



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO SUELO EN EL MUNICIPIO  
DE PUTLA VILLA DE  
GUERRERO, OAXACA.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
B I O L O G A  
P R E S E N T A :  
DULCE IVET CERVANTES CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. RAMIRO RÍOS GÓMEZ

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMÁTICA VEGETAL  
Y SUELO

PROYECTO APOYADO POR DGAPA-PAPIT IN 219907



MÉXICO, D.F.

SEPTIEMBRE 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *DEDICATORIA*

A IZANAMI, COMO UNA MUESTRA DE TU VALIOSA EXISTENCIA PARA MI, DEDICO ESTE MI PRIMER TRABAJO PROFESIONAL CON EL AMOR MÁS PURO QUE EXISTE EN MI HACIA TI, POR QUE TU EXISTENCIA HA SIDO PARA MI EL IMPULSO, LA FUERZA Y LA RAZON PARA CONTINUAR UN CAMINO DE CONQUISTAS, ESTA ES UNA DE ELLAS.

## *AGRADECIMIENTOS*

A mi madre Guisela Contreras por apoyarme siempre en todos mis proyectos.

A mi hermano Guillermo Cervantes por su cariño.

A la familia Contreras por todo su cariño y apoyo.

A mi amigo Miguel Rivera Lugo por su estar siempre conmigo, así como su apoyo en todo lo que esta a su alcance, su cariño, comprensión y por compartir momentos importantes.

A mi gran amiga Gloria Hernández Pérez a quien quiero y admiro mucho por ser una mujer fuerte, valiente, decidida, entregada, sensible, tierna , altruista y me has enseñado a ver mi vida desde otra perspectiva.

A Fausto Ernesto por ser un amigo increíble, por su cariño, apoyo y consejos.

Al M. en C. Ezequiel Hernández Pérez por su tiempo y dedicación.

A la Q. F. I. Ma. De la Luz y el Marco Antonio por su amistad y apoyo.

Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez por su apoyo y dedicación, ya que su presencia fue fundamental para la realización de este trabajo y gracias por compartir conmigo su amistad que es muy valiosa al igual que sus consejos.

Al Dr. Eloy Solano Camacho por su amistad, apoyo y tiempo.

Al M. en C. J. L. Miguel Castillo por su amistad, apoyo y su tiempo.

A la M. en C. Elvia García Santos por sus comentarios.

A el Biól. J. Rubén Zulbarán Rosales.

A la Q. F. B. Ma. Teresa Mendoza Mata por su amistad y apoyo.

## *AGRADECIMIENTOS*

A mis amigos por pasar momentos divertidos e importantes juntos y apoyarme en todo momento.

Esteban.

Fernando.

Mari Carmen.

Santa.

Julio César Flores R.

Rocío Vázquez G.

Ana Pichardo.

Giovanna Rivera.

Rene.

Alberto.

Alejandro.

Ma. De Jesús Flores R.

Guadalupe Romero.

Eduardo.

Kenia

Sara.

Oscar Manuel.

Yesica Yeimi

Yolanda.

Aymee.

Edgar.

Gabriela Hernández

Stacy.

Juana.

Magda Ayala

Eva.

Carolina Rojas Chávez.

Carmelo Cortéz.

Abigail Leandro.

Gabriel arriaga.

Cristobal.

Cristian.

Por mencionar algunos de mis tantos y muy queridos amigos.



## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| RESUMEN   |      |
| INTRODUCCIÓN  | 2    |
| I. ANTECEDENTES   |      |
| Clasificación de suelos.  | 3    |
| Las bases de la clasificación WRB 2007 de la FAO.   | 6    |
| Diversidad de suelos en México y en Oaxaca.   | 7    |
| <br>  |      |
| Degradación del suelo.  | 8    |
| <br>  |      |
| Importancia de los mapas.   | 10   |
| <br>  |      |
| Justificación   | 13   |
| II. OBJETIVO GENERAL  | 14   |
| III.OBJETIVOS PARTICULARES  | 14   |
| IV. MATERIAL Y MÉTODOS  | 15   |
| V. RESULTADOS   | 20   |
| Características ecológicas y de los Grupos de Suelo de Referencia (GSR).                                | 20   |
| Análisis físico y químico de los suelos.  | 21   |
| <br>  |      |
| Suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, su vegetación y usos.                          | 25   |
| Clave para los grupos de suelo de referencia del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.          | 37   |
| Clave para los calificadores Grupo I para luvisoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.   | 38   |
| Clave para los calificadores Grupo I para cambisoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 39   |
| Clave para los calificadores Grupo I para regosoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.   | 39   |
| Clave para los calificadores Grupo II para regosoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 39   |
| Clave para los calificadores Grupo II para cambisoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. | 40   |
| Clave para los calificadores Grupo II para phaeozems del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 41   |
| Clave para los calificadores Grupo II para fluvisoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. | 41   |
| Clave para los calificadores Grupo II para luvisoles del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 42   |
| VI. DISCUSIÓN   | 43   |
| VII. CONCLUSIONES   | 51   |
| VIII.BIBLIOGRAFÍA CITADA  | 52   |

|   |    |
|---|----|
| Anexo 1. Descripción ecológica y morfológica de los grupos de suelo de referencia del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.                         | 56 |
| Anexo 2. Perfiles y sitios de verificación de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 67 |
| Anexo 3. Características físicas y químicas de los suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.   | 73 |
| Anexo 4. Descripción de los grupos de suelo de referencia de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.   | 77 |
| Anexo 5. Clave de los grupos de suelo de referencia y lista de calificadores grupo I y II para los suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. | 79 |
| Anexo 6. Códigos recomendados para los grupos de suelos de referencia, calificadores y especificadores.   | 82 |



## CUADROS

|   | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Métodos utilizados en el análisis físico y químico de muestras de suelo.  | 19   |
| Cuadro 2. Descripción para los calificadores de los grupos I y II encontrados en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. | 27   |
| Cuadro 3. Suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.  | 34   |

## FIGURAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Zona de estudio en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.                                  | 16   |
| Figura 2. Tipos de vegetación que se presentan en cada uno de los Grupos de Suelo de Referencia.               | 23   |
| Figura 3. Mapa de distribución de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca (escala 1:222. 980). | 24   |
| Figura 4. Superficie (%) de la GSR presentes en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca                | 35   |
| Figura 5. Usos de suelo para cada GSR.   | 36   |

## RESUMEN

La finalidad de este trabajo fue identificar los suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, y elaborar el mapa que muestre su distribución, para ello se utilizó el programa Microsoft ACCES, con el software Arc View versión 9.2. Con la intención de facilitar la identificación de los suelos a nivel local, se elaboró una clave resumida con base en la WRB, que incluye únicamente a los suelos registrados en el municipio. Con esta clave es posible determinar los suelos al nivel de Grupo de Suelo de Referencia (GSR) y utilizando los indicadores se puede diferenciar a los suelos de un mismo GSR, sin embargo, para los indicadores es conveniente saber detectar en campo o incluso hacer determinaciones de laboratorio de algunas características más específicas de los suelos que se clasifican.

