 650 mil hectáreas por año.” La misma fuente menciona: “Recientes análisis estiman que en México se perdieron 29,765 km² de bosque (superficie equivalente al estado de Guanajuato) de 1976 a 1993, mientras que de 1993 a 2000 se perdieron 54,306 km² (superficie equivalente al estado de Campeche). La tasa de deforestación aumentó del primer al segundo periodo, de 175 mil hectáreas a 319 mil hectáreas anuales (Velásquez et al. 2002).” Debido a lo anterior, es necesario explorar más alternativas de sistemas

agroforestales que funcionen para minimizar los efectos adversos de la pérdida de la cobertura vegetal natural.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Caracterización del medio físico

III.1.1. Localización

La zona de estudio colinda al norte con los estados de Morelos y México y al noreste con el estado de Puebla (Figura 1), comprende 16 municipios (Figura 2). Huitzuc de los Figueroa es el municipio de mayor superficie con el 15.4% del total de la zona de estudio (Cuadro 1) y el de menor superficie es Pilcaya, con 1.9%.

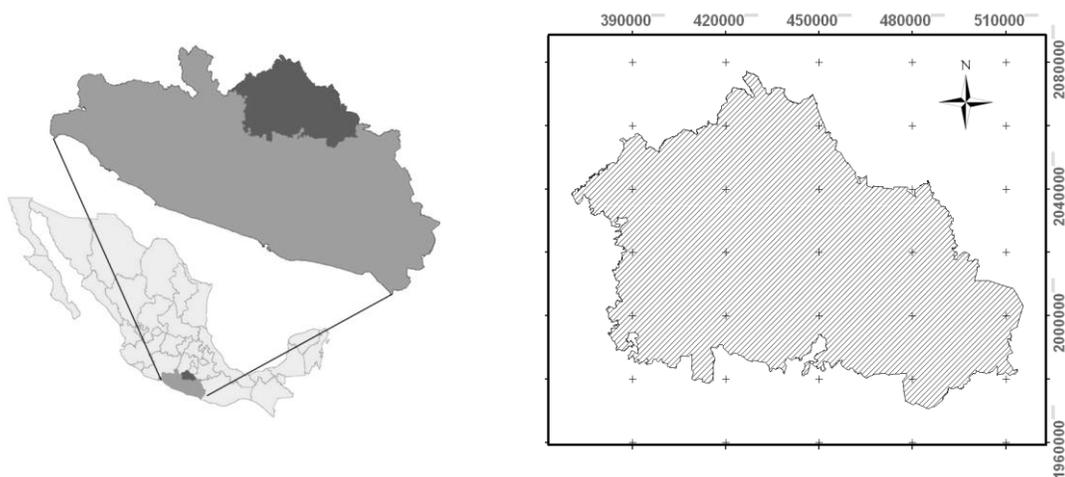


Figura 1. Localización de la zona de estudio. Fuente: Modificado del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2000).

Cuadro 1. Municipios que conforman la zona de estudio. Fuente: Elaboración a partir del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2000)

Nombre del Municipio	Área (ha)	Área (%)
Pilcaya	16,289.1	1.9
Ixcateopan de Cuauhtémoc	21,420.2	2.5
Tetipac	21,930.2	2.6
General Canuto A. Neri	25,666.1	3.0
Pedro Ascencio Alquisiras	29,440.7	3.4
Buenavista de Cuellar	30,476.9	3.5
Cuetzala del Progreso	37,793.3	4.4
Cocula	44,525.4	5.2
Iguala de la Independencia	56,865.6	6.6
Atenango del Río	56,682.0	6.6
Apaxtla	62,611.2	7.3
Taxco de Alarcón	65,021.5	7.6
Copalillo	72,592.7	8.4
Tepecoacuilco de Trujano	85,000.3	9.9
Teloloapan	100,888.9	11.7
Huitzuc de los Figueroa	132,371.0	15.4
Total	859,575.1	100.0

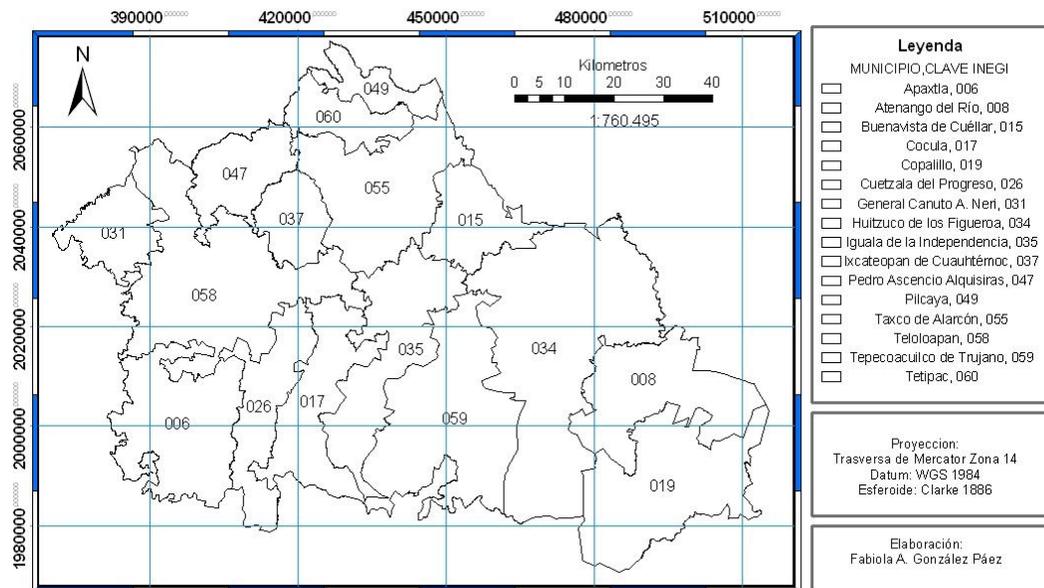


Figura 2. Municipios que integran la zona de estudio. Fuente: Modificado del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2000)

III.1.2. Cuencas

La zona de estudio se ubica dentro de la Región Hidrológica 18 Río Balsas, RH 18. De acuerdo a la carta “Cuencas Hidrológicas” de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1998) sobre cuatro cuencas hidrológicas diferentes. La más importante por su extensión es la del Río Balsas-Mezcala que comprende el 70.3% del territorio en estudio y en conjunto con la cuenca Río Grande de Amacuzac, suman el 90.5 %. El río más importante es el Río Balsas, que cruza por el extremo sur de la zona.

III.1.3. Climas

De acuerdo a la carta “Climas” de la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO, 1998), en la zona de estudio predominan los climas de tipo cálidos y semicálidos, presentes en el 75.5% del territorio, dentro de los cuales los tipos cálido subhúmedo son más importantes por su extensión con 62.5% del territorio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Climas presentes en la Zona Norte del Estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Climas” (CONABIO, 1998)

Grupo	Tipo de Clima	Área (ha)	Área (%)
Semicálidos subhúmedos	(A)C(w2)	100,011.5	11.6
	(A)C(w1)	87,034.4	10.1
	(A)C(w0)	2,149.3	0.3
Cálidos subhúmedos	Aw2	4,705.9	0.5
	Aw1	223,047.8	25.9
	Aw0	310,206.1	36.1
Semiáridos	BS1(h')w	122,402.7	14.2
	BS1hw	1,700.5	0.2
Templado subhúmedo	C(w2)	8,317.0	1.0
Total		859,575.1	100.0

Descripción de los tipos de clima según la citada carta:

1. *Cálidos subhúmedos: Aw2, Aw1, Aw0.* En total, este tipo de clima ocupa el 62.5% del total de la superficie de la zona de estudio. La temperatura media anual es mayor de 22°C y la del mes más frío mayor de 18°C. La precipitación del mes más seco es menor a 60 mm. Dentro de estos subtipos climáticos, el más húmedo del los subhúmedos (*Aw2*) ocupa solo el 0.5% de la superficie de la zona de estudio, el normal de los subhúmedos (*Aw1*) ocupa el 25.9% y el más seco de los subhúmedos (*Aw0*) ocupa el 36.1%.
2. *Semicálidos subhúmedos del grupo de los Templados: (A)C(w2), (A)C(w1), (A)C(w0).* Estos tipos de clima representan el 22.0% del total de la superficie de la zona de estudio. La temperatura media anual es mayor de 18°C, la del mes más frío menor de 18°C y la del mes más caliente mayor de 22°C. La precipitación del mes más seco es menor de 40 mm. Dentro de los subtipos climáticos, el más húmedo del los subhúmedos (*(A)Cw2*) ocupa el 11.6%, el normal de los subhúmedos (*(A)Cw1*) ocupa el 10.1% y el más seco de los subhúmedos (*(A)Cw0*) ocupa solo el 0.3%.
3. *Semiárido cálido: BSI(h')w:* Ocupa el 14.2% de la superficie y se caracteriza por que la temperatura media anual es mayor de 22°C y la del mes más frío mayor de 18°C con lluvias en verano.

4. *Semiárido semicálido: BSIhw*: Ocupa solo el 0.2% de la superficie y se caracteriza por: la temperatura media anual es mayor de 18°C, la del mes más frío menor de 18°C, la del mes más caliente mayor de 22°C con lluvias en verano.

5. *Templado, subhúmedo C(w2)* del subtipo de los más húmedo de los subhúmedos ocupa solo el 1.0% de la superficie y se asocia con las áreas más altas de la zona de estudio. La temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la del mes más frío entre -3°C y 18°C y la del mes más caliente bajo 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor de 40 mm. Presenta lluvias en verano.

Existe un claro gradiente en los tipos de clima de noroeste a sureste (Figura 3), determinados en gran medida por el gradiente altitudinal de la región. Las zonas más frías y húmedas se localizan en las partes altas ubicadas en el noreste, principalmente en los municipios de Taxco, Tetipac y Pedro Ascencio de Alquisiras; mientras que las condiciones más cálidas y áridas se localizan principalmente en el municipio de Copalillo y distribuidos a lo largo de las márgenes del Río Balsas. En el extremo sureste se localizan los climas de tipo de semiárido (14.4% de la región).

El clima más restringido es el templado subhúmedo que se localiza en una pequeña porción de las zonas más altas hacia el norte, colindantes con el estado de México con solo 1%.

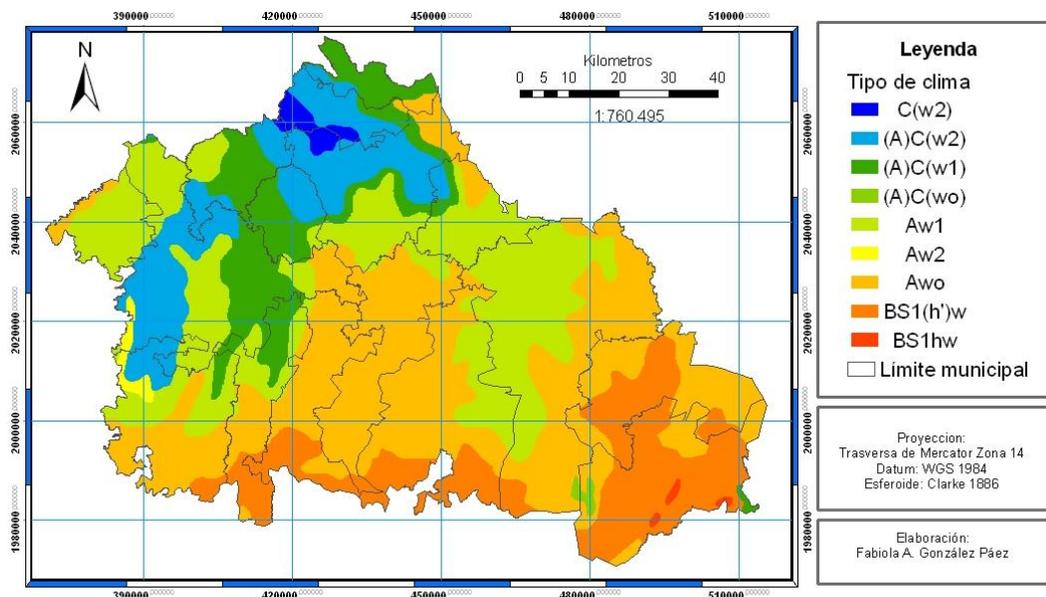


Figura 3. Climas presentes en la zona de estudio. Fuente: Modificado de la carta “Climas” (CONABIO, 1998).

III.1.4. Temperatura

De acuerdo a la carta: 'Isotermas medias anuales', CONABIO (1998) (Figura 4), en la zona de estudio existen lugares donde la temperatura media anual es de 16°C en el noreste, hasta 26°C en el suroeste y los márgenes del Río Balsas. La más extendida con 36.2% de la superficie de la zona de estudio, esta en el rango de 22 a 26°C (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rangos de temperatura media anual en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Isotermas medias anuales' CONABIO (1998)

Rango de temperatura media anual (°C)	Área (ha)	Área (%)
16 a 18	8,299.2	1.0
18 a 20	39,520.9	4.6
26 a 28	102,130.3	11.9
20 a 22	152,471.2	17.7
22 a 24	245,965.9	28.6
24 a 26	311,187.5	36.2
Total	859,575.1	100.0

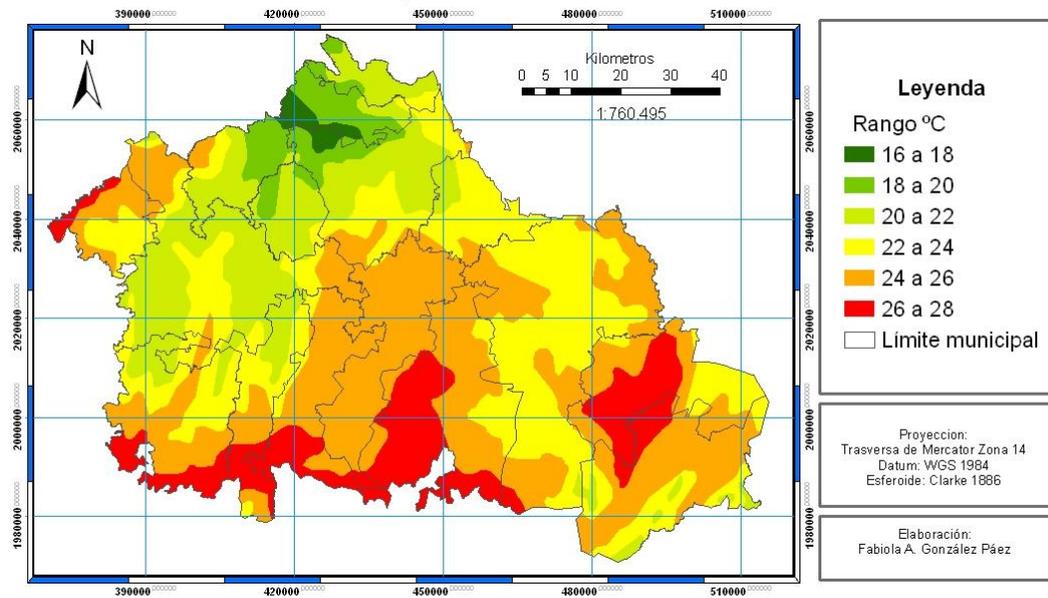


Figura 4. Isothermas medias anuales de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta: 'Isothermas medias anuales', CONABIO (1998).

Según la carta: 'Temperatura máxima promedio' (CONABIO, 1998), el rango predominante es entre 36 y 38° C con el 27% de la superficie de la zona (Cuadro 4). La temperatura máxima con menor valor en la región, esta por arriba de los 26°C, incluso llegan a presentarse en la porción sur, valores de más de 40° en los municipios de Cocula, Tepecoacuilco y Atenango del Río (Figura 5).

Cuadro 4. Temperatura máxima promedio de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Temperatura máxima promedio' (CONABIO,1998)

Temperatura máxima °C	Área (ha)	Área (%)
más de 40	26,302.8	3.1
26 a 28	29,510.0	3.4
28 a 30	62,178.0	7.2
30 a 32	90,187.9	10.5
38 a 40	120,576.0	14.0
34 a 36	145,315.8	16.9
32 a 34	149,884.9	17.4
36 a 38	235,619.7	27.4
Total	859,575.1	100.0

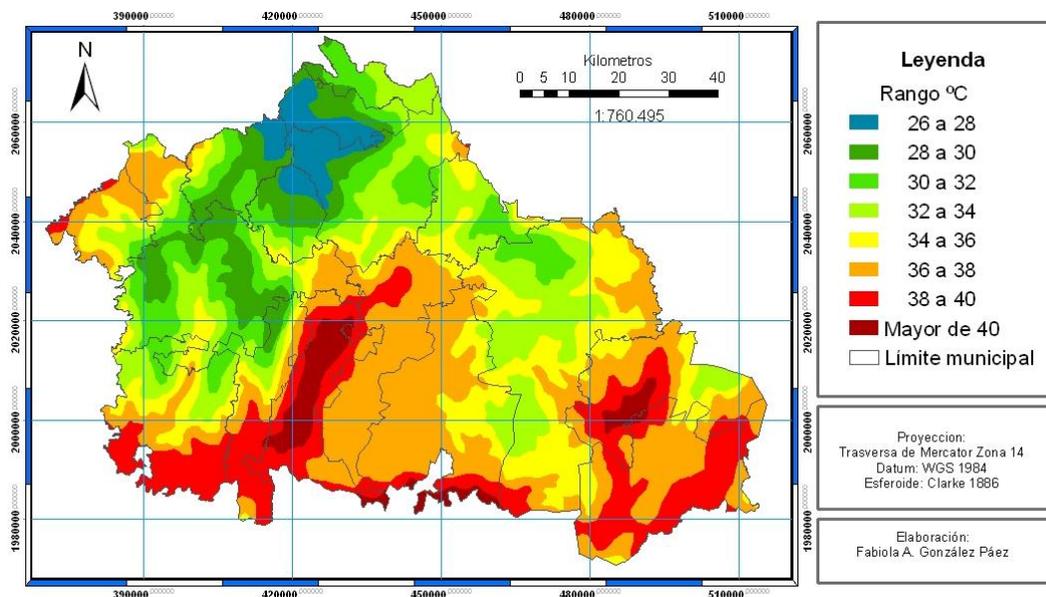


Figura 5. Temperaturas máximas de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta: 'Temperatura máxima promedio' (CONABIO,1998)

Según la carta: 'Temperatura mínima promedio' (CONABIO, 1998), solo en las partes altas de los municipios de Taxco, Tetipac, Pilcaya y Pedro Ascencio (Figura 6), existen valores menores de 10°C, en un área muy restringida que solo representa el 3% de la superficie de la zona de estudio (Cuadro 5). Esto significa que en la mayor parte de la zona, no se presentan heladas y aún en las partes altas, el riesgo es muy bajo.

Cuadro 5. Temperatura mínima de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Temperatura mínima promedio' (CONABIO,1998)

Temperatura mínima	Área (ha)	Área (%)
8 a 10	26,065.4	3.0
16 a 18	58,740.3	6.8
10 a 12	202,289.4	23.5
14 a 16	243,238.6	28.3
12 a 14	329,241.3	38.3
Total	859,575.1	100.0

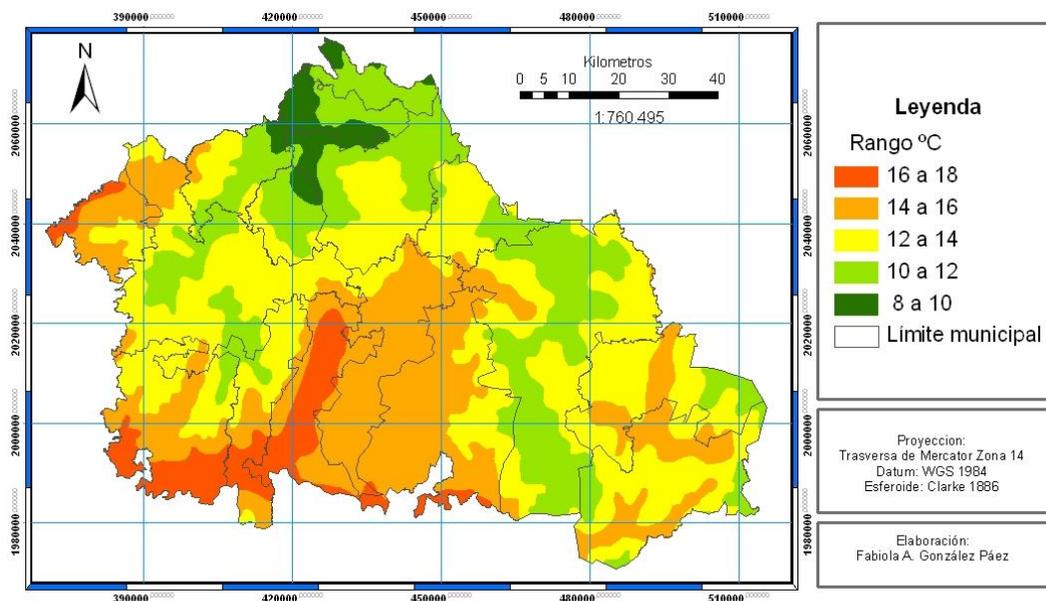


Figura 6. Temperatura mínima promedio de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta 'Temperatura mínima promedio' (CONABIO,1998)

III.1.5. Precipitación

De acuerdo a la carta “Precipitación total anual” (CONABIO, 1998), en la zona de estudio el rango de precipitación se ubica entre 600 y 1,200 mm (Cuadro 6). La zona con más precipitación es la que se localiza en las partes altas dentro del clima de tipo templado subhúmedo, con datos de hasta 1,500 mm, mientras que de menor precipitación esta en las márgenes del Río Balsas, con 600 mm (Figura 7).