Durante el trabajo de campo se establecieron 91 puntos, de los cuales 62 son puntos de verificación y se realizaron 29 perfiles, mismos que se describieron morfológicamente *in situ* se les dieron nombre, además se tomaron muestras por horizonte genético y se analizaron en laboratorio. El análisis consistió en la determinación de los parámetros que solicita la propuesta de clasificación de la WRB, para identificar al suelo y sus respectivos calificadores del grupo I y II.

Se encontró que en el municipio se presentan siete GSR, que se diversifican en 20 tipos diferentes con base en los calificadores del Grupo I y II. De estos el Luvisol es el más diverso con ocho tipos, seguido por el Cambisol subdividido en cuatro diferentes suelos, Regosol con tres, Fluvisol con dos y finalmente Leptosol, Gleysol y Phaeozem con un tipo cada uno. De éstos, el Luvisol es el que tiene más amplia distribución, aproximadamente ocupa el 43% del área de superficie del municipio y se distribuye en la parte sur occidente del área de estudio, seguido de Cambisol con un 37%. Los suelos menos representativos son el Phaeozem con un 2% de la superficie y el Gleysol con un 1% del área total.

Por otra parte, los suelos Luvisol y Cambisol son los que actualmente tienen más riesgo de degradación, debido a la deforestación, cambio de uso de forestal a agrícola y por las altas precipitaciones y pendientes de los sitios en los que se les encuentra. Finalmente se hace una recomendación del uso y manejo de éste recurso natural en el municipio.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo sostenible de los ecosistemas naturales y antropogénicos. Es una mezcla de materiales minerales y orgánicos que sirven de hábitat y nicho ecológico a diversa micro y macroflora y fauna edáficas, que le hacen ser un cuerpo natural dinámico, vital para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. El suelo está compuesto por horizontes edáficos; cada uno con propiedades distintas. Desde 1883 surgió la edafología como una ciencia ecológica que intenta explicar el origen y las propiedades del suelo en función de los factores formadores como: el clima, material parental, el relieve, los organismos y el tiempo (Doran y Parkin, 1994).

El suelo proporciona servicios ambientales como: mantenimiento de la biodiversidad, calidad del aire, el agua, salud humana y calidad del hábitat, además de mantener la productividad de las especies vegetales que en él se establecen. Por ello es necesario tener el conocimiento detallado de este recurso natural por ser indispensable para la planificación, el ordenamiento territorial y elaboración de propuestas enfocada a su conservación, uso, manejo, mejoramiento, restauración y remediación del deterioro producido principalmente por actividad antropogénica.

La acelerada degradación del suelo constituye una amenaza más seria a la que se enfrenta el planeta, degradación se manifiesta por la erosión eólica e hídrica, acidificación, pérdida de materia orgánica, salinización, urbanización y contaminación agroquímica, entre otras causas (Alfaro, 1994).

La degradación que presenta este recurso natural se debe en buena parte al incremento exponencial de la población en el mundo que ha traído consigo una demanda de alimentos y de producción en los ecosistemas y agrosistemas. Sin embargo, en la medida que el suelo ha sido afectado, se pierde su papel funcional y su capacidad para cumplir con funciones como captar, mantener y liberar nutrientes y otros compuestos químicos; captar, almacenar, depurar y suministrar agua para toda forma de vida y mantenerse como un hábitat edáfico adecuado para la actividad biológica en el ecosistema. El incremento en

el deterioro de la calidad ambiental local por las inadecuadas prácticas agrícolas, pecuarias y forestales a permitido que la comunidad científica mundial reconozca la necesidad de proteger y restaurar al recurso suelo (Lal, 2001; Barford *et al.*, 2001).

Tal reconocimiento implica tener una clara visión del vínculo entre la degradación del suelo y la desertificación por un lado y la pérdida de biodiversidad por otro, atentando la seguridad alimentaria e incrementando la pobreza (Komatsuzaki y Ohta, 2007). Contar con un mapa de los tipos de suelos, su distribución y el estado en que se encuentran, es de suma importancia para proponer planes de desarrollo y alternativas de manejo de recursos entre ellos el suelo.

## I ANTECEDENTES

### **Clasificación de los suelos.**

Existen numerosas clasificaciones de suelos, desarrolladas bajo muy diferentes puntos de vista. Históricamente se pueden destacar las siguientes: con base geológica, Fallou (1862), clasificó en función del tipo de roca madre; se trata de una de las primeras clasificaciones que se desarrollaron. Gedroitz (1927) clasificó a los suelos químicamente (grado de saturación del complejo adsorbente) y Von Sigmond (catión dominante del complejo adsorbente). En 1948, Pallman (intensidad, dirección y elementos del lavado). Dokuchaiev (1883) sistematizó los suelos climáticamente, y estableció los siguientes grupos: suelos zonales (evolución dependiente del clima), intrazonales (evolución independiente del clima) y azonales (poco evolucionados, no se conoce todavía como será su evolución). Con bases mixtas: se utilizan caracteres diferenciadores de distinto tipo. Genéticamente: grado de desarrollo del perfil, grado de alteración, tipos de humus, hidromorfía, propiedades químicas,  $\text{CO}_3^{-2}$ , mineralogía (Buol, 1983).

Por otra parte, se considera como la primera clasificación moderna la propuesta por Kubiena (1953), basada en caracteres como: morfología, física, química y micromorfología (Buol, 1983). Posteriormente surge la clasificación francesa (1967), que hoy se puede considerar en desuso (Buol, 1983). Años más tarde se proponen clasificaciones basadas en caracteres morfológicos, es decir, utilizan propiedades medibles directamente en el perfil o analizando muestras en el laboratorio. Estas clasificaciones, representan la tendencia actual más aceptada en las clasificaciones modernas del recurso suelo, como la FAO/UNESCO, Soil Taxonomy en sus diferentes versiones y la Base Referencial del Recurso Suelo (WBR por sus siglas en inglés). Otras clasificaciones importantes han sido la alemana, rusa, canadiense y australiana (Buol, 1983).

Actualmente existe una fuerte tendencia a utilizar dos clasificaciones que pueden ser calificadas como internacionales, estas son las de Soil Taxonomy, presentada por el Soil Survey Staff de los Estados Unidos (FAO, 1996) y la WRB por la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS, 1994).

La propuesta de clasificación Soil Taxonomy, utiliza como caracteres diferenciadores a propiedades del suelo medibles cuantitativamente (en el campo o en el laboratorio). Además estos caracteres diferenciadores son numerosos y las clases establecidas quedan definidas de una manera muy rigurosa y precisa. Al utilizar criterios cuantitativos, las clases definidas resultan ser mutuamente excluyentes (FAO, 1996). En la Soil Taxonomy se utilizan siempre propiedades que pueden ser cuantificadas de alguna manera, no se emplean los criterios cualitativos y se evitan las consideraciones genéticas, que al ser subjetivas de distintas interpretaciones pueden crear confusiones. No obstante, dada la importancia de los procesos de formación del suelo, se utilizan como caracteres diferenciadores a aquellas propiedades que son el resultado directo de la actuación de estos procesos. Es por ello que aunque estrictamente hablando se trata de una clasificación morfométrica y también morfogenética. La Soil Taxonomy si bien incluye a los suelos perturbados, les da poca importancia en las bases para su clasificación (FAO, 1996).

La WRB iniciada por un grupo de trabajo de la Base Internacional de Referencia para Clasificación de Suelos (IRB) que acordó en Montpellier en 1992, que la leyenda revisada de FAO-UNESCO se constituiría en la base para el siguiente desarrollo de la IRB. El progreso en la preparación de la WRB se informó en el 15° Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS) en Acapulco en 1994 (FAO, 1994). El primer texto oficial de la WRB se presentó en el 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo en Montpellier en 1998 en tres volúmenes:

1. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Una introducción.
2. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Atlas.
3. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo.

El texto de la WRB fue entonces adoptado por el Consejo de la ISSS y fue en el período 1998–2006, que la WRB se constituyó en la referencia de nomenclatura y clasificación de suelos. Los tres volúmenes se tradujeron a 13 idiomas y la propuesta fue adoptada como un nivel superior de los sistemas de clasificación de suelos en numerosos países (*e nov.* Italia, México, Noruega, Polonia y Vietnam).

## **Las bases de la clasificación WRB 2007 de la FAO.**

Los principios generales en los que se basa la WRB son: Se basa en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que sean medibles y observables en el campo. La selección de características de diagnóstico, toma en cuenta sus relaciones con los procesos formadores de suelos y se seleccionan rasgos de diagnóstico que son significativos para el manejo de este recurso. Los parámetros climáticos no se aplican en la clasificación de suelos, ellos se usan para propósitos interpretativos, en combinación dinámica con las propiedades del suelo, pero no deben formar parte de las definiciones de los GSR (ISSS-ISRIC-FAO. 1998).

La WRB es un sistema de clasificación que comprende dos grados de detalle: 1. La Base Referencial, limitada sólo al primer nivel y que reconoce 32 GSR y 2. El Sistema de Clasificación WRB, que combina un conjunto de calificadores Grupo I y II con una definición única y agregados al nombre del GSR, permitiendo la caracterización y clasificación (ISSS-ISRIC-FAO. 1998).

Los GSR en la WRB son representativos de regiones principales de suelos de modo que proporcionan una apreciación general de la cubierta edáfica mundial, mientras que los calificadores inferiores enfatizan rasgos del suelo que son importantes para el uso y manejo de los suelos. Las definiciones y descripciones de las GSR, reflejan variaciones en características del suelo tanto vertical como horizontalmente, de modo que explican relaciones espaciales en el paisaje y sirven como una herramienta para compilar bases de datos globales sobre los suelos del mundo.

La WRB se basa primariamente en la morfología de suelo como una expresión de la pedogénesis. La mayor diferencia con la Soil Taxonomy, es que la WRB no considera los regímenes de temperatura y humedad en el suelo pero si la influencia del clima sobre las características del mismo (ISSS-ISRIC-FAO, 1998).

La WRB es apta para correlaciones con los sistemas nacionales y locales. El nivel de detalle se corresponde con los subgrupos de la "Soil Taxonomy", sin la necesidad de información de los elementos del clima, sirve para acoplarse con información del sustrato



para un mapa escala 1:5 000 000 en estudios regionales. La WRB se utiliza en la actualidad como un lenguaje básico entre científicos para identificar, caracterizar y nombrar tipos principales de suelos (ISSS-ISRIC-FAO. 1998). Con base en lo anterior en el presente trabajo se utilizará a la clasificación de la WRB, versión 2007.

### **Diversidad de suelos en México y en Oaxaca.**

Las condiciones fisiográficas y climáticas de México, así como su compleja historia geológica, han permitido el desarrollo de una gran variedad de tipos de suelo en el territorio. De las 30 unidades reconocidas por la FAO/UNESCO/ISRIC en 1988, 21 se encuentran en el país. Más de la mitad del territorio está dominado por tres unidades: los regosoles (22.3% del territorio nacional), suelos por lo general poco desarrollados, constituidos por material suelto y abundantes en las zonas montañosas de las Sierras Madre Occidental y del Sur; los leptosoles (17.3%), suelos muy delgados con espesores menores a los 10 centímetros, generalmente presentes en topografías planas o levemente onduladas y abundantes en la Península de Yucatán; y los xerosoles (12.1%), restringidos a las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país (SEMARNAT, 2002).

También destacan los feozems (9.5% del país), suelos ricos en materia orgánica, muy fértiles y aptos para el cultivo, comunes de los climas templados y tropicales y presentes principalmente en el Sistema Volcánico Transmexicano y porciones de la Sierra Madre Occidental. En contraste, los vertisoles (7.5%), son suelos sumamente arcillosos, por lo general profundos y de difícil trabajo para la agricultura, pero con prácticas tecnológicas adecuadas e insumos, pueden mantener cultivos con alta productividad. Estos suelos son frecuentes en la Meseta Central y algunas zonas del Sistema Volcánico Transmexicano (SEMARNAT, 2002).

La diversidad de suelos en Oaxaca permite encontrar distintos tipos de suelo, entre los más importantes se encuentran: Leptosol que cubre una superficie aproximadamente de 3 739 852 ha, seguido de Regosol con 2 449 766 ha, después ubicamos a el Cambisol con 1 116 833 ha, el Alisol con 954 757 ha, Acrisol con 540 253 ha, Luvisol con 2 775, Arenosol con 1 769 ha, Feozem con 447.14 ha y por último el Vertisol con 13 972 ha (SEMARNAT, 2002).

## **Degradación del suelo.**

El sistema tierra, es un complejo sistema ambiental-humano que comprende el uso de la tierra, la cubierta de la tierra y los ecosistemas naturales. A la inversa, las características y cambios en el ambiente influencia nuestra decisión de uso de la tierra. Así surge un estado continuo de interacciones entre los subsistemas naturales (biofísica) y humano (sociedad) de uso de la tierra, en el que siempre las dinámicas de este continuo se mueven hacia incrementar el impacto y dominancia humana. De este modo, para mitigar los cambios adversos ambientales se requiere de un conocimiento detallado del impacto humano sobre los procesos naturales de la biosfera. El suelo es un recurso natural básico para el uso de la tierra que sirve como el mayor enlace entre el clima y los sistemas biogeoquímicos (Yaalon, 2000), soporta la biodiversidad y juega un importante papel en la capacidad de los ecosistemas para proporcionar diversos servicios importantes para el bienestar humano (Young y Crawford, 2004). De este modo, los suelos no deben dejar de considerarse en todo intento de desarrollo bien sea a nivel local, regional o global.

El suelo es un recurso natural no renovable que resulta difícil y costoso recuperar, después de ser erosionado por las fuerzas abrasivas del agua, el viento, por su deterioro físico, químico o biológico. La degradación del suelo se refiere a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual o futura para sostener a los ecosistemas naturales y manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua y para preservar la salud humana (FAO, 1996).