Cuadro 6. Rangos de precipitación de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta: 'Precipitación total anual', (CONABIO, 1998)

Rango de precipitación (mm)	Área (ha)	Área (%)
600 a 800	96,989.7	11.3
1200 a 1500	126,652.3	14.7
800 a 1000	294,930.3	34.3
1000 a 1200	341,002.8	39.7
Total	859,575.1	100.0

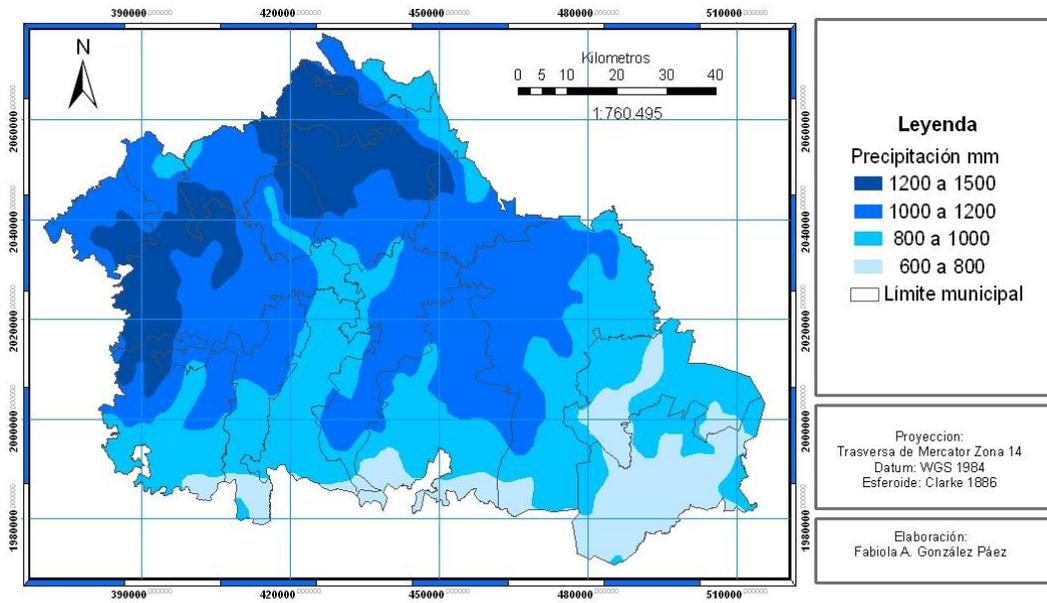


Figura 7. Precipitación media anual de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta 'Precipitación total anual', (CONABIO, 1998)

III.1.6. Geología

Según la carta “Hidrogeología” (Marín-C, S y Torres- Ruata, C., 1990), que describe el tipo de roca del subsuelo para caracterizar la porosidad y la permeabilidad, en la región norte predominan el subsuelo formado por roca sedimentarias marinas que datan del Periodo Cretácico en el 79.6% de la superficie (Cuadro 7). Este grupo se divide en; zonas en donde predominan las arcillas (lutitas, limolitas y calizas arcillosas) y zonas con predominancia de calcáreas (calizas y areniscas); esta última categoría es más importante por su extensión.

Los tipos de roca restantes se distribuyen principalmente en la porción norte de la región (Figura 8), Las rocas sedimentarias que datan del periodo Jurásico (lutitas, limolitas, areniscas y calizas limo arcillosas) son las más escasas, ocupan solo una pequeña

porción (155.9 ha) hacia el extremo sureste de la zona de estudio en el municipio de Copalillo, mientras que las rocas volcánicas, que datan del Cenozoico superior volcánico (mioceno a reciente), se concentran en el extremo norte de los municipios de Buenavista y Huitzucó y representan 2.8% de la zona de estudio.

Cuadro 7. Tipos de rocas presentes en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Hidrogeología” (Marín-C, S y Torres- Ruata, C., 1990)

Tipos de roca	Área (ha)	Área (%)
Lutitas, limolitas, areniscas y calizas limo arcillosas	155.9	0.0
Rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas), principalmente basálticas y andesíticas	24,267.0	2.8
Rocas metamórficas: esquistos, cuarcitas y gneiss	50,561.5	5.9
Areniscas y conglomerados predominantemente	101,154.9	11.8
Rocas sedimentarias marinas predominantemente calcáreas (calizas y areniscas)	302,069.5	35.1
Rocas sedimentarias marinas predominantemente arcillosas (lutitas, limonitas y calizas arcillosas)	381,366.3	44.4
Total	859,575.1	100.0

Las rocas metamórficas (esquistos, cuarcitas y gneiss) formadas durante el Mesozoico, Paleozoico y Precámbrico, se localizan principalmente en los municipios de Taxco, Buenavista y Pedro Ascencio de Alquisiras, y una pequeña porción del municipio de Tetipac. Casi en su totalidad Pilcaya y Tetipac son los municipios cuyo subsuelo está formado por areniscas y conglomerados, estas rocas sedimentarias formadas durante el Terciario continental, Cenozoico superior e inferior clástico, también pueden encontrarse en los municipios de Taxco, Pedro Ascencio, Ixcateopan, Teloloapan, Apaxtla y Cuetzala.

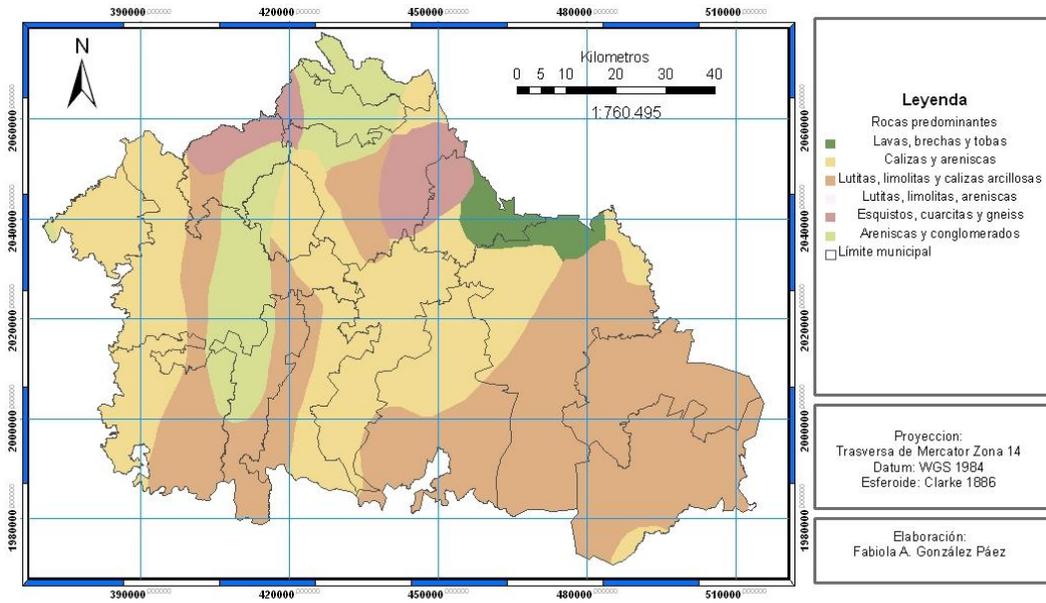


Figura 8. Tipos de roca de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Hidrogeología” (Marín-C, S y Torres- Ruata, C., 1990),

III.1.7. Suelos

En la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995), en la zona de estudio existen 10 tipos de suelos. Por su extensión los más importantes son los Regosoles que ocupan más de la tercera parte del total de la superficie (33.9%), los Litosoles que se encuentran en el 21% del territorio y las Rendzinas distribuidas en el 15.5% (Cuadro 8). Estos dos últimos tipos se agrupan como Leptosoles dentro de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO, 2007), definidos como suelos someros; formados a partir de varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos de 20 % (en volumen) de tierra fina, tienen roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos. Entre los suelos Regosoles y Litosoles abarcan el 54.9% de la totalidad de la zona de estudio, por lo que es importante mencionar que los Regosoles, son suelos débilmente desarrollados en material no consolidado de grano

fino, sin horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo (FAO, 2007). Por otro lado según INEGI (1998), define a los Regosoles como suelos sin estructura y de textura variable, muy parecidos a la roca madre, mientras que los Litosoles son suelos con menos de 10 cm de espesor. Ambos tipos son susceptibles en grado moderado y alto a la erosión hídrica, dependiendo de las condiciones del terreno, especialmente del grado de pendiente y las características de precipitación. Tienen un potencial productivo bajo, pero las especies forestales pueden desarrollarse bien si tienen humedad suficiente. Los Regosoles se encuentran en mayor medida en el poniente de la zona de estudio, mientras que los Litosoles se encuentran distribuidos en su mayoría hacia el oriente de la zona de estudio (Figura 9).

Cuadro 8. Suelos de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995)

Tipo	Área (ha)	Área (%)
Andosol	515.7	0.1
Fluvisol	1,422.1	0.2
Kastañozem	5,859.7	0.7
Cuerpos de agua	13,245.2	1.5
Vertisol	20,694.8	2.4
Cambisol	46,342.1	5.4
Luvisol	75,051.3	8.7
Feozem	90,886.9	10.6
Rendzina	133,657.0	15.5
Litosol	180,504.7	21.0
Regosol	291,395.5	33.9
Total	859,575.1	100.0

Los suelos del tipo Rendzinas, son descritos como “Suelos con menos de 50 cm de espesor que están encima de rocas duras ricas en material calizo. La capa superficial es algo gruesa, oscura y rica en materia orgánica y nutrientes” (INEGI, 1998), por lo que se

pueden considerar suelos con potencial bajo de productividad. Los suelos de tipo Feozem, definidos por la misma fuente son suelos con una capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materia orgánica y nutrientes, normalmente de alta fertilidad natural y ligados a altas productividades en pastizales y en la mayoría de los cultivos agrícolas; pero solo ocupan un 10.6% de la superficie.

Algunos suelos que se pueden considerar de alto potencial productivo, son los suelos Kastañozem y Fluvisol; los Kastañozems son suelos de color castaño o pardo de climas semisecos, tienen una capa superficial oscura, gruesa, rica en materia orgánica y nutrientes; puede haber cal o yeso en algún lugar del suelo y los Fluvisoles son suelos aluviales recientes, generados por la influencia de ríos (INEGI, 1998). Los Andosoles son “suelos oscuros muy ligeros, con alto contenido de ceniza y otros materiales de origen volcánico” pero son susceptibles a la erosión, tienen baja densidad aparente y tienen problemas de retención de fósforo. Estos tres tipos de suelos solo ocupan en conjunto 1% de la superficie total.

De acuerdo a la definición de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO, 2007), los Andosoles son típicamente, suelos negros de paisajes volcánicos; formados a partir de material parental de vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza) u otro material rico en silicato, los Kastañozem son suelos pardo oscuro ricos en materia orgánica, derivados de material parental formado por un rango amplio de materiales no consolidados y los Fluvisoles son suelos desarrollados en depósitos aluviales, derivados de material parental formados predominantemente por depósitos recientes, fluviales, lacustres y marinos, cuyos perfiles muestran evidencia de estratificación; débil

diferenciación de horizontes pero puede haber presente un horizonte superficial diferente.

Según INEGI (1998), los Luvisoles son suelos con mucha arcilla acumulada en el subsuelo, los Vertisoles son suelos muy arcillosos en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad; en época de secas tienen grietas, siempre y cuando no haya riego artificial, y los Cambisoles son suelos con un subsuelo muy diferente a simple vista en color y textura a la capa superficial, la capa superficial puede ser oscura, con más de 25 cm de espesor pero pobre en nutrientes y en ocasiones no existe.

Para ampliar la definición de estos tres tipos de suelo, según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (FAO, 2007), los Luvisoles son suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración de arcilla) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla, arcillas de alta actividad y una alta saturación con bases a alguna profundidad, el material parental a partir del cual se forma comprende una amplia variedad de materiales no consolidados incluyendo y depósitos eólicos, aluviales y coluviales.

Los Vertisoles son suelos pesados arcillosos, que se mezclan, derivados de sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas, la expansión y contracción alternada de arcillas expandibles resulta en grietas profundas en la estación seca (FAO, 2007).

Los Cambisoles son suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo, evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato, el material parental son materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas (FAO, 2007).

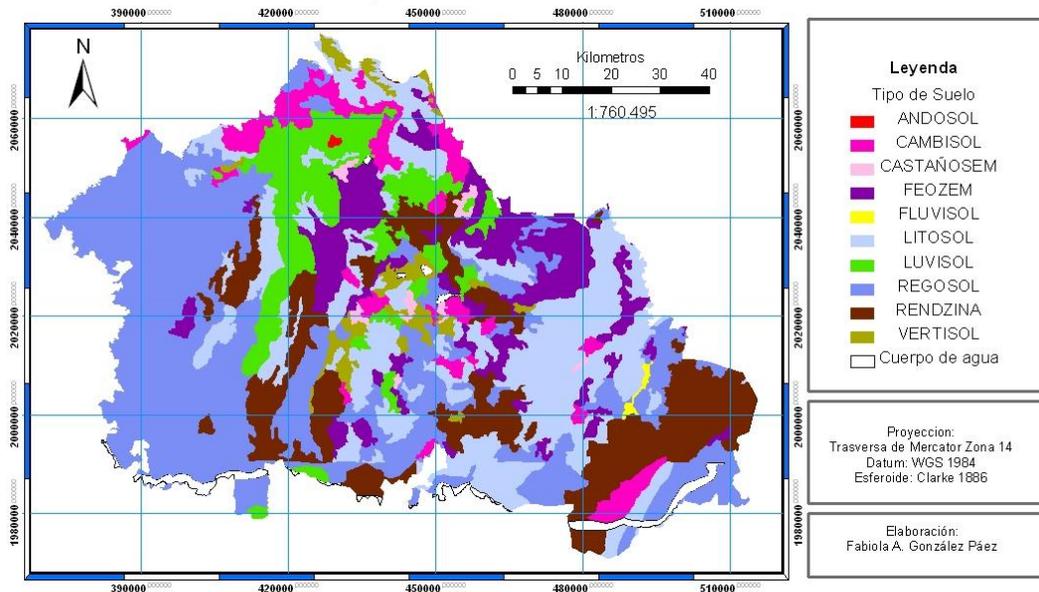


Figura 9. Suelos de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995)

III.1.8. Relieve

La región presenta un amplio rango altitudinal que va de los 318 m en las márgenes del río Balsas a los 2,699 m en la Sierra de Taxco (Figura 10), que marca el parteaguas de las cuencas Balsas-Mezcala, Balsas- Zirandano y Río grande de Amacuzac, siendo la zona más accidentada de la región. Solamente un 4.1% del territorio se localiza en áreas con más de 2,000 m de altitud, mientras que un 57.9% está entre los 1,000 y 2,000 m. (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rangos de altitud de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Elaboración a partir del Modelo Digital del Terreno

Altitud	Superficie (ha)	%
1,000 m o menos	326,628.3	38.0
1,000 a 2,000 m	497,894.0	57.9
2, 000 m o más	35,005.6	4.1
Total	859.527,8	100,0

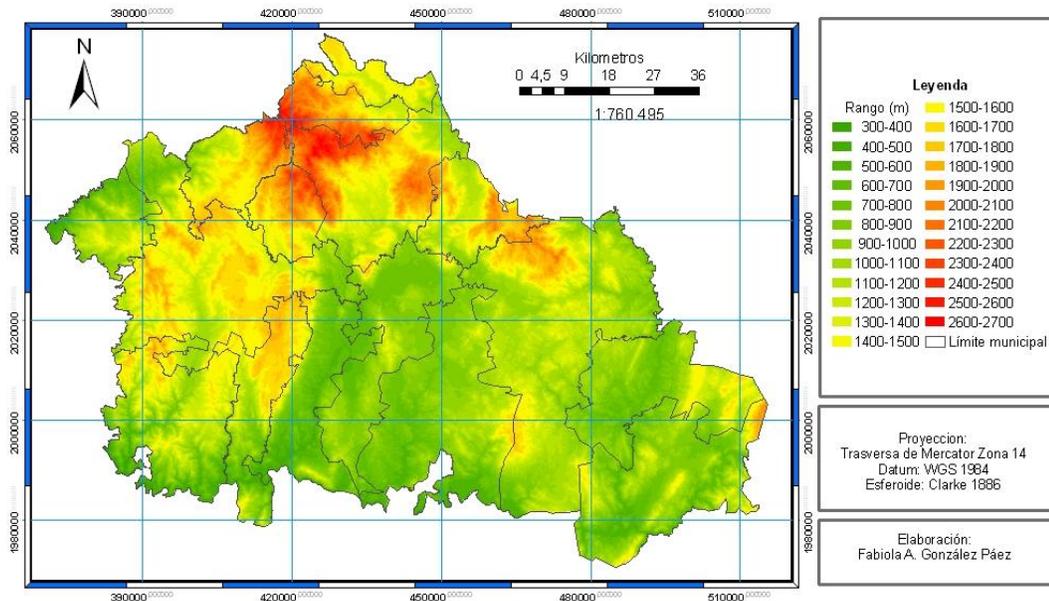


Figura 10. Rangos de altitud. Fuente: Elaboración a partir de la carta topográfica escala 1:50,000. (INEGI, 2000)

III.1.9. Tipos de vegetación

Esta región tiene una cantidad muy reducida de estudios florísticos, el más completo es el “Estudio de la Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México”. Aunque solo abarca 5 de los 16 municipios de la región norte del estado de Guerrero, significa un antecedente importante para conocer las diferentes comunidades biológicas de mayor importancia en esta zona.

En este estudio Martínez et al. (2004) generó una base de datos que contiene 4,139 registros, 1,384 especies, 570 géneros y 150 familias de plantas vasculares, así como cinco tipos de vegetación principales: selva baja caducifolia, bosque de *Quercus* (incluyendo asociaciones con coníferas), bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y bosque de galería. En este trabajo, en general concluyó que las familias más representativas son Asteraceae con 209 especies y 79 géneros, Fabaceae con 152 especies y 50 géneros y por último la familia Poaceae 80 especies y 39 géneros (Cuadros 10) y reporta la riqueza por tipo de vegetación (Cuadros 11).

Cuadro 10. Riqueza por tipo de vegetación de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco. Fuente: Martínez et al. (2004).

Tipo de vegetación	Familias	Géneros	Especies
Bosque de coníferas	66	174	286
Bosque de galería	24	38	64
Bosque de <i>Quercus</i>	120	371	763
Bosque mesófilo de montaña	75	170	302
Bosque tropical caducifolio	95	307	575

Cuadro 11. Numero de formas biológicas por tipo de vegetación de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco. Fuente: Martínez et al. (2004)

Tipo de vegetación	Árbol	Arbusto	Bejuco	Hierba	Sufrútice
Bosque de coníferas	30	42	19	175	2
Bosque de galería	18	17	3	19	0
Bosque de <i>Quercus</i>	78	114	60	484	2
Bosque mesófilo de montaña	42	39	17	189	1
Bosque tropical caducifolio	78	94	66	330	3

Las comunidades vegetales más comunes en la región norte del Estado de Guerrero, son; Bosques de coníferas de los géneros *Pinus* y *Juniperus*, bosque de *Quercus*, bosques de pino-encino, encino-pino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y subcaducifolio y palmar; sin embargo se pueden encontrar en mucho menor medida

otros tipos de vegetación como son: Bosque de galería en las riveras del Río Balsas principalmente, bosque espinoso y matorral xerófito. De estas comunidades excepto el palmar, todas son vegetación primaria con distintos grados de disturbio. Estas comunidades existen en un variado mosaico en cuanto al grado de perturbación que presentan, pero son pocos las áreas que presentan una comunidad conservada y sin impactos graves de las actividades humanas. A continuación describen estos y otros tipos de vegetación presentes en la zona de estudio:

a) Bosque de *Pinus*

Se caracteriza por la dominancia del género *Pinus*. Se encuentra en manchones aislados generalmente a partir de los 1,400 msnm. En forma natural tiene un estrato arbustivo relativamente escaso y en las zonas que presentan disturbios existe presencia abundante de gramíneas y un desarrollo escaso de arbustos. En la zona de estudio se concentra en las partes altas de los municipios de Taxco y Tetipac entremezclándose con elementos del bosque tropical caducifolio y bosque de encinos en las partes más bajas de esta comunidad vegetal. Se caracteriza por presentar árboles de aproximadamente 10 o 12 m de altura con un perímetro promedio de 50 cm.

De las especies de *Pinus*, son más frecuentes las especies *Pinus devoniana*, *P. ayacahuite*, *P. leiophylla*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. herrerae* y *P. lawsonii*, siendo dominantes las especies de *P. pringlei* y *P. oocarpa*. Debido principalmente a la elevada frecuencia de incendios forestales, el desarrollo de arbustos es casi nulo.

Según Verduzco y Rodríguez (1995), en esta comunidad en un estudio florístico en la vertiente del Balsas hacia la Sierra Madre del Sur, del 100% de las formas de vida presentes en la comunidad 78% están representadas por hierbas, 9% son árboles, arbustos 8%, trepadoras 4% y epífitas 1%.

Martínez et al. (2004) agrupa a los bosque de coníferas en un solo grupo para su descripción, y menciona que las especies más comunes de árboles son *Pistacia mexicana*, *Juniperus flaccida*, *Quercus castanea*, *Xylosma flexuosum*, *Lysiloma acapulcense*, *Malpighia mexicana*, *Bocconia arborea*, *Cercocarpus fothergilloides*, *Spondias purpurea*, *Alnus acuminata*, *Clethra mexicana*, *Pinus pringlei* y *Cupressus lusitanica*. Menciona que el estrato arbustivo en los bosques de coníferas en la Sierra de Taxco es poco diverso.

b) Bosque de pino-encino y encino-pino.

Cuando los árboles del genero *Quercus* son abundantes, se forman bosques mixtos de *Pinus-Quercus* o *Quercus-Pinus*, dependiendo de cual género domina cuantitativamente, esta condición se determinada por el gradiente altitudinal principalmente. Como especies características podemos encontrar a *Pinus oocarpa*, *Pinus pringlei*, *P leiophylla*, *Quercus laurina*, *Q. acutifolia*, *Q. conspersa*, *Q. elliptica*, *Q. glaucesces*, *Q. magnoliifolia*, *Q. peuncularis*, *Q. obtusata*, *Phyllonoma laticuspis*, *Clethra mexicana*, *Cleyera integrifolia*, *Fuchsia grandiflora*, *Guardiola mexicana*, *Pernettya ciliata*, *Sapium macrocarpum*, *Vitex hemsleyi* y algunos ejemplares de *Juniperus flaccida*. Es común encontrar individuos de *Clethra* sp., *Tabebuia* sp., *Guarea* sp., *Arbutus* sp.,

Viburnum sp. *Juniperus*. sp., etc. En estas comunidades Las epifitas y trepadoras vasculares son escasas.

Según Verduzco y Rodríguez (1995), en el caso de la comunidad de *Pinus-Quercus*, Las especies de árboles representativas son: *Clethra mexicana*, *Hymenaea courbaril*, *Pinus oocarpa*, *P. pringlei*, *Q. acutifolia*, *Q. conspersa*, *Q. elliptica*, *Q. glaucesces*, *Q. magnoliifolia*, *Q. peuncularis*, *Sapium macrocarpum* y *Vitex hemsleyi*. Concluyeron que las hierbas representan el 65% de las formas de vida de esta comunidad, los arbustos 22%, los árboles un 10%, las trepadoras un 2% y las epifitas un 1%. Además describen que los árboles miden entre 8 y 15 m de altura y presentan un perímetro promedio de 0.20 m. Para el caso del bosque mixto de *Quercus-Pinus*, describen una comunidad en la vertiente del Balsas, con árboles que tienen una altura promedio de 10 m, representados principalmente por *Pinus oocarpa*, *P. pringlei*, *Q. acutifolia*, *Q. conspersa*, *Q. elliptica* y *Q. glaucesces*. El estrato arbustivo tiene un altura promedio de 2 m y están representados por *Ardisia resoluta*, *Brahea* sp., *Phoebe mollis* y *Senecio steyermarkii*. Las hierbas alcanzan una altura promedio de 0.5 m. Los autores mencionan que 47% de las formas de vida están representadas por arbustos, hierbas 24%, árboles 18% y trepadoras 12%.

c) **Bosque de *Juniperus***

Dentro del Estado de Guerrero, esta comunidad se concentra principalmente en la Sierra de Taxco y en la vertiente norte de la Sierra del Sur. Dentro de la zona de estudio, se ubica entre los 1,800 y 2,000 m, sin embargo es muy elevado el grado de perturbación

de esta comunidad debido a que la madera de *Juniperus flaccida*, es muy demandada para la elaboración de muebles típicos en esta zona, actividad que es muy común en los municipios de Taxco y Tetipac. Es posible que esta actividad sea un factor determinante para la reducción en la extensión de esa comunidad, ya que se ha venido realizando desde la época colonial, de ahí el nombre de muebles coloniales. La sobreexplotación de estos bosques, aunado a la alta capacidad de colonización del bosque de *Quercus*, favoreció posiblemente que las áreas que antes estaban ocupadas por bosques de *Juniperus*, hayan sido colonizadas por *Quercus*, después de que se eliminaron las poblaciones naturales. El mayor grado de conservación se encuentra en lugares protegidos en pequeñas cañadas o corrientes de agua que conservan relativa humedad aun en época de secas.

Algunos elementos importantes de la vegetación son *Ipomoea murucoides*, *Psidium guajava*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Dodonaea viscosa*, *Ptelea trifoliata* y *Senna* sp.

d) Bosque de *Quercus*

En esta comunidad dominan los árboles del género *Quercus*, se desarrolla en sitios que difieren ampliamente en condiciones ambientales, generalmente estos bosque ocupan zonas de transición entre los bosques de *Pinus* y las selvas, que en este caso tropical subcaducifolia y tropical caducifolia en la vertiente del Balsas.

En el área de estudio, se localizan principalmente en la parte norte en la Sierra de Taxco a partir de los 1,800 msnm. Dentro de la depresión del Balsas, en altitudes que van desde

los 860 y los 1,500 m, en la sierra de Taxco se desarrollan desde los 1,200 hasta los 1,900 msnm. En estos encinares los elementos dominantes son *Quercus glaucoides*, *Q. magnoliifolia* y en menor frecuencia *Q. elliptica* o cualquier combinación de los tres.

Verduzco y Rodríguez (1995) reportan para una comunidad de bosque de *Quercus* en la vertiente del Balsas, la predominancia de árboles de una altura entre 4 y 6 m, de un tronco delgado de un perímetro aproximado de 0.35m, sin ramificaciones interiores y con hojas anchas, los arbustos y hierbas son escasos pero con predominancia de magueyes principalmente de la especie *Agave pedunculifera*. Los árboles que predominan en esta comunidad son: *Quercus elliptica*, *Q. obtusata* y *Genipa vulcanicola*. Los arbustos predominantes son *Befaria mexicana*, *Leucothoe pinetorum* y *Ouratea mexicana*, este estrato alcanza una altura de entre 2 y 4 m. El estrato herbáceo está representado por individuos que alcanzan una altura menor de 0.50 m. Para esta comunidad mencionan que del total de las formas de vida, las hierbas representan 41%, los árboles 27%, los arbustos 23% y las trepadoras 9%.

Martínez et al. (2004) menciona que el estrato arbóreo de los encinares de la Sierra de Taxco podemos encontrar *Quercus acutifolia*, *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. conspersa*, *Q. crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. glaucoides*, *Q. laurina*, *Q. magnoliifolia* y *Q. obtusata*. También se puede encontrar *Alnus jorullensis*, *Carpinus caroliniana*, *Clethra mexicana*, *Arbutus xalapensis*, *Comarostaphylis arbutoides*, *C. polifolia*, *Juglans pyriformis*, *Meliosma dentata* y *Cercocarpus fothergilloides*. En las asociaciones con las coníferas aparecen *Pinus devoniana*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa* y *P. pringlei*.

e) **Bosque mesófilo de montaña**

Se desarrolla en las zonas más húmedas de los municipios de Taxco, Tetipac y Pedro Ascencio de Alquisiras, como en el noroeste de Taxco en Puerto Oscuro, Parque Cerro el Huizteco en lugares protegidos como cañadas o laderas con poca exposición, intercalados con bosques de pino encino o entre los encinares. Se desarrollan en altitudes que van desde los 1,800 a los 2,600 m. Los árboles que forman esta comunidad tienen altura variables desde los 12 hasta los 30 o 40 m formando 2 o 3 estratos arbóreos. Las hierbas pueden o no ser abundantes dependiendo del grado de perturbación de la comunidad. Las trepadoras y epifitas principalmente orquídeas son muy abundantes gracias al alto grado de humedad ambiental que se genera en esta comunidad. El principal problema de esta comunidad es que por lo general se ha talado el estrato bajo para la instalación de plantas de café.

Esta comunidad está compuesta principalmente por *Quercus acutifolia*, *Q. scytophylla*, *Q. laurina*, *Q. axoris*, *Q. aff benthamii*, *Pinus ayacahuite*, *Abies religiosa*, *Carpinus coroliniana*, *Clethra mexicana*, *Phoebe ehrenbergi*, *Oreopanax xalapensis*, *Parathesis vulgata*, *Eupatorium areolare*, *Zanthoxylum melanostictum*, *Cornus disciflora* entre otras y helechos arborescentes como *Cyathea fulva*.

La descripción más completa de los bosques mesófilos de montaña de la Sierra de Taxco ha sido la que realizó Martínez et al. (2004), donde menciona que se desarrolla en las zonas más húmedas, en lugares protegidos como cañadas o laderas de poca exposición. Las especies predominantes en el estrato arbóreo son *Oreopanax langlassei*,

Alnus jorullensis, *Clethra mexicana*, *C. pringlei*, *Arctostaphylos longifolia*, *Agarista mexicana*, *Quercus subsphatulata*, *Q. scytophyla*, *Q. castanea*, *Pinus herrerae*, *P. pseudostrobus*, *Rapanea juergensenii*, *Buddleia cordata*, *Ternstroemia lineata*, *Meliosma dentata*, *Symplocos pycnantha* y *Cercocarpus fothersgilloides*. Dentro de los arbustos tenemos como dominantes a *Ilex tolucana*, *Viburnum elatum*, *Ternstroemia tepezapote*, *Cassia tomentosa*, *Dalea obovatifolia*, *Phymosia rosea*, *Tibouchina longifolia*, *Rubus humistratus*, *Fuchsia tetradactyla*, *Buddleia sessiliflora* y *Phyllonoma laticuspis*. El estrato herbáceo es rico y por otro lado existe una baja diversidad de bejucos.

f) Bosque tropical subcaducifolio

Esta comunidad generalmente se encuentra en las partes altas de la cuenca del Balsas en pequeñas cañadas. En la región norte tiene un alto grado de perturbación en muchos casos provocados por la introducción de especies económicamente importantes como *Mussa sp.* y *Coffea arabiga*. Los elementos de este tipo de vegetación son netamente tropicales por ejemplo *Cecropia obtusifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Andira inermes*, *Ficus mexicana*, *Bursera simaruba*, *Lysisoma dyvaricata*, *Cordia eleagnoides*, *Astronium graveolens*, *Hura polyandra* y algunos helechos arborescentes.

En las cañadas se presentan especies corpulentas que abundan en selvas medianas como *Enterolobium cyclocarpum* y *Licania arborea*. Como característica distintiva se puede mencionar que su selva permanece verde y con follaje una gran parte del año. Otras características que la diferencian del bosque tropical caducifolio son: la abundancia y

diversidad de árboles pertenecientes a la familia Anonácea; la presencia de *Ceiba pentandra*; la total ausencia de grandes cactáceas candelabriformes; la existencia de lianas de gran grosor y en gran abundancia. Además de que las trepadoras y epífitas sobre todo en cañadas o en exposiciones favorables se les encuentra con cierta abundancia como el caso de la ladera de norte del cerro Chiletpetl en el municipio de Huitzuco de los Figueroa.

En un estudio florístico en el Cerro Chiletpetl, Vargas y Pérez (1996), mencionan que este tipo de vegetación se caracteriza por que sus árboles presentan troncos rectos no muy gruesos, que se ramifican a partir de la mitad de su altura, el diámetro de copa es en la mayoría de los casos, mucho menor que a la altura total del árbol, algunas de las especies permanecen con hojas todo el año, mientras que otras las pierden durante un periodo breve en la época de secas. Las especies representativas de este estrato son: *Bumelia obtusifolia*, *Picus petiolaris*, *Forchhammeria macrocarpa*, *Sideroxylon Camiri* y *Swietenia humilis*. Mientras que el estrato arbóreo alcanza los 15 o 20 m de altura, el estrato arbustivo es escaso y solo reportan la presencia de miembros de la familia Celastraceae, Liliaceae y Onagraceae alcanzando alturas de 2 a 5 m. Predominan las especies *Byttneria aculeata*, *Haura rusbyi*, *Hippocratea celastroides*, *Schaefferia stenophylla* y *Yucca rostrata*.

El estrato herbáceo es abundante solamente en época de lluvias favorecida por la humedad de los escurrimientos en las barrancas y por la caída de árboles que propician claros en donde se desarrollan especies de la familia Asteraceae y Poaceae. En la época de secas es la familia Acanthaceae la que está mejor representada. Este estrato tiene

como especies dominantes a *Dahlia coccinea*, *Dorstenia drakeana*, *Tetratum hillii* y *Tripsicum dactyloides*.

g) Bosque tropical caducifolio

Es la comunidad más extendida en la región norte del estado, en general en la Cuenca del Balsas. Se localiza en zonas con menor humedad que aquellas que albergan al bosque tropical subcaducifolio. El mayor desarrollo de esta comunidad en el área de estudio se localiza en las partes bajas de la Sierra de Taxco, Sureste de Ixcateopan y Taxco. Esta comunidad es tan compleja que presenta un elevado número de asociaciones y variantes que representan un mosaico sumamente variado.

Esta comunidad se distinguen por árboles de menos de 15 metros, troncos cortos y torcidos, con hojas lineales y abundantes; por la pérdida de sus hojas en el periodo seco del año, durante un lapso variable que oscila entre 6 meses al año; entre las más comunes están el casahuate, palo brasil y guaje.

Los árboles en general, presentan un tamaño reducido, siendo normalmente de 4 a 10 m de altura muy eventualmente hasta 15 m., las especies más representativas son cuajilotes y copales (*Bursera* spp), pochote (*Ceiba* spp.) palo brasil (*Haematoxylon brasiletto*), casahuates (*Ipomoea* spp). En las zonas alteradas se establecen asociaciones de vegetación secundaria formadas principalmente por especies como *Acacia farnesiana*, *A. cochliacantha*, *A. pennatula*, *A. bilimekii*, *Mimosa polyantha*, *M. benthamii*, *Pithecellobium acatlens*, y *Prosopis laevigata*, entre otras.

Lo más frecuente es que haya un solo estrato arbóreo, aunque puede haber dos, sin contar con las eminencias. El desarrollo del estrato arbustivo varía en función de la densidad del dosel arbóreo. El diámetro de las plantas por lo general no sobrepasa los 50 cm.

Los elementos representativos de esta comunidad son especies del género *Bursera* en el estrato arbóreo, como *Bursera morelensis*, *B. longipes*, *B. lancifolia*, *B. schlenchtendalli*, *B. submoniliformis*, *Cyrtocarpa procera*, *Amphipterygium adstringens*, *Euphorbia schlechtendalli*, *Lysiloma tergemina*, *Ceiba parvifolia*, *Plumeria rubra*, *Jatropha* aff. *dioica*, *Acacia acatlensis* y diversas especies de cactáceas: *Neobuxbaumia mezcalaensis*, *Opuntia atropes* y *Stenocereus dumortieri*. En el límite altitudinal superior de esta comunidad en colindancia con los encinales de baja altitud suelen ser frecuentes *Bursera glabrifolia*, *B. copallifera*, *B. bipinnata*, *Pseudosmodium perniciosum*, *Ipomoea* spp. *Mimosa* aff. *benthamii* y *Brahea dulcis*. En el Cuadro 12 se puede apreciar la gran variabilidad que presenta esta comunidad en apenas 24.85 km² de superficie.

Cuadro 12. Diversidad del bosque tropical caducifolio en el Cerro Chilatepecl y sus alrededores. Fuente: Vargas y Pérez (1996)

No Muestra compuesta	Densidad absoluta Individuos/100m ²	Área basal total m ² /100m ²	Diversidad Índice Shannon/Weaver
1	11.66	89.16	2.024
2	11.11	85.84	2.557
3	7.41	177.6	2.1
4	7.49	117.49	2.28
5	6.53	326.61	2.37
6	14.28	285.1	1.7
7	8.04	26.63	4.42
8	3	55.9	1.96
9	2.32	88.06	2.27

h) Bosque espinoso

Vargas y Pérez (1996), describen una comunidad de bosque espinoso en el municipio de Huitzuco de los Figueroa, con árboles bajos en su mayoría y ramificados muchas veces desde la base, pero no divergen mucho sino hasta que llegan a los 2 m siendo las copas elipsoidales y relativamente pequeña. La vegetación es cerrada, la mayoría pierden sus hojas durante la época de secas y solo algunas especies las conservan todo el año y con frecuencia existen cactáceas candelibriformes asociadas. Esta vegetación a menudo se reporta a grandes escalas como bosque tropical caducifolio principalmente o matorral xerófito, debido a la dificultad para su delimitación.

Los árboles presentan alturas de 2 a 8 m, y están representados principalmente por *Conzattia multiflora*, *Goldmania foetida*, *Lysiloma tergemina*, *Prosopis laevigata*, *Pithecellobium dulce* y *Spondias purpurea*. Los arbustos miden entre 1 a 4 m y está representado principalmente por *Acacia angustissima*, *A. cochliacantha*, *A. farnesiana*, *Condalia sp.*, *justicia magniflora*, *Lasiocarpus salicifolius*, *Mimosa Leptocarpa* y *Melochia tomentosa*. Las hierbas se presentan principalmente en la época de lluvias y la mayoría de las especies son anuales.

i) Matorral xerófito

Esta vegetación agrupa a todas las comunidades de porte bajo característico de zonas áridas y semiáridas. Se encuentra en pequeños manchones que por lo general se intercala

con individuos del bosque espinoso y del bosque tropical caducifolio de ahí que la mayoría de los casos se agrupa como bosque tropical caducifolio.

Esta comunidad se describe por Vargas y Pérez (1996), como una comunidad cuyos árboles con ramificaciones desde la base, con presencia de espinas y casi todos son caducifolios. Es difícil encontrarlos con hojas y flores en la misma época del año. Se encuentran diversas formas biológicas, suculentas, plantas con hojas arrosetadas, los tipos agrupados y los coloniales.

Los árboles están representados principalmente por árboles de porte bajo de la especies *Plumeria rubra* y *Thevetia ovata*, que se encuentran intercalados en el estrato arbustivo dominante. El estrato arbustivo presenta alturas de 1 a 2 m con predominancia de *Fouquieria leonilae* dominando sobre *Caesalpinia pulcherrima*, *mimosa leptocarpa* y *Mimosa mollis*. Presenta además un estrato subarbustivo con plantas que no sobrepasan 1 m de altura como son: *Agave donell-smithii*, *Hechita glomerata*, *Mamillaria sp.* *Opuntia atropes* y *Opuntia depresa*. Las hierbas se encuentran principalmente en época de lluvias.

j) Bosque en Galería

Este tipo de vegetación, se localiza principalmente en las orillas del Río Balsas, debido a que son agrupaciones arbóreas que se desarrollan en una delgada línea difícil de cartografiar a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes.