Cabe señalar que en el mundo el suelo agrícola a disminuido en un 16% su capacidad productiva (ISRIC,FAO, 1998), el 40% de los suelos agrícolas esta degradado física, química o biológicamente (ISRIC,FAO 1998), en América Latina el 16% se encuentra afectado por alguna causa de degradación (PNUMA, 2001), en México el 60% de la superficie tiene erosión severa a extrema (FAO, 1996) y en nuestro país un millón de hectáreas esta salinizado y el problema va en aumento.

El panorama es diferente si se incluye a todos los factores de degradación entre los que se incluyen: erosión, salinización, acidificación, alcalinización, compactación,

anegamiento, contaminación, deforestación y explotación de bosques, sobrepastoreo, manejo inapropiado de suelos agrícolas, sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos y actividades industriales entre otros.

Los suelos afectados por algún tipo de degradación en el país representan el 45% de la superficie (es decir, cerca de 88 millones de hectáreas). De esta superficie, 5% presenta un nivel de deterioro severo (irrecuperables a menos que se realicen proyectos de restauración) o extremo (cuya recuperación es materialmente imposible). El restante 95% de la superficie presenta niveles de degradación considerados ligeros o moderados (FAO, 1996).

Entre las principales causas de la degradación de los suelos están la agricultura y la ganadería, principalmente por el cambio de uso del suelo que se destina a estas actividades (cada una es responsable del 17.5% de la superficie degradada). La deforestación es la tercera causa (7.4%) y le sigue la urbanización (1.5%). La sobreexplotación de la vegetación para consumo y las actividades industriales influyen en poco menos del 2% de la superficie nacional (FAO, 1996).

En la degradación de los suelos se reconocen dos procesos, el que implica desplazamiento del suelo (conocido como erosión) y aquel que se refleja en un detrimento de su calidad. En el caso de la erosión, se reconocen dos tipos, la que provoca el agua (erosión hídrica) y otra originada por el viento (erosión eólica), mientras que en el caso de la degradación se reconocen: la química, en esta se pierden o modifican sus propiedades químicas, como en el caso de la pérdida de fertilidad y la salinización y la física, asociada principalmente con la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua, como ocurre en la compactación y el encostramiento (Zinck, 2005).

La degradación química, con 34.9 millones de hectáreas, es decir, 17.9% de la superficie nacional, la erosión hídrica 23 millones de hectáreas, 11.8% y la eólica con 18.5

millones de hectáreas, 9.5% del territorio nacional. En conjunto, los principales procesos degradativos han modificado el 87% de la superficie nacional afectada (Zinck, 2005).

En el estado de Oaxaca se distinguen cuatro tipos principales de degradación, en primer lugar está la erosión hídrica que afecta a 1 675 321 ha, seguida de la química, 1 693 367, después la degradación física, 496 782 ha y por último la erosión eólica con 44 719 ha (FAO, 1996).

### **Importancia de los mapas.**

Uno de los primeros lugares en que se realizaron mapas de suelos fue en los Estados Unidos de América, en el año 1899. La finalidad de estos fue exclusivamente agronómica, pero con el tiempo sus beneficios se fueron extendiendo a otros ámbitos; en la actualidad, la mitad del beneficio que registran estos mapas está relacionado con el urbanismo (Rodríguez, 1998).

Se utilizan diversos tipos de mapas con escalas variables y realización más o menos detallada. Por ejemplo, los mapas esquemáticos que son aquellos con escala muy pequeña en general de 1:2 000 000 ó menor. Su realización se basa en la recopilación de datos preexistentes por lo que la información es indirecta. La cartografía de base utilizada son las imágenes de satélites. Los mapas exploratorios utilizan una escala de hasta 1:500 000. Para su realización se efectúan exámenes de grandes áreas en un tiempo limitado tomando como base los datos preexistentes y en las escalas más grandes se realizan transectos muy rápidos, los mapas generalizados son muy semejantes a los anteriores y su escala llega hasta 1:250 000 (Escobar *et al.*, 1996).

Los mapas de reconocimiento, estos son mucho más preciso aunque no existan grandes diferencias de escala pues oscilan entre 1:100 000 y 1:400 000. Se utilizan todos los métodos anteriores que se complementan con prospecciones de campo con transectos detallados pero con un nivel de observaciones bajo, si bien se incrementa en las áreas donde aprecien notables limitaciones de uso. En los mapas semidetallados, la escala llega hasta 1:25 000, su realización requiere una importante prospección de campo con apoyo de fotointerpretación. Es necesario estudiar de forma completa un mínimo de dos perfiles por

100 ha y cuando menos ocho sondeos con sus análisis correspondientes. Mapas detallados son de escalas grandes de hasta 1:10 000.

En su realización predomina la prospección de campo con muy poco apoyo de fotointerpretación. Es necesario estudiar, al menos, dos perfiles completos por cada 10 ha y ocho sondeos detallados. La unidad cartográfica mínima es de 0.5 ha y la precisión de sus límites está en unos 20 m. Mapas muy detallados sólo se realizan para estudios especiales a nivel de finca con áreas muy reducidas. Su escala puede llegar hasta 1:1 000 y para su realización es necesario efectuar una estrecha malla de observaciones con una prospección sistemática (Escobar *et al.*, 1996).

En México los mapas edafológicos se elaboraron a partir de puntos definidos de los perfiles de suelo, cuya información fue generalizada y extrapolada utilizando información fisiográfica (Rodríguez, 1998).

La geoestadística es una herramienta imprescindible cuando se desean analizar los patrones de distribución espacial de las variables ecológicas y ambientales a partir de muestreos realizados en el área de interés. Asimismo, los procedimientos de estimación geoestadísticos, conocidos como "krigeado", permiten la realización de las mejores interpolaciones en aquellos lugares donde no se conoce la magnitud del atributo investigado. Con la información procedente de la estimación se puede realizar una serie de mapas sobre la distribución de la variable en el área experimental.

El desarrollo de los sistemas de información geográfica (SIG) y la aplicación de la geoestadística ha dado un nuevo impulso al análisis de la distribución espacial aplicada a la ecología y a las ciencias ambientales. Un SIG es un conjunto de programas informáticos que sirven para captar, almacenar, recuperar, transformar, mostrar y analizar diversos tipos de datos espaciales (Burrough y McDonnell, 1998). Los datos georreferenciados, es decir, unas coordenadas conocidas con respecto a un origen predeterminado, pueden incorporarse a un SIG para generar mapas temáticos o coberturas. Por ejemplo, los tipos de suelo, las clases de cultivos o las densidades de insectos pueden mostrarse en mapas independientes.