Vargas y Pérez (1996) describen esta comunidad en el municipio de Huitzucó como constituido por árboles con tallos rectos y gruesos, cuyas ramificaciones comienzan a los 2 m de altura o más. Los arbustos presentan tallos recurvados con ramificaciones que comienzan muy en la base, presentando la mayoría espinas sus copas son redondas y su follaje es denso. Una gran cantidad de árboles son de hojas perennes y unos cuantos son parcialmente caducifolios, predominando los de hojas compuestas sobre los de hojas simples. Puede ser cerrado o abierta en los estratos arbóreo y arbustivo.

Debido a las crecientes del Balsas existe una constante caída de árboles en la época de lluvias, permite el establecimiento de nuevos individuos en los claros. Los árboles pueden alcanzar 8 m, sin embargo en algunas zonas pueden crecer hasta 12 m. Las especies representativas son *Astianthus viminalis*, *Cercidium praecox*, *Lonchocarpus eriophyllus*, *Pithecellobium dulce* y *Prosopis leavigata*. El estrato arbustivo aparece cuando las condiciones del lugar han sido alteradas sustituyendo el estrato arbóreo y puede llegar a ser muy densa. Este estrato puede medir 6 m en zonas favorables y en otras, no pasa los 2 m. El estrato herbáceo crece hasta los 0.5 m, y es abundante solamente en la época de lluvias.

Martínez et al. (2004) describe un bosque de galería en la Sierra de Taxco; “Se encuentra en algunas zonas donde hay corrientes de agua, primordialmente en Taxco el Viejo, al Norte de Ixcateopan y Pilcaya. Se encuentra en altitudes que van de 1,300 a 1,600 m y en un área de apenas 0.42 km²”. Se incluyen 51 especies, entre las más comunes se anotan a *Dalembertia populifolia*, *Conzattia multiflora*, *Inga eriocarpa*, *Pithecellobium dulce*, *Boerhavia erecta*, *Reseda luteola*, *Chiococca alba*,

Guazuma ulmifolia, *Physodium dubium*, *Vitex mollis*, *Taxodium mucronatum*, *Hymenocallis harrisiana*, *Anemia adiantifolia*, *A. hirsuta* y *Thelypteris ovata*. Al norte de Ixcateopan *T. mucronatum* alcanza 15 m de altura y presenta a *Tillandsia usneoides* como epífita dominante.

k) Palmar

Estas comunidades llegan a formar “bosques” de hasta 15 m de alto o en ocasiones matorrales de 50 a 80 cm de alto. Por lo general una especie de palma es dominante; pero en algunos casos se puede encontrar 2 o 3 especies mezcladas. En la región norte del estado domina la palma *Brahea dulcis*.

En un Estudio Florístico del Cerro Chilatepetl y sus alrededores realizado por Vargas y Pérez (1996), se menciona que este tipo de vegetación es secundaria debido a que a pesar de que en algunas partes se encuentra bien delimitado del bosque tropical caducifolio, también pueden encontrarse individuos aislados pertenecientes a otro tipo de vegetación y lo describen como sigue: “*Cordia morelosana*, *Ceiba aesculifolia*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Pseudosmodium perniciosum*. Su fisonomía está determinada por la dominancia de la familia Arecaceae que presenta una altura de 0.7 a 5 m constituyendo el estrato arbustivo, mientras que el estrato herbáceo se encuentra bien representado durante la mayor parte del año excepto en los meses de marzo y abril. Los individuos que constituyen el estrato arbustivo presentan en algunos casos tallos bien desarrollado, pero en otros casos carecen de ellos, aún cuando pertenecen a la misma especie. El elemento que domina el estrato arbustivo es *Brahea dulcis*, también

se encuentran: *Agave donnell-smithii*, *Agave angustifolia*". Los mismos autores destacan que esta comunidad es inducida a base de incendios forestales periódicos y favorecidos por encontrarse en laderas calizas y suelos someros y pedregosos.

Se puede agrupar al bosque de *Pinus* y *Juniperus*, como "coníferas", a los bosques de *Pinus* y *Quercus* y otras latifoliadas, como "coníferas y latifoliadas" y al palmar y Bosque Mesófilo de Montaña como "otras asociaciones" a fin de facilitar su representación (Figura 11), y referir como "otros usos" a las actividades antropogénicas y cuerpos de agua. De esta forma se tiene que el tipo de vegetación más abundante en la zona de estudio es la selva baja caducifolia con el 17.02% de la superficie total (Cuadro 13) y en conjunto en su forma fragmentada, suma un total de 38.51%. Los bosques de coníferas en conjunto con las latifoliadas, ocupan el 3.07% de la superficie regional.

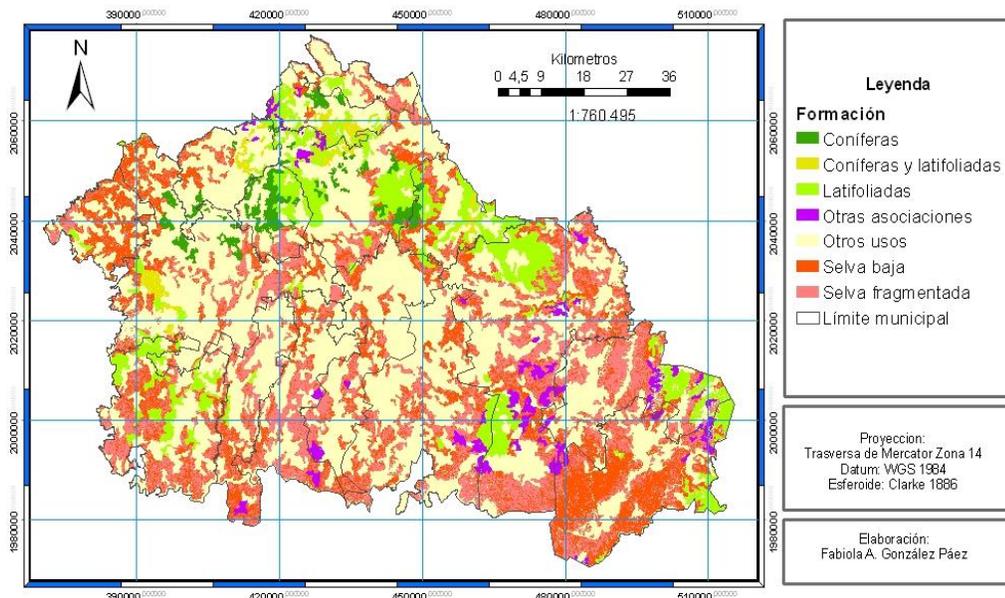


Figura 11. Formaciones forestales de la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado a partir de la carta de Uso de Suelo y Vegetación

Cuadro 13. Superficie por formaciones forestales de la Zona Norte del estado de Guerrero.
Fuente: Elaboración a partir de la carta de Uso de Suelo y Vegetación

Formación	Área (ha)	Área (%)
Otros usos	400,570.71	46.61
Selva fragmentada	184,717.26	21.49
Selva baja	146,301.87	17.02
Latifoliadas	82,174.32	9.56
Otras asociaciones	19,219.70	2.24
Coníferas	16,877.61	1.96
Coníferas y latifoliadas	9,573.73	1.11
Total	859.435,19	100,00

III.1.10. Usos de la vegetación

Las especies para las cuales existe un manejo forestal legal son del género *Quercus* debido a que representan el recurso forestal maderable más abundante y se cosecha principalmente para la fabricación de carbón. Las coníferas, tienen una extensión tan reducida que hasta la fecha no ha surgido interés por su cultivo y aprovechamiento legal comercial a pesar de que de forma ilegal se explotan para la elaboración de muebles típicos de la región a base de táscate o *Juniperus flaccida*. Por otro lado dentro de la región del norte de Guerrero, la palma *Brahea dulcis*, se utiliza en la elaboración de artesanías principalmente sombreros y petates y para construir techos. Representa el producto forestal no maderable más importante de la región y para el cual existen programas de manejo.

Las especies con utilidad comercial son las cortezas medicinales (cuachalalate, *Amphyterigium adstringens*; paraca, *Senna skinneri*); frutos (nanche, *Brysonima crassifolia*; guachocote, *Malphigia mexicana*; y ciruela, (*Spondias mombin*); semillas (pochote, *Ceiba aesculifolia*), y hierbas comestibles (chipiles, *Crotalaria pumila*).

Por otro lado las especies vegetales se usan también con fines religiosos, medicinales o como utensilios para el hogar o el trabajo, algunos ejemplos del primer caso (religioso) son las especies de la familia Burseraceae y del género *Bursera*, como *Bursera bippinata* y *B. copallifera* y para elaborar utensilios son: *Crescentia cujete* (Cirián) y *Crescentia alata* (Cadili).

III.1.11. Unidades mesoclimáticas

Meza y López (1997), han clasificado la vertiente del Río Balsas hacia la Sierra de Taxco en los límites estatales en el norte de la región, en 4 unidades mesoclimáticas, es decir un clima intermedio entre el microclima y el macroclima, para explicar las relaciones entre factores climáticos y el tipo de vegetación presente.

a) Unidad muy cálida semiseca

A partir del Río Balsas a una altura de entre 200 y 600 msnm sobre la Sierra de Taxco, existe una temperatura mayor a 26°C, incluso de 28°C, con una precipitación total anual muy variable, de 600 a 900 mm aunque puede llegar a los 1,100 mm en las partes más altas. En esta unidad predomina el bosque tropical caducifolio que se extiende desde las partes más bajas de la depresión del Balsas y asciende hasta la Sierra de Taxco, existen pequeñas porciones de bosques de *Quercus* en las partes más altas colindantes con la siguiente unidad.

b) Unidad cálido subhúmeda

Se ubica desde los 600 hasta los 1,300 m, con una temperatura media anual de 22°C a 26°C y precipitación total anual de 900 a 1,100 mm. En este estrato, el bosque tropical caducifolio predomina, sin embargo existen pequeñas áreas de bosque de *Quercus*, ya que esta altura permite el establecimiento de estas comunidades vegetales. Esta unidad tiene la misma composición florística que la unidad muy cálida.

c) Unidad semicálida húmeda

Se extiende desde los 1,300 hasta los 2000 msnm, presenta una temperatura media anual de 18 a 22°C, con un rango de precipitación media anual de 1,100 hasta los 1,500 mm. En esta unidad predominan los bosques de *Quercus*, destacando en extensión las comunidades presentes en las estribaciones de la parte suroeste de la Sierra de Taxco.

d) Unidad templada húmeda

Se extiende desde los 2,000 hasta más de 2,500 msnm, con temperatura media anual entre 15 y 18°C y precipitación total anual de 1,100 a 1,500mm. La unidad templada comprende las partes más altas de las sierras, en donde además de los bosque de *Quercus*, existen pequeñas superficies de bosque de coníferas, principalmente *Pinus*. La composición florística no varía mucho de la anterior, sin embargo como especies representativas de esta zona se puede mencionar a *Quercus laurina* y *Juniperus flaccida*.

III.2. Determinación del Potencial Natural Forestal

Se consideraron los bosques templados como objetivo del presente estudio, las comunidades de bosque de *Pinus*, de *Quercus*, de *Quercus-Pinus* y de *Juniperus* debido a que son las que tienen mayores posibilidades para ser objeto de aprovechamientos forestales maderables convencionales.

Se utilizó la metodología desarrollada por Martínez y Pinedo (2007) para determinar el Potencial Natural Forestal en la Unidad de Manejo Forestal Guanaceví en el Estado de Durango, en donde existen 127 programas de manejo forestal maderable que representan 216,147 ha bajo manejo, ante la ausencia de datos en la Zona Norte del Estado de Guerrero, debido a que existen solamente ocho programas de manejo forestal maderable, registrados hasta el 2008, todos están enfocados al aprovechamiento del género *Quercus* asociado a otras latifoliadas, razón por la que no existen datos suficientes para analizar estadísticamente el comportamiento de indicadores como el Incremento Medio Anual (IMA) o el Incremento Corriente Anual (ICA) en relación a los factores ambientales..

De acuerdo a la metodología para determinar el potencial natural que realizaron Martínez y Pinedo (2007), los siguientes factores ambientales y sus indicadores principales son los que influyen en la presencia y desarrollo de las comunidades forestales:

1. *-Relieve*: pendiente, exposición, disección vertical y disección horizontal

2. -*Suelos*: tipo de suelo, textura y fase física
3. -*Clima*: precipitación, temperaturas: media, máxima y mínima

El análisis multicriterio se utilizó, clasificando los factores ambientales principales, (relieve, suelos y clima) y los indicadores que se consideran dentro de cada uno, en rangos cuando se trata de valores continuos y asignando un valor de potencial de acuerdo a la descripción de los rangos o de las categoría del indicador, todo esto siempre en relación a su influencia en el desarrollo de las comunidades forestales, asignando después a cada indicador y elemento ambiental valores ponderados para su análisis integral.

Los indicadores que integran cada elementos ambiental, se clasificaron de acuerdo al valor de su potencial en alto, medio y bajo. A estas categorías se les asigno un valor numérico para el análisis en el software Arcgis 9.2; 3 (alto), 2 (medio) y 1 (bajo).

Los rangos y los valores de potencial para el caso del relieve fueron asignados basados totalmente en la metodología de Martínez y Pinedo (2007), mientras que para los indicadores relacionados al suelo, se modificaron de la propuesta de dichos autores mediante revisión bibliográfica para adecuarlos a las condiciones de la zona de estudio. Por otro lado los indicadores relacionados al clima, se reclasificaron en base a la revisión bibliográfica sobre su influencia en la distribución de las comunidades vegetales en la zona de estudio y su relación actual con la distribución espacial, mediante el análisis de cartas climáticas y de Uso de Suelo y Vegetación. También para adecuarlos a los insumos existentes. Para el procesamiento en el programa Arcgis 9.2, se tomaron

íntegramente de la metodología original, los valores ponderados para cada indicador y factor ambiental a fin de generar una sobreposición ponderada de cartas temáticas para obtener el mapa de potencial natural, el cual muestra espacialmente la distribución de las áreas con potencial natural forestal en tres clases: alto, medio y bajo.

III.2.1. Relieve

Para obtener las zonas que tienen condiciones óptimas en cuanto al relieve, se obtuvieron los indicadores: disección horizontal (densidad de drenaje por km²), disección vertical (diferencia entre la altitud mínima y máxima por cada km²), el ángulo de la pendiente y la exposición del terreno, obtenidos a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT). Todos estos indicadores se clasificaron en base a los criterios, categorías y valores propuestos por Martínez y Pinedo (2007).

El ángulo de la pendiente y la exposición de esta, se obtuvo directamente a partir del procesamiento del MDT, en el programa Arcgis 9.2, para después agruparse en rangos a los cuales se les asignó un valor de potencial (Cuadros 14 y 15).

Cuadro 14. Potencial natural por rangos de pendiente. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)

Descripción	Inclinación	Potencial
Bajo potencial natural forestal, alto potencial erosivo. Recomendable para zonas de conservación y protección. No apto para el aprovechamiento de recursos forestales maderables.	Mayor de 45°	Bajo
Fuertes problemas de erosión, dificultades severas para mecanizar el aprovechamiento forestal. Este rango representa el grado máximo de inclinación del terreno en el que es permisible el aprovechamiento de recursos forestales maderables.	30 a 45°	Bajo
Dificultades severas para mecanización, no aptas para realizar plantaciones forestales. En ausencia de cobertura vegetal presenta altos problemas de erosividad.	25 a 30°	Medio
Fuertes problemas erosivos en ausencia de cobertura vegetal. Dificultad menor de mecanización en el proceso de extracción de madera. Rango máximo para realizar plantaciones forestales comerciales.	10 a 25°	Medio
Comienzan a manifestarse procesos erosivos en pendientes. Alto potencial de producción forestal. Problemas erosivos con baja cobertura. Dificultades menores para mecanizar el proceso de manejo.	3 a 10°	Alto
Inundaciones ocasionales. Favorable cuando ocupan zonas elevadas o mesetas. Alto potencial para establecer plantaciones forestales.	0.5 a 3°	Alto
Pueden ocurrir inundaciones en terrenos ondulados con depresiones. Favorable cuando ocupan zonas elevadas o mesetas. Potencial medio para la producción forestal, causado por riesgos de inundación.	Menor de 0.5°	Medio

Cuadro 15. Potencial natural por exposición. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)

Descripción	Exposición	Potencial
Áreas con menor incidencia de radiación solar, evaporación moderada, mayor cubierta vegetal, más aptas para establecer especies forestales.	Norte franco y Zenital (315 a 45°)	Alto
Áreas con mayor exposición temporal a la radiación solar, los niveles de evaporación son mayores, en estas laderas crecen especies intolerantes. Existe menor retención de humedad y se torna difícil el desarrollo de especies forestales.	Sur (135 a 225°)	Bajo
Áreas con radiación solar media, superficies con evaporación de media a alta en laderas, la retención de humedad es menor que en la exposición norte pero mayor que en la sur.	Este (45 a 145°)	Medio
Áreas con radiación solar moderada, la evaporación es más baja que en las exposiciones sur y este por lo que los bosques prosperan con mayor eficiencia productiva.	Oeste (225 a 315°)	Medio

La disección vertical, se genero a partir del MDT, sobrepuesto a una malla formada por unidades de 1km^2 , obteniendo la cota mínima y la máxima en cada unidad, para obtener la diferencia entre dichas cotas lo que se expresa en m/km^2 Después se reclasificaron estos valores en los rangos que marca el Cuadro 16, asignando a cada uno un valor de potencial natural.

Cuadro 16. Potencial natural por rangos de Disección Vertical. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)

Descripción	Disección Potencial m/km^2	
Sin inundación en zonas elevada o mesetas. Inundaciones en terrenos ondulados bajos, potencial alto para realizar plantaciones forestales. En ocasiones requiere de obras de drenaje para establecer plantaciones.	Menor de 2.5	Alto
Área optima para la productividad de un bosque con manejo, sin problemas erosivos fuertes en presencia de cobertura vegetal, no inundables. Sin problemas para mecanizar en el proceso de manejo.	2.5 a 20	Alto
Potencial natural forestal alto, se empiezan a manifestar problemas erosivos en ausencia de cobertura; en sistemas con manejo pueden requerir técnicas antierosivas. Limitación de baja a moderada para la mecanización.	20 a 40	Alto
Incremento del proceso erosivo en ausencia de cobertura. Dificultad moderada para mecanizar el proceso de manejo del bosque.	40 a 60	Medio
Fuerte proceso erosivo en ausencia de cobertura. Dificultad moderada a severa para mecanizar el proceso de manejo, potencial de mediano a bajo en plantaciones forestales comerciales.	60 a 100	Medio
Fuertes procesos erosivos con baja cobertura. Dificultad severa para mecanizar, máximo rango de aprovechamiento forestal maderable.	100 a 200	Medio
Problema severo de erosión en ausencia de cobertura, problema severo en mecanizar el proceso de manejo forestal.	Mayor de 200	Bajo

La disección horizontal, se refiere a la densidad de la red de drenaje expresado en km/k^2 . Se obtuvo mediante la división de la red de drenaje que se ilustra en la carta hidrológica escala: 1:50,000 a través de una malla de unidades de 1 km^2 , y obteniendo la longitud total de las corrientes de agua tanto permanentes como perennes por cada unidad. Después se reclasificaron en rangos, a los cuales se les asignaron valores de potencial natural de acuerdo al Cuadro 17.

Cuadro 17. Potencial natural por rangos de Disección Horizontal. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)

Descripción	Disección km/km ²	Potencial
Problemas de inundación en zonas bajas con depresiones. Favorable cuando ocupa zonas elevadas o mesetas. Es posible establecer plantaciones forestales. En ocasiones requiere de obras de drenaje. Bajo o nulo problema erosivo.	Menor a 0.3	Alto
Bajo problema de erosión, propicio para realizar plantaciones forestales. No existen problemas de mecanización. Sin problemas erosivos.	0.3 a 2	Alto
Inician problemas erosivos con baja cobertura de copa. Es necesario el control de cañadas y ríos para disminuir la erosión. En plantaciones forestales, requiere técnicas antierosivas. Limitante para realizar prácticas mecánicas en el suelo.	2 a 3	Medio
Alto riesgo de erosión con baja cobertura de copa. Mecanización forestal con problemas de moderados a severos. Se recomienda control de cañadas.	3 a 4	Medio
Alto riesgo de erosión. Terrenos con moderada a alta red de drenaje. Dificultad de moderada a severa para el proceso de manejo forestal.	4 a 6	Medio
Erosiones severas en arroyos y cañadas desprotegidas. Problemas severos en mecanización.	Mayor de 6	Bajo

III.2.2. Suelos

En base a la carta “Edafología” (CONABIO, INIFAP, 1995), se obtuvieron los tipos de suelos presentes en la zona de estudio, sin embargo a falta de información sobre productividad forestal, que pudiera servir para relacionar la productividad de los bosques y el tipo de suelo, se consideró el valor de potencial natural de los suelos asignado por Martínez y Pinedo (2007), en donde si se realizó un análisis estadístico para el caso de Guanaceví, y para aquellos suelos que no tienen un valor de potencial previo, se les asignó un valor en base a la revisión bibliográfica de las características de cada tipo de suelos (Cuadro 18). Debido a que se complementaron los datos necesarios en base al análisis teórico de los suelos, se describen algunas características de interés que se consideraron para complementar los datos obtenidos por Martínez y Pinedo (2007).

Cuadro 18. Potencial natural por tipos de suelo. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2007)

Tipo de suelo INEGI, 1995	Potencial
Andosol	Alto
Cambisol	Alto
Kastañozem	Alto
Feozem	Alto
Luvisol	Alto
Fluvisol	Bajo
Regosol	Bajo
Litosol	Bajo
Rendzina	Bajo
Vertisol	Medio

Considerando que las características más importantes para la producción forestal son muy relacionadas a la capacidad de este suelo para propiciar el adecuado desarrollo del sistema radicular, entre las que destacan: la capacidad de retención de humedad y drenaje, espesor efectivo para el desarrollo de las raíces y grado de pedregosidad (Ortiz-Villanueva, 1990). Se describen las siguientes características de cada suelo tomadas principalmente de la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, (FAO, 2007):

1. *Andosoles*. Tienen una gran acumulación de complejos órgano-minerales estables o minerales de bajo grado de ordenamiento. Tienen un alto potencial para la producción agrícola, ya que son ligeros y fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento, además tienen alta capacidad de retención de agua y buena conductividad hidráulica. Aquellos fuertemente hidratados son difíciles de labrar por su baja capacidad de carga y adhesividad. Uno de los principales problemas es que presentan fuerte fijación de fosfato.

2. *Fluvisol*. Suelos genéticamente jóvenes, en depósitos aluviales, muchos de los cuales, bajo condiciones naturales, se inundan periódicamente. Los rasgos redoximórficos son comunes, en particular en la parte inferior del perfil.
3. *Kastañozem*. Suelos pardo oscuro ricos en materia orgánica, potencialmente ricos; la falta periódica de humedad del suelo es el obstáculo principal para alcanzar altos rendimientos. La erosión hídrica y eólica son un problema en estos suelos, especialmente en tierras en descanso.
4. *Vertisoles* Son suelos muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles, cuya fertilidad química es comparativamente buena. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan. La textura pesada y el predominio de minerales de arcilla expandibles resulta en rango de humedad del suelo restringido entre stress hídrico y exceso de agua lo que resulta en dificultades en el manejo del agua. La susceptibilidad al anegamiento puede ser el único factor importante que reduce el período de crecimiento real. Los cultivos forestales generalmente son menos exitosos porque las raíces de los árboles encuentran difícil establecerse en el subsuelo y se dañan cuando el suelo se expande y se contrae.
5. *Cambisoles*. Suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonatos. El material parental es de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas. Se caracterizan por meteorización

ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Generalmente constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente. Cuando tienen alta saturación con bases en la zona templada están entre los suelos más productivos de la tierra, aunque aquellos más ácidos, son menos fértiles.

6. *Luvisoles*. Suelos con una diferenciación pedogenética de arcilla (especialmente migración) entre un suelo superficial con menor y un subsuelo con mayor contenido de arcilla de alta actividad y una alta saturación con bases. La mayoría son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. En pendientes fuertes requieren medidas de control de la erosión. Los horizontes eluviales, en algunos casos están tan empobrecidos que se forma una estructura laminar desfavorable. En algunos lugares, el subsuelo denso ocasiona condiciones reductoras temporales con un patrón de color stágnico.
7. *Feozem*. Son muy parecidos a Chernozems y Kastañozems pero están más intensamente lixiviados, por lo que tienen un horizonte superficial oscuro, rico en humus menos ricos en bases. Son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas. El principal problema es la sequía periódica y la erosión eólica e hídrica.
8. *Leptosoles*. Tienen roca continúa en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosol, pero pueden transformarse en cultivables a través del adecuado uso de

terrazas. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos Leptosoles pueden causar sequía aún en ambientes húmedos.

9. *Regosoles*. Son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados de grano fino, que a diferencia de los leptosoles, no son muy someros ni muy ricos en gravas. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo, que puede ser debido a la aridez. La baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de agua de riego. En regiones montañosas son delicados y es mejor dejarlos bajo bosque, debido a su baja coherencia estructural

El segundo indicador dentro de los suelos es el de textura, que de acuerdo al Diccionario de Datos Edafológicos 1:250,000 (INEGI, 1997), se define: “Categoría de la unidad de suelo dominante, establecida en función de la proporción de arcilla, limo y arena” y describe los valores de cada categoría:

1. Gruesa: Menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena.
2. Media: Menos del 35% de arcilla y menos del 65% de arena.
3. Fina: Más del 35% de arcilla.

La textura afecta características, químicas, físicas y biológicas. Los suelos con textura fina o una mayor proporción de arcillas, tienen mayor superficie activa y por tanto

mayor capacidad de absorción de nutrientes y de agua pero pueden presentar serios problemas de drenaje. Por otro lado los suelos arenosos tienen poros más grandes y permiten la infiltración más rápida del agua y conforme el agua es drenada, permiten la entrada de aire. Lo ideal es un balance entre los microporos que se generan entre las arcillas y los macroporos generados entre las arenas para un balance óptimo entre el contenido de agua y de aire.

Cada unidad edafológica en la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995), tiene asignada una categoría de textura, que sirvió de base para después reclasificar en base al valor de su potencial de acuerdo al trabajo de Martínez y Pinedo (2007) (Cuadro 19).

Cuadro 19. Potencial por tipo de textura. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2008)

Textura	Potencial
Gruesa	Bajo
Media	Alto
Fina	Alto

Para los tipos de fase física, las características propias de cada tipo se describen en el Diccionario de Datos Edafológicos (INEGI, 1997). La fase física se define como: “Característica del suelo definida de acuerdo con la presencia y abundancia de elementos sólidos de grava, piedra, o capas fuertemente cementadas que impiden o limitan el uso agrícola del suelo. Se presentan a profundidades variables, siempre menores a 100 cm” y las categorías que se encontraron son:

1. Gravosa: Suelo con muchas gravas a menos de 100 cm de profundidad y que limita o impide el uso de maquinaria agrícola. Las gravas miden de 0.2 a 7.5 cm en su parte más ancha.
2. Lítica: Suelo con roca continúa dentro de los 50 cm de profundidad.
3. Lítica profunda: Suelo con roca continúa entre 50 y 100 cm de profundidad.
4. Pedregosa: Abundancia de piedras sobre la superficie y/o dentro de las capas subsuperficiales del suelo. Las piedras miden de 7.5 a 25 cm en su parte más ancha, es decir, son mucho más grandes que las gravas.
5. Petrocálcica: Capa subsuperficial fuertemente cementada por carbonato de calcio y magnesio dentro de los 50 cm de profundidad.

De estas características descritas, que sirvieron para modificar la clasificación de Martínez y Pinedo (2007), se obtuvo la relación del tipo de fase física con el potencial natural (Cuadro 20), principalmente de acuerdo a las dificultades y ventajas que representan para el adecuado desarrollo del sistema radicular de las especies forestales, en aquellos tipos de fase lítica de la que no se tienen datos de potencial natural, en base a la revisión de otras fuentes.

Cuadro 20. Potencial por tipo de fase física. Fuente: Modificado de Martínez y Pinedo (2007)

Fase Física	Potencial
Lítica	Bajo
Pedregosa	Bajo
Petrocálcica	Bajo
Gravosa	Medio
No aplica (Litosol)	Bajo
Sin valor	Alto
Lítica profunda	Alto

III.2.3. Clima

Considerando que las comunidades forestales que tienen potencial de aprovechamiento forestal en la zona de estudio son principalmente el bosque de *Quercus* y los bosques de coníferas (*Pinus* y *Juniperus*) y sus respectivas asociaciones, se definió que la zona de mayor productividad forestal maderable, se ubican en las zonas donde prosperaran tanto bosque de coníferas como bosques de *Quercus*.

Basados en la clasificación de Unidades Mesoclimáticas propuestas por Meza y López (1997) (Cuadro 23), donde relaciona la distribución de dichas comunidades con la altitud, la temperatura promedio y precipitación anual, se consideró a la unidad templada húmeda como aquella con mayor potencial y a la unidad semicálida húmeda y cálida subhúmeda como de potencial medio, mientras que la cálida semiseca se considero de potencial bajo; sin embargo para todos los factores climáticos considerados en la metodología propuesta por Martínez y Pinedo (2007), se realizó una adecuación considerando la distribución espacial de las comunidades forestales, con base a la carta de uso de suelo y vegetación y las características de las cartas temáticas de la zona de

estudio, para definir los rangos de los valores de los factores climáticos tomando como base los descritos para cada unidad mesoclimática (Cuadro 21), considerando que esta se realizó en una parte representativa de la zona de estudio.

Cuadro 21. Unidades mesoclimáticas. Fuente: Elaboración a partir de la propuesta de Meza y López (1997)

Unidad	Altitud msnm	Temperatura °C	Precipitación mm	Principales Comunidades
Templada húmeda	2,000 a 2,500	15 a 18	1,100 a 1,500	Bosque de <i>Juniperus</i> , <i>Quercus</i> y <i>Pinus</i> y sus asociaciones
Semicálida húmeda	1,300 a 2,000	18 a 22	1,100 a 1,500	Bosque de <i>Quercus</i>
Cálida subhúmeda	600 a 1,300	22 a 26	900 a 1,100	Selva Caducifolia y manchones de Bosque de <i>Quercus</i>
Cálida semiseca	200 a 600	26 a 28	600 a 800	Selva Baja Caducifolia

Cuadro 22. Potencial por elementos del clima. Fuente: Elaboración a partir de las cartas temáticas respectivas y la carta de uso de suelo y vegetación

Temperatura mínima promedio °C	Potencial
De 16 a 18	Bajo
De 12 a 16	Medio
De 8 a 12	Alto
Temperatura máxima promedio °C	
De 36 o más	Bajo
De 32 a 36	Medio
De 26 a 32	Alto
Temperatura media anual °C	
De 24 a 28	Bajo
De 20 a 24	Medio
De 16 a 20	Alto
Precipitación mm	
De 600 a 800	Bajo
De 800 a 1200	Medio
De 1200 a 1500	Alto

Obtenidos los valores del potencial de cada indicador de los diferentes factores, se sobrepusieron las cartas de manera ponderada, en base a los valores relativos que cada factor tiene sobre el potencial natural forestal (Cuadro 23).

Cuadro 23. Matriz de valoración espacial de los indicadores. Fuente: Martínez y Pinedo (2007)

Factor	Valor relativo del factor	Indicador	Valor espacial
Relieve	50	Disección vertical	30
		Disección horizontal	10
		Angulo de la pendiente	40
		Exposición	20
			100
Suelo	30	Tipo de suelo	50
		Textura	30
		Fase física	20
			100
Clima	20	Precipitación	20
		Temperatura media	20
		Temperatura mínima	30
		Temperatura máxima	30
	100		
100			

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. Indicadores del relieve

IV.1.1. Pendiente del terreno

De acuerdo al análisis del mapa de la pendiente del terreno, derivado del procesamiento del MDT, 52.95% de la zona de estudio (Cuadro 24), presenta una inclinación de entre 10° y 25°, que de acuerdo a los criterios de clasificación (Cuadro 14), puede influir negativamente en el suelo si las actividades productivas no consideran acciones de conservación de suelo. El rango entre 3° y 10° ocupa 26.32% de la superficie; y comienzan a manifestarse procesos erosivos principalmente con baja cobertura, además presenta dificultades menores para mecanizar el proceso de manejo.

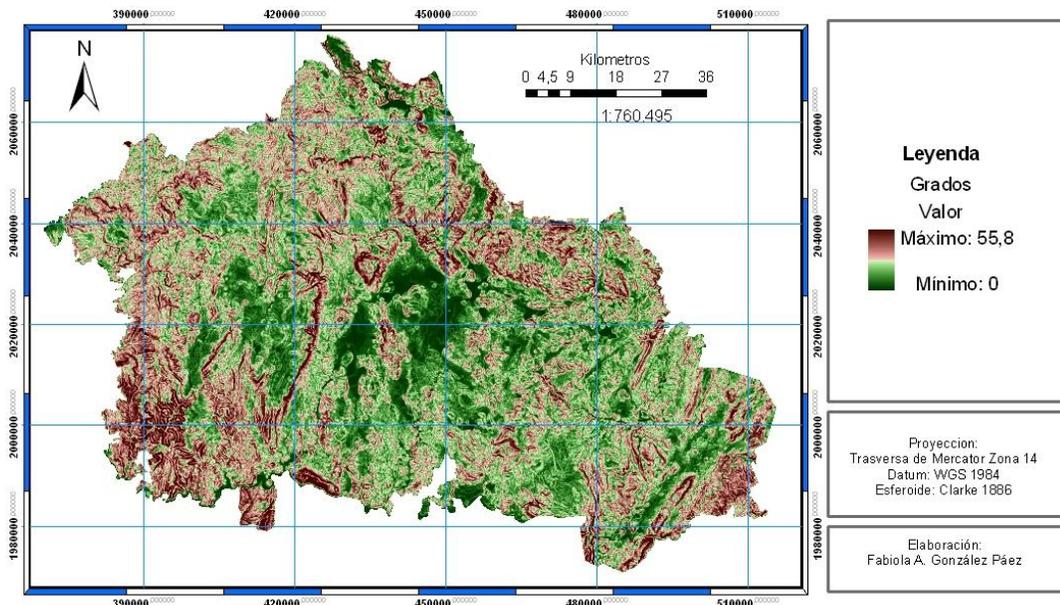


Figura 12. Pendiente del terreno en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 24. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por rangos de pendiente.

Pendiente °	Área (ha)	Área (%)
Más de 45	339.75	0.04
Menos de 0.5	18,577.57	2.16
30 – 45	36,762.08	4.28
25 – 30	56,709.50	6.60
0.5 – 3	65,771.99	7.65
3 - 10	226,245.26	26.32
10 – 25	455,103.20	52.95
Total	859,509.36	100.00

Obtenidos los valores de la pendiente, estos se reclasificaron de acuerdo al valor de potencial que indican los criterios de clasificación (Cuadro 14), de esta forma, se generó la carta de pendiente por valores de potencial (Figura 13). Aquellos clasificados como potencial medio, ocupan 61.62% de la superficie (Cuadro 25), mientras que aquellos clasificados como de potencial bajo, son los menos, pues solo ocupan el 4.25%. Lo que muestra la dominancia de las condiciones intermedias.

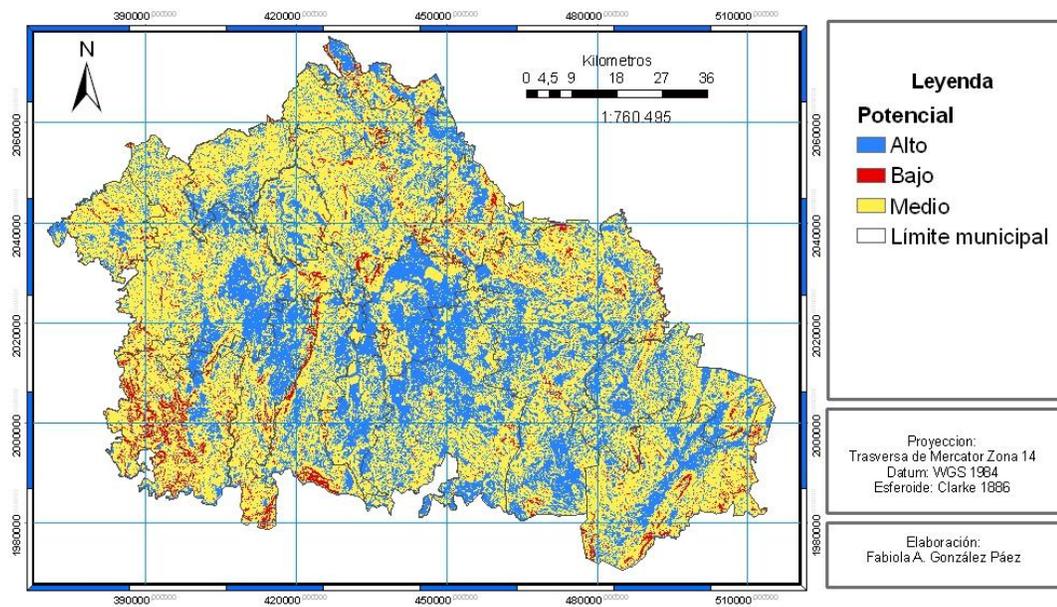


Figura 13. Pendiente del terreno por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 25. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la pendiente.

Pendiente del terreno por valor de potencial	Área (ha)	Área (%)
Bajo	36,507.71	4.25
Alto	293,406.14	34.14
Medio	529,596.70	61.62
Total	859,509.40	100.0

IV.1.2. Exposición de la pendiente

Mediante el procesamiento del mapa de pendiente del terreno, se determinó la exposición de dicha pendiente y se generó el mapa de exposición de la pendiente (Figura 14). Mediante el análisis de dicho mapa y de acuerdo a los criterios de clasificación para dicho indicador (Cuadro 15), se agrupó la exposición de la pendiente en norte, sur, este y oeste y se concluyó que las exposiciones oeste y este ocupan 26.45% y 26.56% de la superficie total de la zona de estudio respectivamente (Cuadro 26).

La exposición este, implica una evaporación de media a alta y retención de humedad intermedia entre el norte (mínima) y el sur (máxima), mientras que la exposición oeste tiene un nivel menor de evaporación que el este, sin llegar a los niveles de la exposición norte., por lo que se puede decir que ambas, de forma general, que están en un nivel intermedio de insolación y por tanto de evapotranspiración.

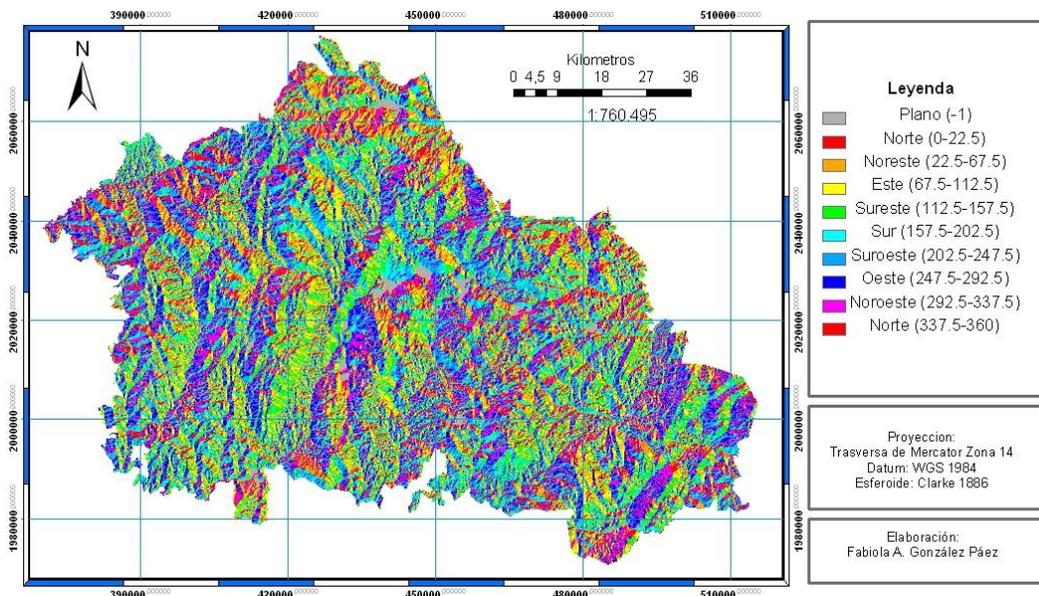


Figura 14. Exposición de la pendiente en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 26. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por rangos de exposición de la pendiente.