Por otra parte, los mapas temáticos pueden combinarse con el fin de analizar las posibles interacciones entre las diversas variables. Aunque los SIG han permitido a los investigadores la manipulación de datos espaciales, la caracterización y la modelización de los patrones de distribución espacial es muy poco factible si no se cuenta con un programa estadístico adecuado. Con base en lo anterior, en este trabajo se utilizó el software Arc Gis 9.2 y como herramienta la “geoestadística” que permitió obtener mejores interpolaciones para la realización del mapa de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

## JUSTIFICACIÓN.

Los mapas de suelos permiten conocer de manera general la parte más superficial de la corteza terrestre, otro de los beneficios producidos por la cartografía edáfica está relacionado con su función primaria, que es la de soportar una vegetación. En este sentido, se utilizan para orientar en el uso agrícola y forestal y en la elección de áreas adecuadas para la conservación (Escobar *et al.*, 1996). Por lo tanto, el estudio del estado actual del recurso suelo y su evolución, esta considerado como una prioridad por la mayoría de los científicos encargados de resolver los problemas del sector agropecuario (FAO, 1988).

En la última década del siglo pasado adquirió relevancia especial contar con una base geográfica (planos de suelos), analítica (caracterización de los suelos) y taxonómica (clasificación de los suelos) como herramientas indispensables para poder elaborar los planes y programas de desarrollo para garantizar la sustentabilidad de los recursos que participan en los procesos productivos generadores satisfactorios (Parr *et al.*, 1990). Esta sigue siendo hoy en día una necesidad prioritaria. En el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, el cambio de uso, el sobrepastoreo y la sobreexplotación agrícola, generalmente en lugares que no tienen dicha vocación para realizar estas actividades, a conducido a su degradación, proceso que ocurre de manera acelerada, lo cual exige realizar un diagnóstico del estado actual en el que se encuentra este recurso natural con el fin de planificar su uso, manejo y garantizar su conservación. En el presente estudio se propone clasificar, elaborar el mapa y describir el estado actual del recurso suelo del municipio.

## **II OBJETIVO GENERAL.**

Elaborar el mapa de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

## **III OBJETIVOS PARTICULARES.**

Identificar las unidades de suelo presentes en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca

Localizar y delimitar espacialmente las unidades de suelo en la zona de estudio.

Describir el estado en que se encuentra el recurso suelo en el municipio

Recomendar el uso y manejo de este recurso natural en el municipio.



## IV MATERIAL Y MÉTODOS.

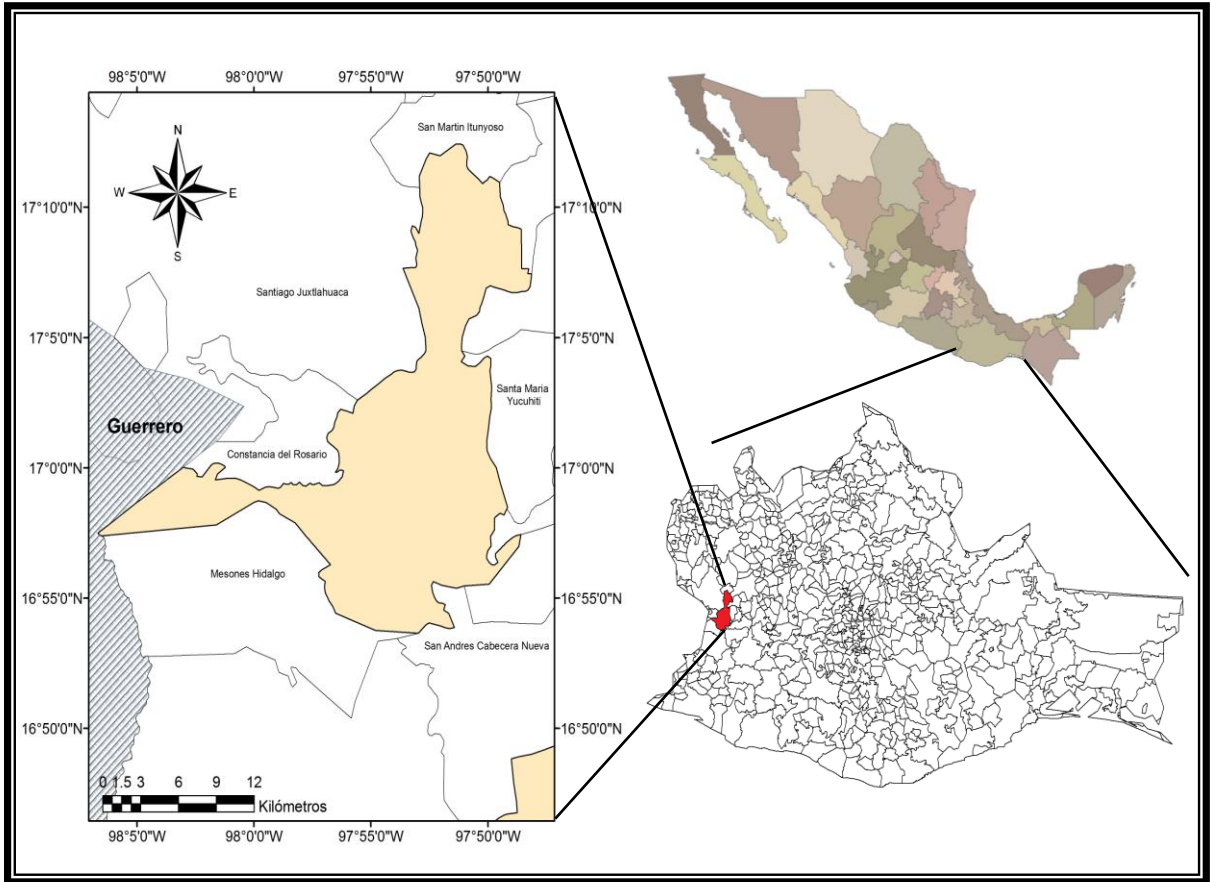
### Zona de estudio

El municipio de Putla Villa de Guerrero se localiza en la parte suroeste del estado, en la coordenada 98<sup>0</sup>6'38" longitud oeste y 17<sup>0</sup>12'33" latitud norte y se encuentra entre altitudes de 460 a 2 800 m. Limita al norte con Santiago Juxtlahuaca, San Martín Itunyoso, Heroica Ciudad de Tlaxiaco; al sur con San Andrés Cabecera Nueva; al oriente con Santa Lucía Monte Verde y San Andrés Cabecera Nueva; al poniente con Constanza del Rosario, el estado de Guerrero, Santa María Zacatepec y Mesones Hidalgo (Figura 1). Su distancia aproximada a la capital del estado es de 374 kilómetros (INEGI, 2001).

La superficie total del municipio es de 884.15 km<sup>2</sup> y representa el 0.92% de la entidad. En su orografía destacan los cerros de la Campana con 960 m, Tinaja a 920 m, Pájaro a 1 300 m y el Castillo a 785 m.

En el municipio se forma una serie de pequeñas cuencas que dan origen a tres ríos permanentes, además de una infinidad de pequeños arroyos intermitentes. Estos ríos son el Río de la Cuchara que recorre la cabecera del distrito con una dirección noreste-sureste, y los ríos de Copala y la purificación que la recorren con una dirección noroeste-sureste. Los tres ríos se unen en un gran cañón rodeado por sierras escarpadas para formar el río localmente conocido como Río Grande, el cual posteriormente se une al Río Sordo, principalmente tributario del Río Verde que desemboca en la vertiente del océano Pacífico al noroeste de la bahía de Chacahua (Tamayo, (1980) citado por Solano, 1990).