Exposición	Área (ha)	Área (%)
315° - 45° Norte y Zenital	190,627.65	22.18
135° - 225° Sur	213,239.23	24.81
225° - 315° Oeste	227,322.40	26.45
45° -135° Este	228,302.94	26.56
Total	859,492.24	100.00

En base a la reclasificación de la exposición de la pendiente, de acuerdo a los valores de potencial asignados en los criterios de clasificación (Cuadro 15), se obtuvo el mapa de exposición por valores de potencial (Figura 15), en donde se muestra la dominancia de el valor de potencial medio con 53.02% (Cuadro 27) de la superficie total, debido a la suma de las exposiciones oeste y este.

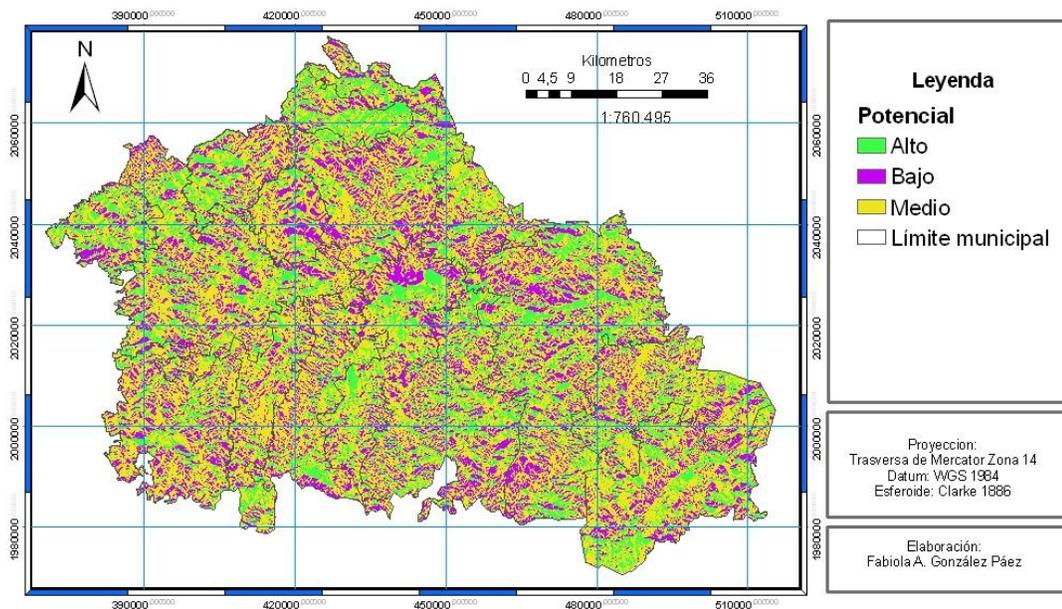


Figura 15. Exposición de la pendiente por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 27. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la exposición de la pendiente.

Exposición por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Alto	191,222.88	22.25
Bajo	212,556.04	24.73
Medio	455,716.27	53.02
Total	859,495.18	100.00

IV.1.3. Disección vertical

Para generar la carta de disección vertical (Figura 16) (la diferencia en metros entre la cota mínima y la máxima en 1 km²), se consideraron los rangos que se determina en los criterios de clasificación (Cuadro 16). Mediante el análisis de este mapa, se determinó que el rango de este indicador clasificado como: Mayor de 200 m/km² ocupa el 53.05% del territorio (Cuadro 28), que implica problemas severo de erosión en ausencia de cobertura y serias dificultades para mecanizar el proceso de manejo forestal, así como el rango de entre 100 a 200 m/km² ocupa el 34.68 %, pero tiene el máximo rango de aprovechamiento forestal maderable, de acuerdo a los criterios de clasificación.

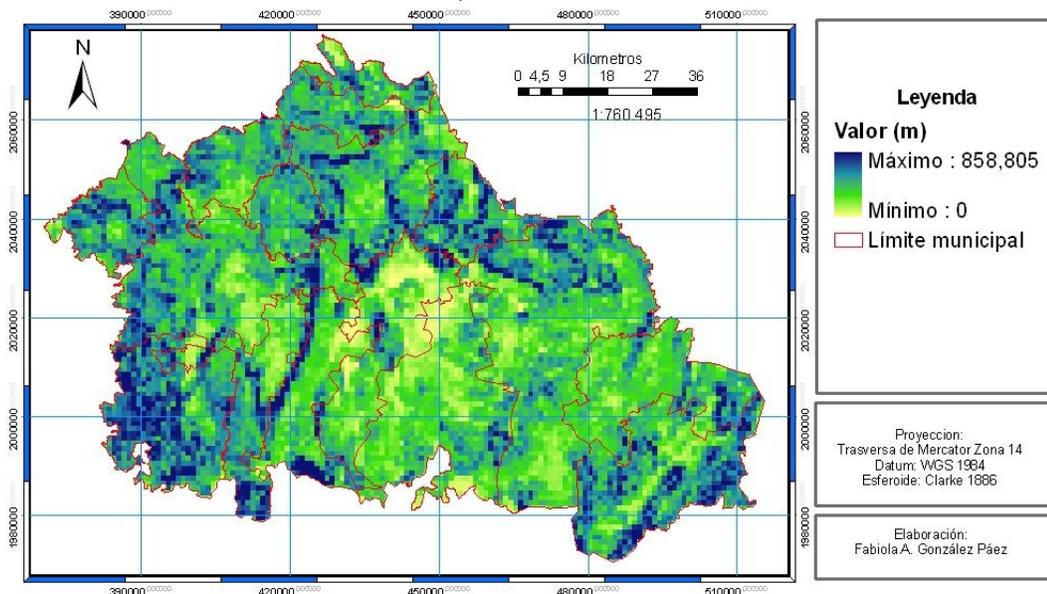


Figura 16. Disección vertical del terreno en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 28. Superficie de los rangos de disección vertical de la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Diferencia entre la cota mínima y máxima (m/km ²)	Área (ha)	Área (%)
0 a 2.5	1,114.14	0.13
2.5 a 20	5,324.77	0.62
20 a 40	12,035.76	1.40
40 a 60	20,037.22	2.33
60 a 100	66,970.03	7.79
100 a 200	298,047.75	34.68
Mayor a 200	456,014.84	53.05
Total	859.544,52	100,00

Se reclasificaron los rangos de la disección vertical de acuerdo a los valores de potencial indicados en los criterios de clasificación (Cuadro 16) y se obtuvo el mapa de disección vertical por valores de potencial (Figura 17).

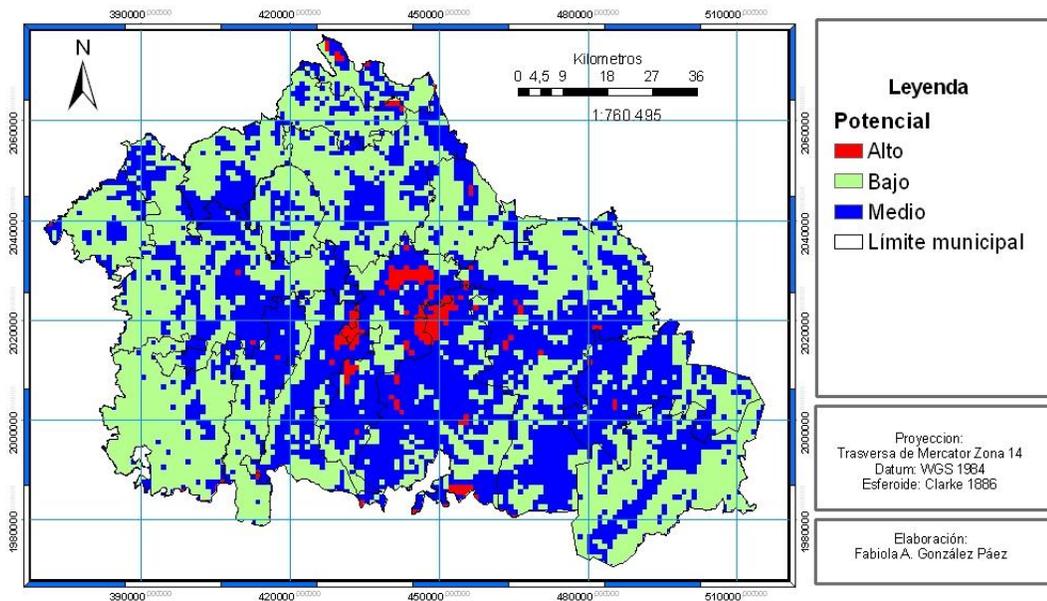


Figura 17. Disección vertical por valores de potencial natural en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

El potencial bajo con una disección vertical mayor de 200 m/km² (Cuadro 29), es el que domina en la zona de estudio con 53.05% del territorio, seguido por el potencial medio,

ubicado entre 200 y 40 m/km², el cual se presenta en el 44.80%, mientras que el potencial alto, aquel que tiene menos de 40 m/km², representa solo el 2.15%, concentrado principalmente en los valles de los municipios de Iguala, Cocula y Tepecoacuilco.

Cuadro 29. Superficie de la disección vertical por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Disección vertical por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Alto	18,474.68	2.15
Medio	385,055.00	44.80
Bajo	456,014.84	53.05
Total	859.544,52	100,00

IV.1.4. Disección horizontal

Los valores de la disección horizontal (Figura 18), que predomina con el 35.71 % de la extensión total de la superficie de la zona de estudio, es aquella que se ubica en el rango de 2 a 3 km/k² (Cuadro 30), que de acuerdo a los criterios de clasificación (Cuadro 17), comienzan a presentarse problemas de erosión si no hay suficiente cobertura vegetal y es limitante para realizar prácticas mecánicas en el suelo. Por otro lado el rango que ocupa la menor extensión, es el aquel en donde la disección horizontal es mayor a 6 km/k², en donde podrían presentarse problemas erosivos severos en cauces sin protección, además que presenta problemas severos para la mecanización.

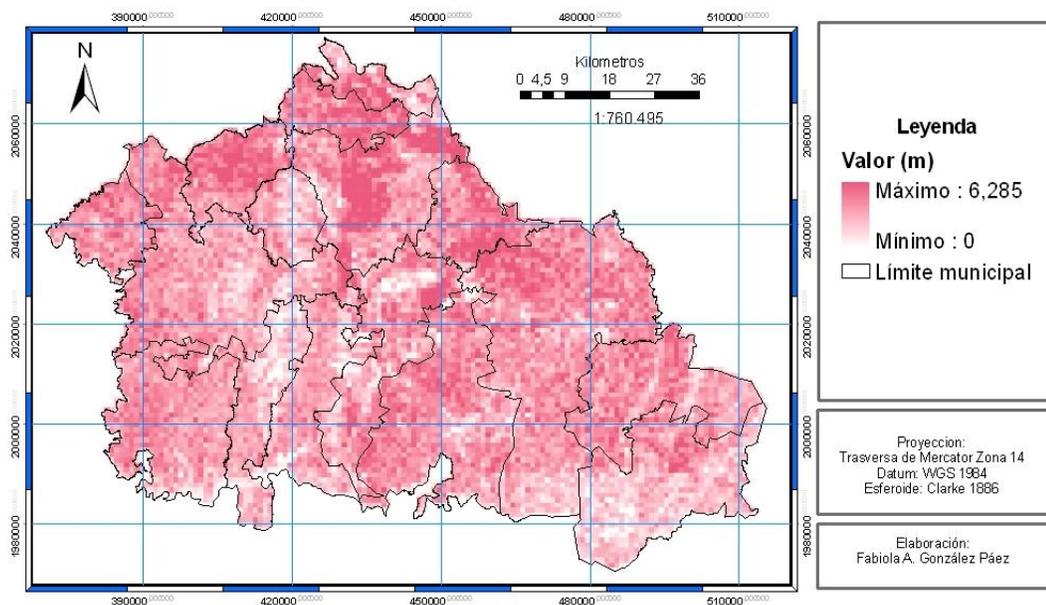


Figura 18. Disección horizontal en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 30. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de disección horizontal.

Diferencia entre la cota mínima y máxima (m/km ²)	Área (ha)	Área (%)
Mayor de 6	701.01	0.08
Menor de 0.3	19,990.55	2.33
4 a 6	74,280.41	8.64
3 a 4	191,575.69	22.29
0.3 a 2	266,062.68	30.95
2 a 3	306,939.68	35.71
Total	859,550.01	100.00

La reclasificación de los rangos de disección horizontal en base a los valores de potencial (Figura 19), de acuerdo a los criterios de clasificación (Cuadro 17), muestra que en la zona de estudio, aquellos valores clasificados con potencial medio son los más extendidos, con un 66.64% de superficie (Cuadro 31), por el contrario aquellos clasificados como de potencial bajo apenas representa un 0.08 % de la superficie total.

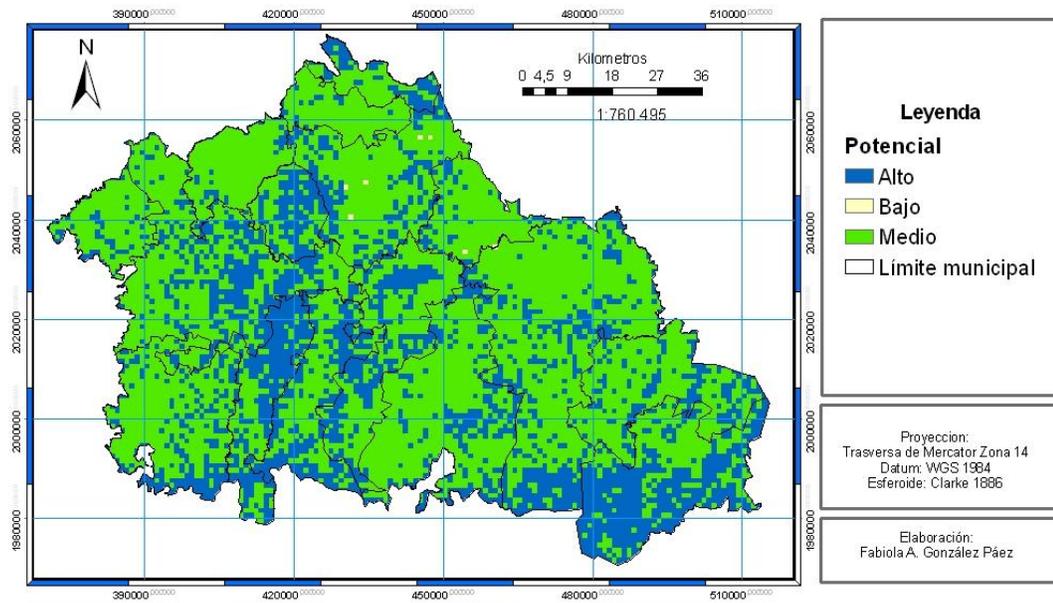


Figura 19. Disección horizontal por valores de potencial natural en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Cuadro 31. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la disección horizontal.

Disección horizontal por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Bajo	701,01	0,08
Alto	286.053,23	33,28
Medio	572.795,77	66,64
Total	859.550,01	100,00

IV.2. Indicadores del suelo

IV.2.1. Tipo de suelos

En base a la clasificación de los tipos de suelo por valor de su potencial (Cuadro 18), se obtiene la carta de tipos de suelo por valores de potencial (Figura 20), de la cual se derivó que los tipos de suelo que tienen un potencial bajo, que son los Litosoles, Rendzinas, Regosoles y Fluvisoles, ocupan la mayor parte de la zona de estudio con el

70.61% de la superficie (Cuadro 32), mientras que los de potencial medio, son los que ocupan menor superficie con el 2.41% del territorio, son solamente los Vertisoles. Existe una falta de información debido principalmente al Río Balsas y algunos cuerpos de agua permanentes, lo que significa el 1.54% de la superficie.

Cuadro 32. Superficie por tipo de suelo por valores de potencial del tipo de suelo.

Tipo de suelo por valor de potencial	Área (ha)	Área (%)
Cuerpo de agua	13, 245.24	1.54
Medio	20, 694.81	2.41
Alto	218, 655.76	25.44
Bajo	606, 979.25	70.61
Total	859,575.06	100.00

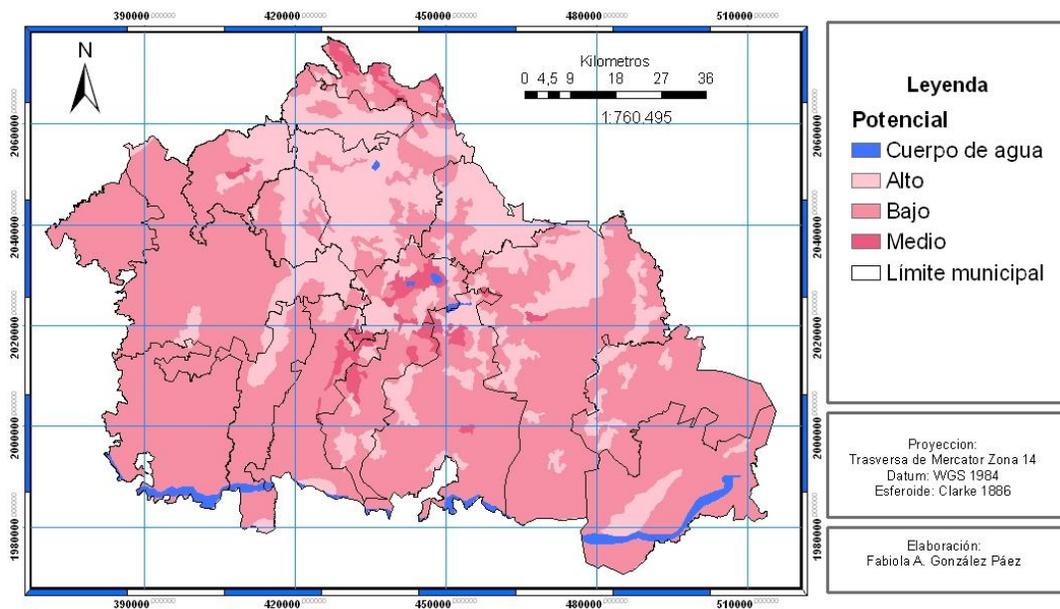


Figura 20. Tipos de suelo por valores de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

IV.2.2. Textura

Los suelos de la zona de estudio, de acuerdo a la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995) (Figura 21), son principalmente de textura media con el 81.69 % de la superficie total (Cuadro 33). Son clasificados con un potencial alto de acuerdo a los criterios de clasificación (Cuadro 19) y en conjunto con los suelos de textura fina que también son de potencial alto (14.94%), representan el 96.63% de la zona de estudio.

Cuadro 33. Superficie de la Zona Norte por valor de potencial de la textura.

Textura	Valor de potencial	Área (ha)	Área (%)
Cuerpo de agua		13,233.64	1.54
Gruesa	Bajo	15,800.93	1.84
Fina	Alto	128,395.44	14.94
Media	Alto	702,155.05	81.69
Total		859,585.06	100.00

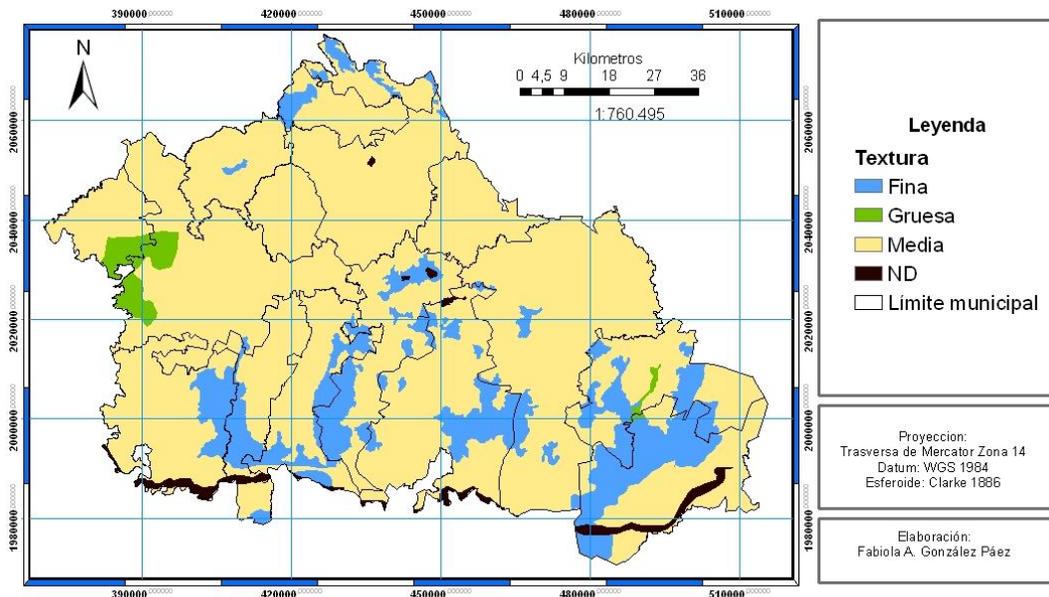


Figura 21. Textura de los suelos en la Zona Norte del Estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995)

Existen suelos que no se tienen datos concretos de textura y representan el 1.54 % de la superficie (Figura 22) ubicados sobre cuerpos de agua permanentes.

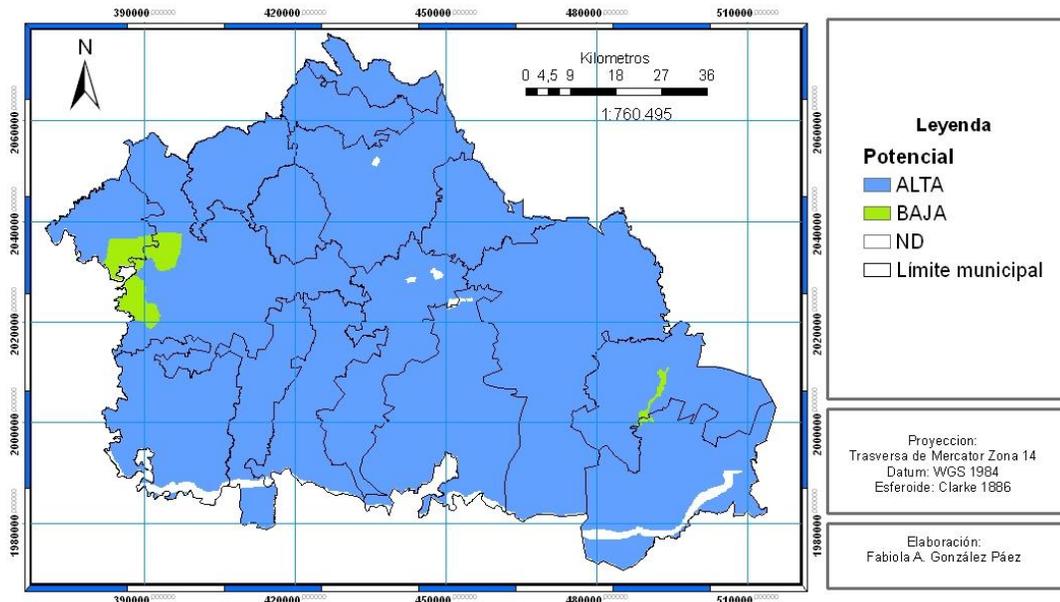


Figura 22. Textura de los suelos por valor de potencial en la Zona Norte del Estado de Guerrero.

IV.2.3. Fase física

La fase física de cada unidad edafológica (Figura 23) se obtuvo de la descripción de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995). La fase física lítica es la más importante, debido a aquellos suelos que la presentan son suelos con roca continúa dentro de los 50 cm de profundidad, lo cual representa una barrera física importante al adecuado desarrollo de las raíces de los árboles. Este tipo de fase, ocupa el 63.41% de la superficie total de la zona de estudio (Cuadro 34).

Es importante mencionar que en el 26.32 % de la superficie no se tienen datos precisos sobre este componente, lo que significa que en caso de tratarse de un Litosol no aplica, mientras que en los demás casos carece de valor.

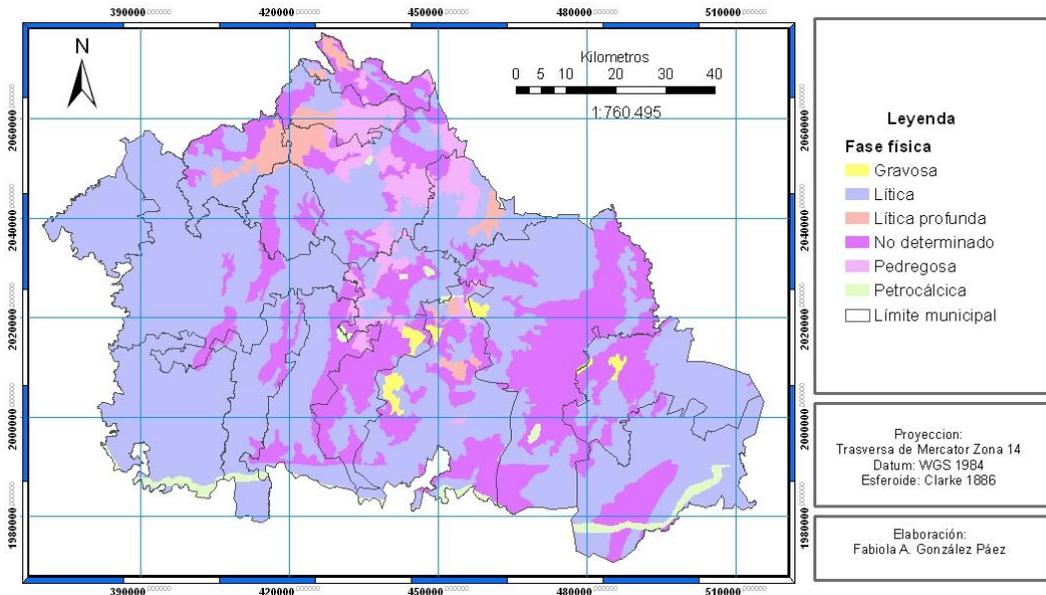


Figura 23. Fase física de los suelos en la Zona Norte del estado de Guerrero. Fuente: Modificado de la carta “Edafología” (INIFAP, CONABIO, 1995)

Cuadro 34. Superficie de los tipos de fase física de los suelos. Fuente: Mapa de fase física de la Zona Norte del Estado de Guerrero.

Fase física	Área (ha)	Área (%)
Gravosa	6,788.83	0.79
Petrocálcica	14,595.54	1.70
Lítica profunda	22,999.14	2.68
Pedregosa	43,903.18	5.11
Sin valor	45,740.92	5.32
No aplica (Litosol)	180,504.69	21.00
Lítica	545,042.76	63.41
Total	859,575.06	100.00

Una vez reclasificados por el valor de potencial que se le asigna a cada tipo de fase física (Cuadro 20), se obtiene la carta de fase física por valor de potencial (Figura 24).

Aquellos clasificados como de potencial bajo ocupan el 91.21% de la superficie de la zona de estudio, debido principalmente a la abundancia de suelos con fase física lítica (Cuadro 35). Los tipos de fase física clasificados como de potencial alto ocupan solo el 8.00% de la zona de estudio y principalmente Lítica profunda.

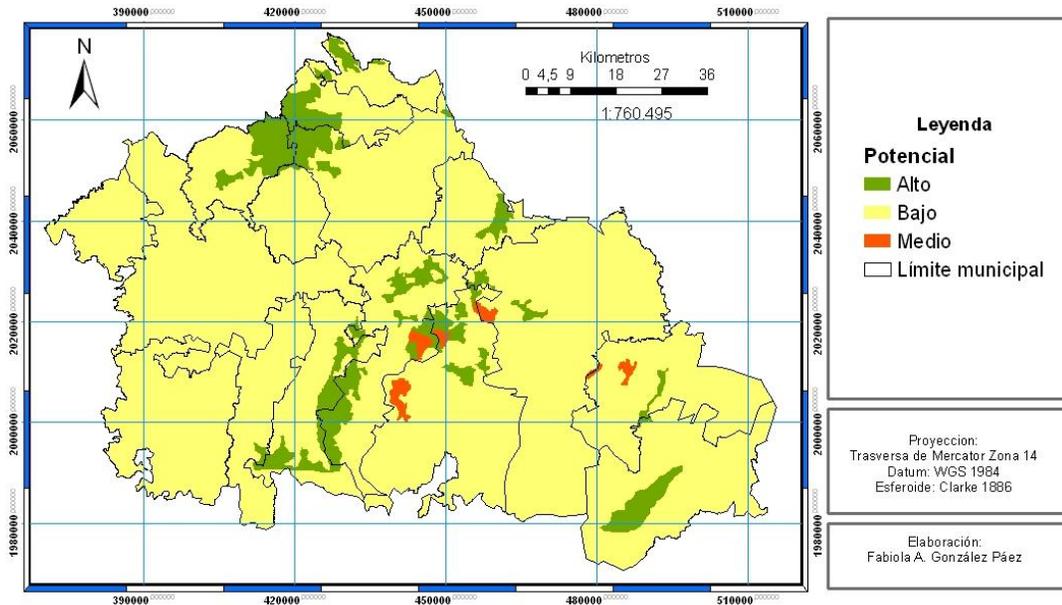


Figura 24. Fase física por valor de potencial.

Cuadro 35. Superficie de la Zona Norte por valor de potencial de los tipos de fase física.

Fase física por valor de potencial	Área (ha)	Área (%)
Medio	6,788.83	0.79
Alto	68,740.05	8.00
Bajo	784,046.17	91.21
Total	859,575.06	100.00

IV.3. Indicadores del clima

IV.3.1. Temperatura media

Sustituyendo los valores de temperatura media anual en la zona de estudio (Figura 25), por los de potencial natural (Cuadro 22), se obtuvo que los rangos de temperatura con el valor de potencial natural bajo, abarcan el 48.09% de la región (Cuadro 36) y de potencial alto, se encuentran en la Sierra de Taxco y representan solo el 5.56%.

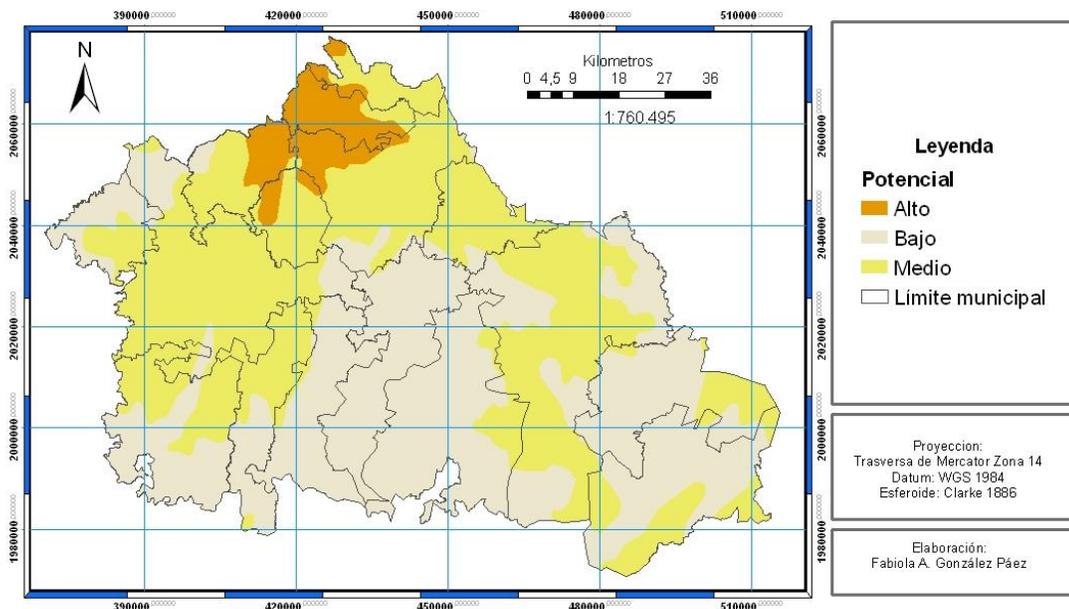


Figura 25. Temperatura media anual por valores de potencial.

Cuadro 36. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la temperatura media anual.

Temperatura media por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Alto	47,817.45	5.56
Medio	398,424.66	46.35
Bajo	413,340.39	48.09
Total	859,582.51	100.00

IV.3.2. Temperatura máxima

De acuerdo a la reclasificación de los valores de temperatura máxima en la zona de estudio por los valores de potencial (Cuadro 22), se obtuvo el mapa de temperatura máxima por valores de potencial (Figura 37) Se determinó que aquellos rangos clasificados como de potencial bajo, ocupan la mayor superficie en la zona con el 44.50% (Cuadro 37), mientras que aquellos de potencial alto ocupan el 21.16%.

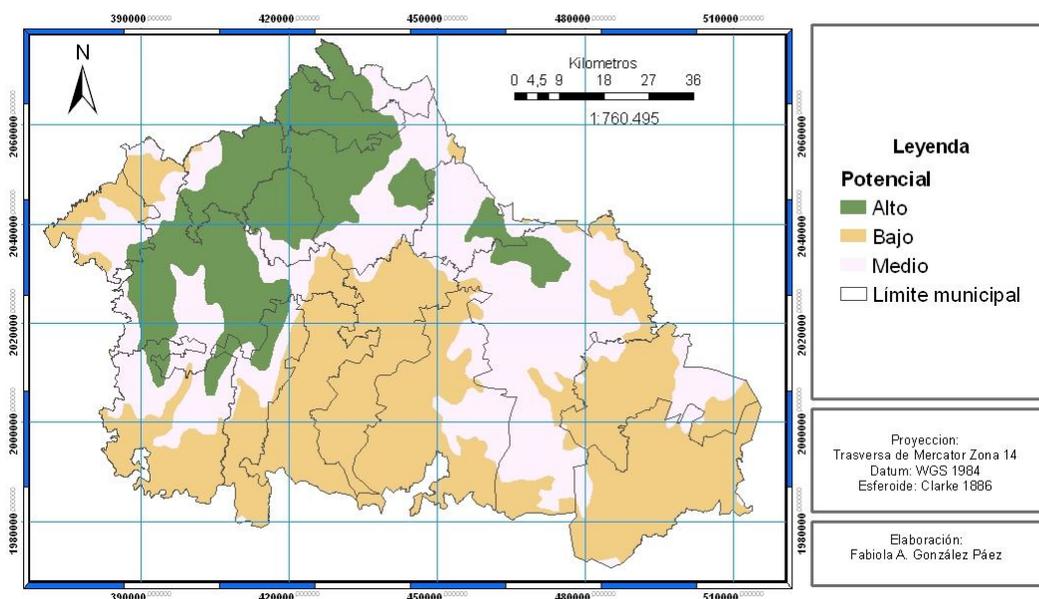


Figura 26. Temperatura máxima por valores de potencial.

Cuadro 37. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de la temperatura máxima.

Temperatura máxima por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Alto	181,859.93	21.16
Medio	295,207.38	34.34
Bajo	382,524.96	44.50
Total	859,592.27	100.00

IV.3.3. Temperatura mínima

Después de haber sustituido los valores de los rangos de temperatura mínima, por los valores de potencial (Cuadro 22), se obtuvo la carta de temperatura mínima por valores de potencial (Figura 27), de donde se analizó que los valores que presentan un potencial medio, son los mas extendidos, ocupando el 66.60% de la superficie de la zona de estudio (Cuadro 38), mientras que aquellos de potencial bajo, ocupan el 6.83% ubicados principalmente en la zonas más bajas, cercanas al Río Balsas.

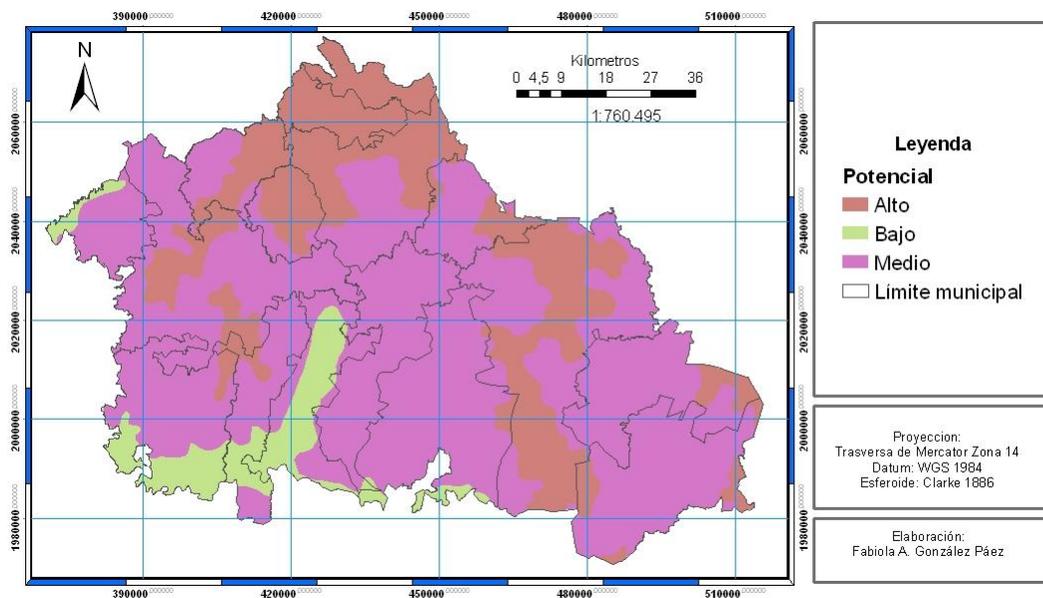


Figura 27. Temperatura mínima por valores de potencial.

Cuadro 38. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valores de potencial de la temperatura mínima.

Temperatura minina por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Bajo	58,749.71	6.83
Alto	228,354.73	26.57
Medio	572,479.65	66.60
Total	859,584.08	100.00

IV.3.4. Precipitación

Se sustituyeron los valores de potencial de los rangos de precipitación (Cuadro22), con lo cual se generó el mapa de precipitación por valores de potencial (Figura 28). Los valores de potencial medio se encuentran en el 73.98% de la superficie de la zona de estudio (Cuadro 39), mientras que los de potencial bajo se encuentran en el 11.28% del territorio. Los valores de potencial alto y se ubican en las zonas más altas de la región, principalmente en la Sierra de Taxco.

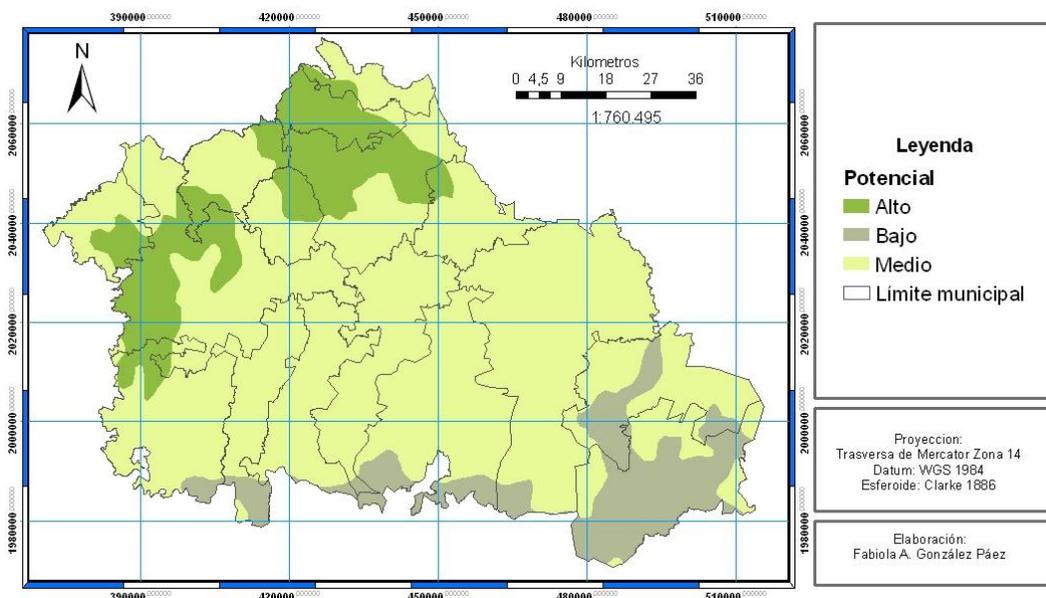


Figura 28. Rangos de precipitación por valores de potencial.

Cuadro 39. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor de potencial de los rangos de precipitación.