Cabe señalar que los suelos más importantes por su extensión son Luvisol, Cambisol, Regosol, Leptosol y Fluvisol (INEGI, 2001). Los principales tipos de vegetación presentes son bosque de pino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia y bosque mesófilo de montaña (Arriaga *et al*, 2000). Por las condiciones climáticas, sus recursos naturales son diversos, así la riqueza de cultivos y sus variedades esta representada por cultivos de café, caña, mango, maíz, piña, plátano, entre otros, mientras que, en los forestales figuran el pino, ocote y encino (INEGI, 2001).



**Figura 1.** Zona de estudio en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

Se realizaron 15 recorridos incluyendo todas las localidades posibles en el área que ocupa el municipio. Se practicó la apertura de 29 perfiles de suelo, mismos que fueron georeferenciados y fotografiados; en cada caso se hizo una descripción ecológica del sitio seleccionado y la descripción morfológica del suelo (Cuanalo de la Cerda, 1975). Los suelos fueron identificados en campo con base en la WRB, versión 2007. Finalmente se tomaron muestras por horizonte genético de aproximadamente 1kg, mismas que se transportaron al laboratorio para su análisis. Por otra parte se hicieron 62 barrenaciones que permitieron definir el límite entre los suelos o en su defecto la verificación de los tipos de suelos, cabe mencionar que se seleccionaron los sitios menos perturbados.

Los análisis de las muestras de suelo con fines de clasificación fueron aquellos parámetros que sirvieron para definir los Grupo de Suelo de Referencia de la clasificación,

así como los calificadores de la misma, cuando éstos fueron distintivos de naturaleza química o física, por ejemplo contenido carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 1). Las determinaciones se hicieron utilizando los métodos recomendados por la NOM-021-RECNAT-2000.

Con los datos de campo y los resultados del análisis de laboratorio, se ratificó o rectificó el GSR de cada localidad basada en la WRB versión 2007, se elaboró una clave resumida e ilustrada con la GSR tipo, con el fin de permitir la identificación de los suelos del municipio. En la clave se describe cada GSR y se incluyen las descripciones de los horizontes, características y materiales de diagnóstico. También una descripción de los calificadores de primer y segundo nivel para cada suelo. Así como sus códigos recomendados para los Grupos de Suelos de Referencia, calificadores y especificadores.

Finalmente se realizó el mapa de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, tomando en cuenta la NOM-023-RECNAT-2001. Para la realización del mapa fue considerada la cartografía topográfica de INEGI y la división municipal de la CONABIO. La información obtenida fue sobrepuesta en el programa ArcView 3.2 para generar un modelo de elevación digital que permitiera visualizar las geoformas más importantes del municipio.

Se realizó una base de datos generada con las localidades registradas y su GSR, para ello se utilizó el programa Microsoft ACCES. Posteriormente, se empleó la técnica de interpolación *Natural Neighbor* con el programa ArcGis 9.2, para ello se asignó un valor numérico para cada GSR de todas las localidades. El interpolador *Natural Neighbor* utiliza un método de ponderación promediada. Sin embargo, en lugar de generar un valor de interpolación basado en el promedio ponderado de sus distancias, la interpolación de tipo *Natural Neighbor* (cercanía o proximidad natural) genera una triangulación de Delauney a partir de las locaciones medidas y selecciona los nodos más cercanos para crear polígonos o escudos convexos alrededor de las locaciones que los conforman.

Los valores obtenidos en la interpolación fueron sobrepuestos con el modelo de elevación digital para obtener la relación entre altitud y los tipos de suelo y generar la cartografía correspondiente. Por último con los datos obtenidos de esta relación se calcularon las áreas de superficie de cada GSR y el área total del municipio, el área de superficie de cada GSR fue expresado como un porcentaje del área total del municipio. Tomando en cuenta el tipo de vegetación registrado en cada uno de los sitios muestreados y con base en la información de los límites de cada tipo de vegetación durante los recorridos, se calculó el porcentaje de cada uno de ellos en la zona. Siguiendo esta misma metodología pero utilizando la información correspondiente al uso actual del suelo, se calculó este parámetro para cada GSR expresado en porcentaje. En el cuadro 1 se muestran los parámetros de laboratorio que se analizaron en las muestras de suelo y que fueron considerados para la identificación del mismo en la WRB, versión 2007, así como el método que fue utilizado en la cuantificación de cada parámetro.

**Cuadro 1.** Métodos utilizados en el análisis físico y químico de muestras de suelo.

| <b>Parámetro</b>                          | <b>Método</b>                                | <b>Fundamento</b>   |
|---|--|---|
| <b>Análisis físicos</b>                   |  |   |
| <b>Color</b>                              | Tablas Munsell (Munsell, 1990).              | Comparación con tablas Munsell (en seco y húmedo)   |
| <b>Densidad aparente</b>                  | De la probeta (Baver, <i>et al.</i> , 1980). | 40 g de suelo tamizado en malla de 2 mm y secado al horno durante 48 horas a 105 °C, fue pesado en una probeta de 10 mL.  |
| <b>Textura</b>                            | Hidrómetro (Bouyoucos, 1962).                | Se utilizó peróxido de hidrógeno para la eliminación de la materia orgánica, oxalato de sodio y metasilicato de sodio como agentes dispersantes.  |
| <b>Análisis químico</b>                   |  |   |
| <b>pH</b>                                 | Potenciómetro (Jackson, 1964).               | Punto de saturación. La suspensión se agitó a intervalos regulares y se reposo por 30 minutos, se utilizó agua destilada. La lectura se tomo con un potenciómetro modelo pH 11 series de marca Oakton.          |
| <b>Materia orgánica</b>                   | Walkley-Black (1934).                        | Se basa en la oxidación de la materia orgánica, primero se realiza la reducción del Cr, después la oxidación de la materia orgánica y por último la valoración del exceso de oxidante con una solución ferrosa. |
| <b>Capacidad de intercambio catiónico</b> | Versenato (Jackson, 1964).                   | Por medio del cloruro de calcio, titulándolo después con EDTA (ácido etilendiaminotetracético disódico)   |

## V RESULTADOS

### **Características ecológicas y de los Grupos de Suelo de Referencia (GSR)**

Se realizaron 15 recorridos a lo largo de los cuales se seleccionaron 29 sitios de muestreo y 62 de verificación. En el Anexo 1 se muestra la descripción ecológica de los sitios y morfológica del perfil de los suelos tipo encontrados en el municipio de Putla, en cada uno de ellos se determinó el Grupo de Suelo de Referencia. El suelo más ampliamente distribuido y heterogéneo es el Luvisol, seguido del Cambisol (Anexo 2). Puede observarse que el Luvisol es un suelo fragmentado en la zona de estudio, en los Anexos 4 y 5 se presenta una descripción general de este tipo de suelo que se encuentra bien representado en el bosque tropical subcadusifolio (BTSC), sin embargo, sobre él también se ha desarrollado el bosque de coníferas (BC) (Figura 2) en localidades como Santiago Yosotiche, Siniyuvi al este y localidades como Charloco y Tierra Colorada, en la parte suroeste del municipio (Anexo 2).