Precipitación por valores de potencial	Área (ha)	Área (%)
Bajo	96,995.12	11.28
Alto	126,656.61	14.73
Medio	635,941.05	73.98
Total	859,592.78	100.00

IV.4. Distribución del Potencial Natural Forestal

Del resultado de la sobreposición ponderada de las cartas de cada indicador y cada factor, se obtuvo el mapa de potencial natural forestal (Figura 29). Es importante mencionar que en este mapa se incluyen solamente los terrenos que fueron incorporados al análisis multicriterio, por lo que aquellas zonas ocupadas por cuerpos y corrientes de agua permanentes y aquellos con ausencia de datos fueron excluidos del análisis pero representan 1.55% de la región. Este mapa explicado en relación a la distribución respecto a la región, muestra que la mayor parte de la zona de estudio, tiene un potencial natural medio pues representan el 80.37% de la zona de estudio (Cuadro 40), mientras que solamente el 17.59% presenta condiciones para el potencial natural alto, concentrado principalmente en la parte norte en la zona limítrofe entre los estados de Guerrero, Morelos y México, en donde actualmente encontramos la mayor concentración de bosques naturales de *Pinus*, *Juniperus* y bosque mesófilo de montaña, aunque existen una cantidad importante de áreas con esta categoría diseminadas en todo la región. Los terrenos con potencial bajo apenas representan el 0.49% de la región.

Cuadro 40. Superficie de la Zona Norte del Estado de Guerrero por valor del potencial natural forestal.

Potencial	Área (ha)	Área (%)
Bajo	4,244.87	0.49
No determinado	13,354.71	1.55
Alto	151,099.22	17.59
Medio	690,531.72	80.37
Total	859,230.53	100.00

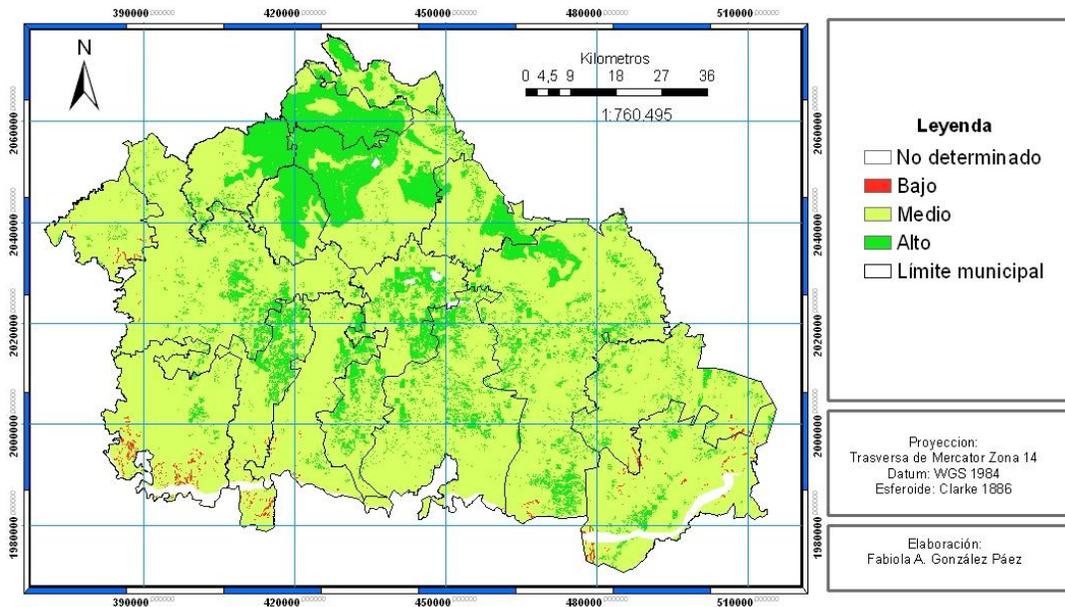


Figura 29. Potencial natural forestal.

Los municipios cuya superficie presenta mayor proporción del potencial natural alto del área de estudio, son Huitzucó (2.34%) y Taxco (3.27%), debido a que concentran 5.61% de los terrenos con potencial alto (Cuadro 41), del 17.58% que representa para la región entera. Es interesante mencionar que el municipio de General Canuto Neri, es el único que con 0.00% de su superficie de potencial natural alto.

La zona donde se concentran los terrenos con potencial alto, es donde convergen los municipios de Tetipac, Taxco, Ixcateopan y Pedro Ascencio principalmente, sin embargo existe otro núcleo de concentración en el municipio de Huitzucó y Buenavista de Cuellar, estos 6 municipios concentran el 9.88% de un total de 17.58% de los terrenos con potencial natural alto en la región, es decir 56.20% de dichos terrenos.

Las zonas con mayor potencial, no tiene actualmente la cobertura natural que podrían desarrollar con un fomento mayor de la actividad forestal, algunas razones son principalmente la tala de los bosques para fabricar carbón, para elaborar muebles, para venta de madera y la ocurrencia periódica de incendios forestales por mencionar algunos.

Cuadro 41. Distribución del Potencial Natural Forestal de la Zona Norte del estado de Guerrero, por municipio.

Municipio	Potencial natural forestal							
	Superficie (ha)				Superficie (%)			
	Alto	Medio	Bajo	N/D	Alto	Medio	Bajo	N/D
Apaxtla	1,159.68	56,527.83	1,562.92	3,272.94	0.14	6.58	0.18	0.38
Atenango	4,117.51	52,192.62	348.17	0.00	0.48	6.08	0.04	0
Buenavista	6,709.73	23,753.61	0.00	0.00	0.78	2.77	0.00	0
Cocula	3,702.50	39,985.09	233.14	584.86	0.43	4.65	0.03	0.07
Copalillo	3,704.01	62,358.86	971.43	5,465.58	0.43	7.26	0.11	0.64
Cuetzala	6,822.23	29,347.82	569.09	1,030.37	0.79	3.42	0.07	0.12
General C, Neri	567.90	24,763.73	261.63	0.00	0.07	2.88	0.03	0.00
Huitzucó	20,092.80	111,990.84	163.93	62.07	2.34	13.04	0.02	0.01
Iguala	14,222.17	41,908.86	14.60	719.69	1.66	4.88	0.00	0.08
Ixcateopan	10,057.44	11,362.75	0.00	0.00	1.17	1.32	0.00	0.00
Pedro Ascencio	10,760.23	18,657.11	0.00	0.00	1.25	2.17	0.00	0.00
Pilcaya	5,222.54	11,025.82	0.00	0.00	0.61	1.28	0.00	0.00
Taxco	28,091.26	36,705.45	0.00	213.80	3.27	4.27	0.00	0.02
Teloloapan	9,216.19	91,546.12	82.27	0.00	1.07	10.66	0.01	0.00
Tepecoacuilco	10,646.52	72,288.51	37.12	1,969.00	1.24	8.42	0.00	0.23
Tetipac	15,919.65	6,000.63	0.00	0.00	1.85	0.70	0.00	0.00
Subtotal	151,012.36	690,415.65	4,244.30	13,318.31	17.58	80.38	0.49	1.55
Total		858,990.62				100.00		

Como puede apreciarse en el mapa de Potencial Natural Forestal, las áreas con un potencial más alto se concentran en las partes altas de la sierra de Taxco, lo cual coincide parcialmente la distribución actual de las comunidades forestales de clima templado (Cuadro 42).

Cuadro 42. Distribución del potencial natural forestal de la Zona Norte del Estado de Guerrero, por formación forestal.

Formación forestal	Potencial natural forestal			
	Superficie (ha)			
	Alto	Medio	Bajo	N/D
Coníferas	6,848.87	10,036.20	0.00	0.00
Coníferas y latifoliadas	6,240.34	3,333.83	0.00	0.00
Latifoliadas	27,452.89	54,455.81	85.04	148.56
Otras asociaciones	3,042.59	15,994.25	165.74	0.00
Otros usos	87,024.34	306,272.32	701.39	6,214.24
Selva baja	5,746.89	135,363.49	1,685.80	3,442.48
Selva fragmentada	14,639.10	164,882.35	1,606.32	3,507.85
Subtotal	150,995.02	690,338.25	4,244.29	13,313.13
Total	858,890.69			
	Superficie (%)			
	Alto	Medio	Bajo	N/D
Coníferas	0.80	1.17	0.00	0.00
Coníferas y latifoliadas	0.73	0.39	0.00	0.00
Latifoliadas	3.20	6.34	0.01	0.02
Otras asociaciones	0.35	1.86	0.02	0.00
Otros usos	10.13	35.66	0.08	0.72
Selva baja	0.67	15.76	0.20	0.40
Selva fragmentada	1.70	19.20	0.19	0.41
Subtotal	17.58	80.38	0.49	1.55
Total	100			

Sin embargo es importante resaltar que la vocación forestal difiere de la distribución de acuerdo al potencial natural del terreno. Un ejemplo es el hecho de tener un bosque sobre un suelo Litosol en una pendiente pronunciada, lo que implica restricciones al desarrollo óptimo (desde el punto de vista productivo) de las especies forestales además que dificulta las labores relacionadas a su cultivo y aprovechamiento, aún cuando se considera que el uso forestal de este terreno es su vocación natural.

Considerando que el mapa de potencial natural forestal, identifica los sitios con mayor capacidad y mejores condiciones para las actividades forestales productivas, bajo un enfoque silvícola, estas zonas se deben acercar mucho aquellas que son aptas también para las actividades agrícolas de especies perennes y especies anuales, por lo que es comprensible que el 35.66% de la región, que presentan potencial medio están ocupados por otros usos, que significan agricultura, pastizales, áreas urbanas, lo que en cierta forma refleja un problema mundial que es la presión sobre las tierras y en el caso de que estas estén cubiertas con bosque implica el cambio del uso de suelo lo que conlleva a se deterioro en muchos casos, lo mismo ocurre con una parte importante de los terrenos clasificados como de potencial alto, debido a que del 17.13% de la superficie de la región catalogada en esta categoría el 10.13% esta ocupada por otros usos, lo que representa 59.14% de los terrenos con esta categoría de potencial natural.

Por otro lado, es importante considerar que la mayoría de la superficie de la zona de estudio está ocupada por el bosque tropical caducifolio o selva baja caducifolia, y que ocupan el 34.96% del 80.38% que representan los terrenos con potencial medio (que son los más abundantes en la región).

Al considerar como bosques templados a los bosques de *Quercus*, los cuales tienen un amplio rango de distribución y en su mayoría colindan con las selvas bajas, puede ser una opción de aprovechamiento para estos terrenos. Es importante notar que cuando la cobertura forestal de los bosques de *Quercus* son eliminadas de forma constante, las especies de selva baja tienen una gran capacidad para ocupar los espacios que dejan

estas comunidades por lo que es posible que muchas de estas áreas tengan una historia importante de disturbios por acciones antropogénicas.

Los bosques factibles de aprovechamiento, de coníferas y latifoliadas y sus asociaciones, ocupan el 4.73% de un total de 17.58% de terrenos con potencial alto, lo que implica que existe una gran opción de aprovechamiento de estos bosques, que no se ve reflejado actualmente en las actividades legales productivas de la región.

Los terrenos con potencial bajo, representan una porción muy baja de la región (0.49%) y la mayoría de dichos terrenos están ocupados con selva baja caducifolia (0.39%). Estos terrenos deben tener condiciones especiales en su manejo debido a que por su baja capacidad para sostener especies forestales, puede representar una limitante en su adecuada conservación si se encuentran bajo una presión importante de las actividades antropogénicas.

V. CONCLUSIONES

Tomando como base la metodología de Martínez y Pinedo (2007), esta fue modificada respecto a las condiciones locales para la obtención de los indicadores, sus rangos y su clasificación de acuerdo a su potencial natural, lo que generó una combinación de datos obtenidos mediante análisis estadístico de datos obtenidos en campo y algunas consideraciones teóricas sobre los indicadores requeridos para el análisis y posterior obtención del potencial natural.

La determinación de potencial natural forestal y su distribución en la Zona Norte del Estado de Guerrero muestra las zonas más propicias para el desarrollo de las especies forestales con factibles de aprovechamiento para la obtención de productos maderables de bosques de coníferas o latifoliadas y las asociaciones que entre ellos se derivan.

Esta herramienta puede servir para definir territorialmente las actividades productivas en el sector forestal. El presente estudio se enfocó más que en una o dos especies, en la capacidad del terreno para sostener especies forestales en general con mejores condiciones para su cultivo o aprovechamiento, por lo que no excluye el uso de especies que no formen parte de las comunidades forestales nativas para su integración a los sistemas productivos, así como tampoco la posibilidad de que se pueda usar para definir

zonas con mayor capacidad de integrar especies maderables en sistemas agroforestales considerando principalmente la productividad.

Los municipios Tetipac, Pedro Ascencio de Alquisiras, Taxco, Ixcateopan, Buenavista de Cuellar y Huitzuco de los Figueroa son los que concentran las zonas con potencial alto, pues del 17.58% que representan para la región, estos municipios tienen el 9.88%.

Los terrenos en esta categoría que actualmente están ocupados por bosques de coníferas o latifoliadas y sus combinaciones son el 4.73%, lo que representa una oportunidad potencial de aprovechamiento.

El 80.38% de la región tiene terrenos con potencial natural medio, de los cuales el 35.66% están ocupados por otros usos (agricultura, pastizales, áreas urbanas) y por selva baja caducifolia (34.96%). Lo que significa que entre estas dos categorías abarcan el 70.62% de la superficie de la región.

La delimitación de los terrenos con potencial bajo, que abarcan 0.49% del territorio de la región, puede servir para la definición de zonas sobre las cuales, bajo condiciones particulares de los terrenos, deben establecerse lineamientos de manejo adecuados a su condición de baja productividad.

VI. RECOMENDACIONES

Es muy recomendable, realizar estudios a una escala más detallada de los factores que afectan la determinación del Potencial Natural Forestal, principalmente en cuanto al clima, lo cual requiere de un estudio particular.

Debido a que los insumos utilizados para el presente estudio difieren en escala, el resultado del presente estudio puede ser inmensamente perfectible si se generan u obtienen insumos cartográficos que expresen con una mayor resolución los factores ambientales abordados; sin embargo si se quiere generar dichos insumos se requiere de una inversión importante de recursos, ya que mediante la inversión de recursos humanos y económicos se podría realizar el levantamiento de datos en campo, que impliquen un inventario de las condiciones ambientales y de las comunidades vegetales a fin de tener datos para su análisis, con los cuales se podría ampliar el presente estudio y ampliar su alcance como una herramienta para la planeación territorial en la región.

Se puede utilizar ciertos puntos de convergencia que presenta con el presente estudio para la selva baja caducifolia, pero requiere de un análisis profundo sobre los requerimientos climáticos, edáficos y respecto al relieve de dicha comunidad, lo cual representa un gran reto, considerando que en México existen pocas experiencias de

manejo forestal en selvas caducifolias, a diferencia de los bosques templados, a pesar de que es un ecosistema que ocupa una parte importante en nuestro país.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arceo S., Salinas E. 1994. **Evaluación del Potencial de los paisajes para la actividad agropecuaria, el ejemplo del municipio Yaguajay, (Provincia de Sancti-Spiritus, Cuba.** Revista Geographicalia 31: 3-16.
- Chapman, S.B. 1976. **Methods in Plan Ecology.** Blackwell Scientific Publications. Osney Mead, Oxford. New York.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) 2006. **Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa.**
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 1998. Carta **Cuencas Hidrológicas.** Escala 1:250,000. México.
- Comisión Nacional Forestal. 2008. **Ordenamiento Territorial Comunitario,** Ejido Santiago, Municipio de Tetipac, Estado de Guerrero, México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Carta **Isotermas Medias Anuales.** Escala 1:1,000,000. México.
- Fondo Mundial de la Vida Silvestre (WWF). Pagina web: <http://www.wwf.org.mx>
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Carta **Climas** (clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1,000,000. México.
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Carta **Temperatura máxima promedio.** Escala 1:1,000,000. México.
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Carta **Temperatura mínima promedio.** Escala 1:1,000,000. México.
- García, E. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Carta **Precipitación total anual.** Escala 1:1,000,000. México.
- Hanson, H.E. Y E. Churchill, D. 1961. **The plant community.** Reinhold Publishing Corporation. New York. 217 p.p.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1998. **Diccionario de datos edafológicos**. Escala. 1:250,000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. **Marco Geoestadístico Municipal**.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 2005. Carta de Uso del **Suelo y Vegetación Serie III**. Escala 1:250,000. Conjunto de Datos Vectoriales. Edición Digital 2005. Aguascalientes, Ags. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 1993. Carta de **Uso del Suelo y Vegetación Serie II**. Escala 1:250,000. Conjunto de Datos Vectoriales. Edición Digital Aguascalientes, Ags. México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1998. **Diccionario de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación**. Escala. 1:250,000.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. **Diccionario de datos edafológicos (Alfanuméricos)**. Escala. 1:250,000
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1998. **Diccionario de datos edafológicos (Vectoriales)**. Escala. 1:250,000
- Instituto Nacional de investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). Carta **Edafología**. Escalas 1:250,000 y 1:1,000,000. México.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. **Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007**. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Jiménez Ferrer, Guillermo; Lerner Martínez, Tina; Soto Pinto, Lorena. 2008. **Diseño de sistemas agroforestales para la producción y la conservación. Experiencia y tradición en Chiapas**. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- Leal, Oscar. 2009. **Aspectos ecológicos y patrones de distribución de *Pinus martinezii* Larsen en la cuenca del Lago de Cuitzeo, México: Un modelo de distribución potencial aplicado a la conservación**. Tesis de Maestría en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 180 p.p.
- Maderey-R, L. E. y Torres-Ruata, C. (1990), Carta **Hidrografía**. Extraído de Hidrografía e hidrometría, IV.6.1 (A). Atlas Nacional de México. Vol. II. Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

- Marín-C, S y Torres- Ruata, C..1990. Carta **Hidrogeología**. IV. 6. 3. Atlas Nacional de México. Vol. II Escala 1:4,000,000. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Martínez Gordillo M., Cruz Durán R., Castrejón Reyna J. F., Valencia Ávalos S., Jiménez Ramírez J. y Alberto Ruiz-Jiménez C. A. 2004. **Flora Vascular De La Porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México**. Revista Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica 75(2): 105-189.
- Martínez S. M, Pinedo. A., A. 2007. **Clasificación del Potencial Natural**. En: Estudio regional forestal. Caso UMAFOR No.1001 Guanaceví, Durango. Eds. Prieto Ruiz José Ángel, Hernández Díaz José Ciro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.
- Martínez S.M. 2008. **Potencial productivo y zonificación forestal para el reordenamiento silvícola en bosques templados**. Folleto técnico No. 37. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícola y Pecuaria. Centro de Investigación Regional Centro Norte. Sitio Experimental La Campana-Madera, Chihuahua, Chih. México. 52 p.p.
- Meza L. y López J. G.. 1997. **Vegetación y mesoclima de Guerrero**. Estudios Florísticos de Guerrero N° especial 1. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. 53 p.p.
- Meza S., R. y D.D. Reygadas P. 2001. **Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.** Publicación técnica No. 1. SAGARPA-INIFAP. CIR Noreste Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. México. 133 p.p.
- Ortiz-Villanueva, B y C. A. Ortiz-Solorio. 1990. **Edafología**. Editorial de la Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Suelos. Séptima Edición
- Osuna L., E. 2001. **Potencialidades y manejo del Neem (*Azadirachta indica* A. Juss)**. Memoria técnica Núm.1 XXX Aniversario del Campo Experimental Todos Santos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México.
- Priego S., A. G.; Pérez D., J. L. 2004. **Diplomado en manejo integral de cuencas hidrológicas**. Notas técnicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua.
- Roldán Aragón, Iván; Binnqüist Cervantes, Gilberto; Bernal Becerra, Arturo; Chávez Cortés, Marta; Ortega Hernández, Mercedes. 2003. **Sistemas de Información Geográfica aplicados al manejo de Recursos Naturales**. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco.
- Sánchez M., G. 1996. **Detección de áreas potenciales para la producción de pinabete espinoso (*Picea chihuahuana* Martínez.)** Folleto técnico Num. 7. Centro de

Investigación Regional del Norte Centro, Campo Experimental Madera.
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Forestales y Pecuarias.
México.

Vargas A. y Pérez A. 1996. **Cerro Chilatepetl y alrededores.** Estudios Florísticos de Guerrero N° 7. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. 49 p.p.

Verduzco C. y Rodríguez L. C. 1996. **El Rincón de la Vía.** Estudios Florísticos de Guerrero N° 4. Facultad de Ciencias, UNAM, 43 p.p.