El Cambisol (Anexos 4 y 5) sustenta principalmente vegetación de bosque mesófilo de montaña (BMM) y en menor grado en este tipo de suelo se desarrolla el bosque de coníferas (Figura 2), en localidades como Yucunicoco y al norte en Cerro Pájaro, Carrizal al noreste y San Andrés al sureste del municipio (Anexo 2). El Phaeozem (Anexos 4 y 5) es el único suelo que se encuentra restringido al bosque mesófilo de montaña, hoy fragmentado por el uso agrícola del suelo donde se practica el sistema de roza-tumba y quema, este suelo tiene su génesis a partir de rocas calizas, se encuentra en la localidad de Itunyoso al norte del municipio, el Leptosol (Anexos 4 y 5) es el suelo donde predomina el bosque tropical subcaducifolio en más del 50% de su área de distribución (Figura 2), se puede encontrar en localidades como La Cotorra, la Tortolita al sur, la Mina de Grafito al noreste del municipio (Anexo 2).

La distribución del Regosol (Anexo 4) es muy parecida a la del Leptosol, ya que se presenta en bosque tropical subcaducifolio con un 64% (Figura 2), se localiza en Tierra Colorada al suroeste, en San Miguel Reyes al sur, camino hacia La Cotorra en la parte sureste (Anexo 2). Sin embargo, el Fluvisol (Anexos 4 y 5) es un suelo dedicado al cultivo de diferentes especies en un 50% de su superficie, seguido de pastizal y finalmente en él se

desarrolla bosque tropical subcaducifolio. Se le puede encontrar en localidades como: entrada a Yucunicoco al norte, en Unión Nacional al sur y en Concepción Progreso al este de la cabecera municipal. El Gleysol (Anexos 4 y 5) es un suelo que tiene vegetación acuática y subacuática (Figura 2) y se localiza entre San Juan Lagunas y la cabecera municipal al oeste del municipio (Anexo 2).

### **Análisis físico y químico de los suelos.**

Es importante aclarar que en el Anexo 3 aparecen los análisis físicos y químicos de los 15 perfiles analizados en este estudio. Además se consideraron 14 perfiles más para la elaboración del mapa de suelos del municipio, estos últimos fueron identificados y analizados por Rivera (2010).

Los cambisoles presentaron la más alta variabilidad en su densidad aparente, desde 0.86 hasta 1.28 g cm<sup>-3</sup>, esta se debe a que su textura varía gradualmente con la profundidad hasta llegar a ser más bien arenosa. Por otra parte, los luvisoles presentan las densidades aparentes más bajas desde 0.89 hasta 1.05 g cm<sup>-3</sup>, estos valores se explican por la textura más arcillosa y desde luego por la influencia que tiene la materia orgánica (M.O), en estos suelos se observó una estructura más desarrollada. Con relación a los fluvisoles y el resto de los suelos se encontró una densidad intermedia con respecto a los otros dos tipos de suelo (Anexo 3).

La mayoría de los suelos presenta un pH ácido de 4.09 a 6.77, el intervalo de pH más frecuente en los suelos de la zona varía de 4.6 y 6.3 (el 82% de las muestras), los luvisoles presentan los valores de pH más ácidos desde 4.24 a 7.45, este último valor en el perfil 4 ubicado en el Cerro Pájaro, posiblemente debido al material geológico calcáreo que particularmente influencia a los horizontes profundos donde se encontraron valores por arriba de la neutralidad, sin embargo, en la superficie de este mismo perfil, el pH es de 4.9. Los cambisoles tienen una menor acidez respecto a los luvisoles, quizá se debe a la menor madurez de estos suelos donde los materiales parentales aún liberan alguna cantidad de bases por intemperismo. Los fluvisoles son menos ácidos, los pH van de 5.18 a 6.05 (Anexo 3).

Con relación al contenido de materia orgánica se encontró que varía según el grado de perturbación de la cobertura vegetal, sin embargo, los cambisoles tienen un mayor contenido de MO, este varió de 5.99 a 16.37, cabe señalar que los cambisoles soportan vegetación de bosque mesófilo y esta es la cubierta vegetal menos alterada. Los luvisoles, ocupan el segundo lugar como suelo más rico en materia orgánica, su contenido varió desde 3.23 hasta 16.72 %, debido a que están sometidos a explotación forestal, uso agrícola y uso pecuario, su menor contenido de materia orgánica se atribuye al cambio de uso (Figura 5).

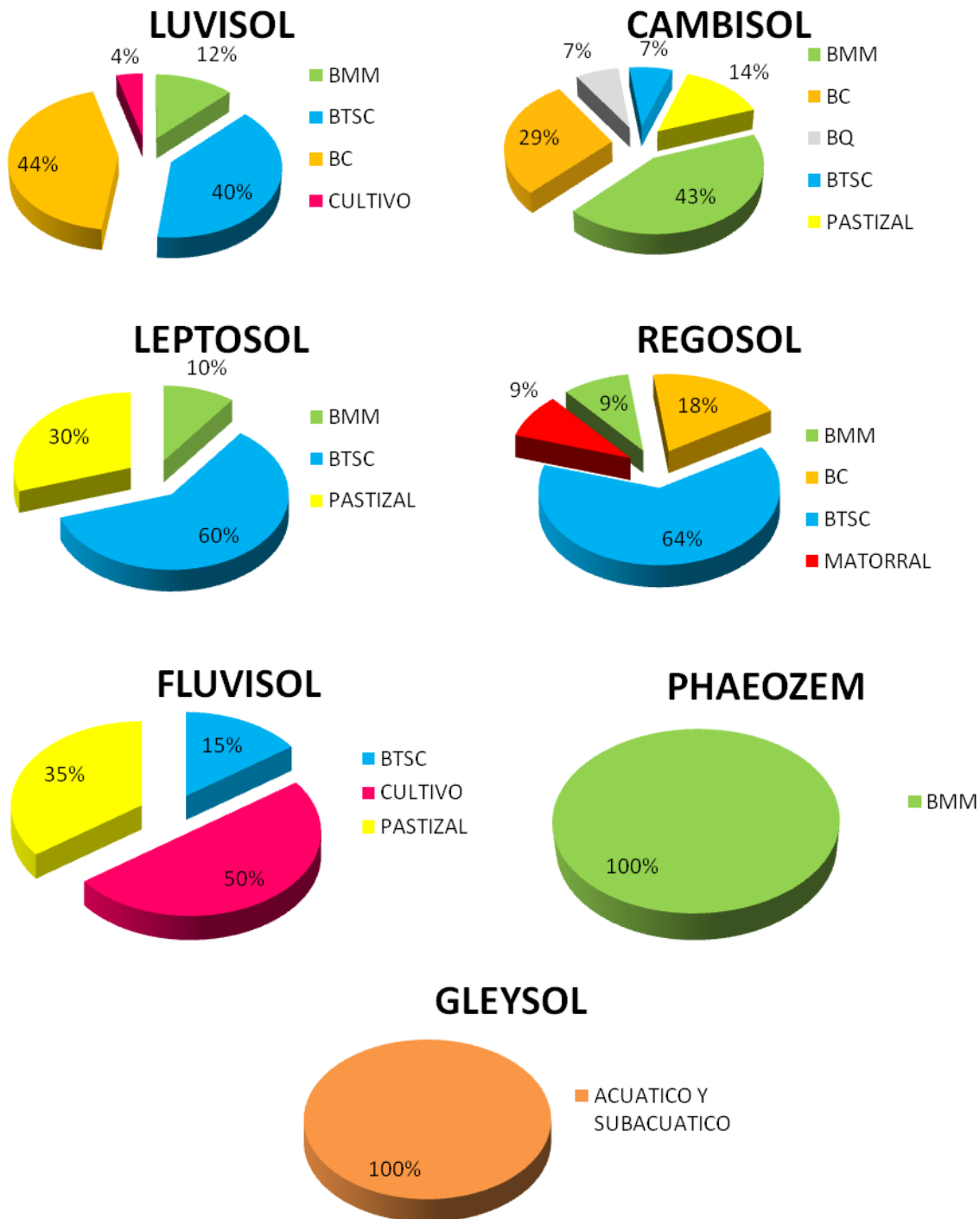
Los fluvisoles son suelos que también están bien representados, se encuentran en las partes bajas planas y semiplanas del municipio, son sitios receptores que tienen un contenido de materia orgánica de 6.55 a 7.79, el uso agrícola y pecuario con vegetación de pastizales inducidos, justifican los contenidos de materia orgánica registrados, el resto de los suelos están menos representados en el municipio y sus contenidos de materia orgánica variaron en función del grado de perturbación y su uso (Anexo 3, Figura 5). El 75% de las muestras de suelos que se estudiaron presentan capacidades de intercambio catiónico (CIC) que oscilan de 10.4 a 40  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , el resto de las muestras tienen capacidades de intercambio catiónico mayores.

Los cambisoles se caracterizaron por tener una mayor homogeneidad en los valores de CIC, oscilaron de 13.6 a 56.8  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , esta uniformidad probablemente está determinada por la materia orgánica humificada y por el contenido de arcilla, sin embargo, los luvisoles son los suelos con más alta CIC, en este caso el complejo de cambio se ve favorecido por el contenido de arcilla y materia orgánica, los fluvisoles presentan baja CIC y el contenido de arcilla no es superior a 2.88 %, razón por la cual su capacidad de intercambiar cationes principalmente se debe a la materia orgánica (Anexo 3).

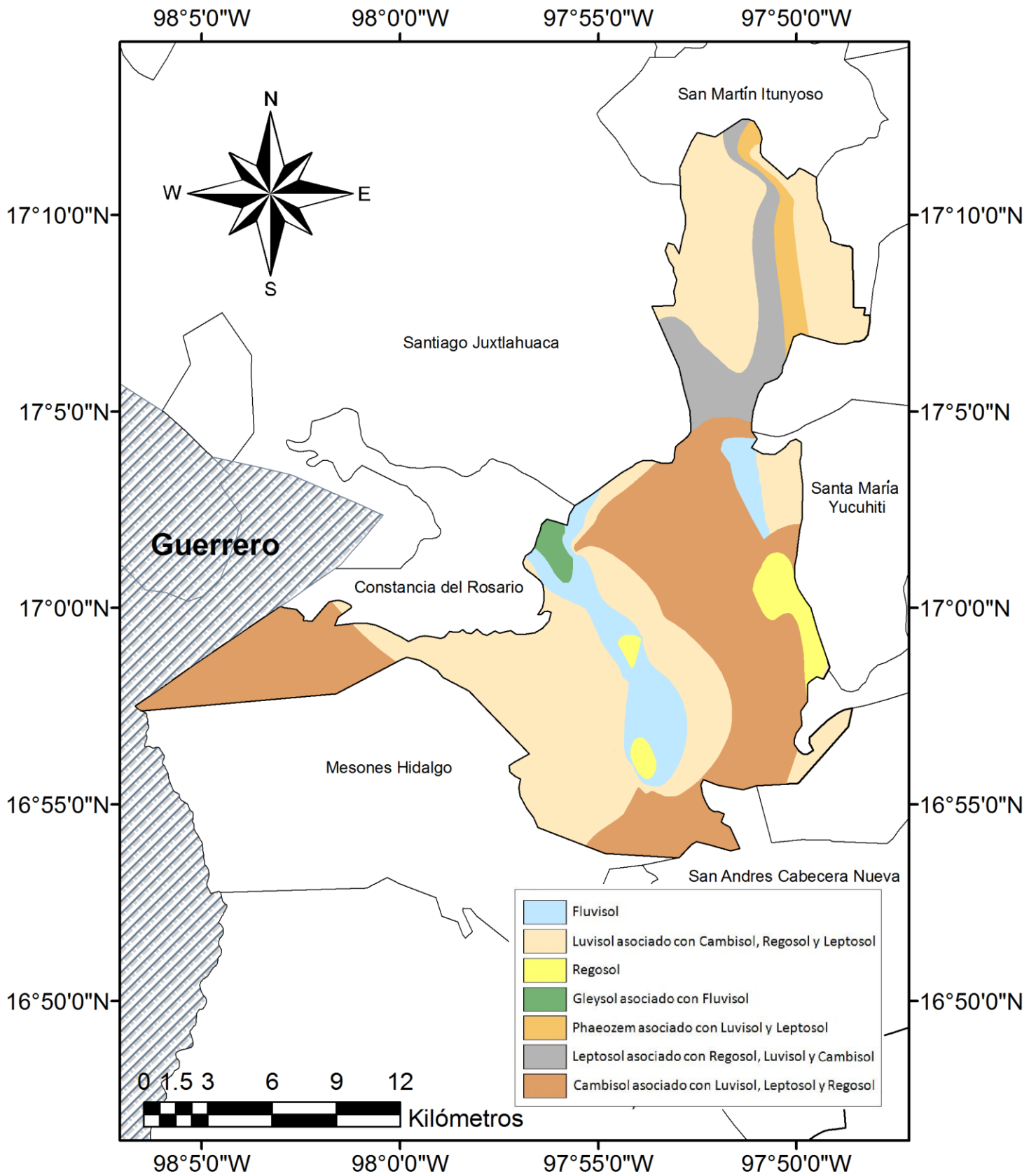
Los cambisoles presentaron un contenido de MO de 16.20 y 16.38%, mientras que el Luvisol registró un menor contenido (3.23 a 16.72%). Para la capacidad de intercambio catiónico se registraron valores mínimos de 10.4 a 23.2  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  en Fluvisol, mientras que, el Luvisol presenta valores de 64.8 a 85.6  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Las texturas van de arena, arena migajonosa, migajón arenosa, migajón, migajón arcilloso a arcilloso. El suelo más arcilloso es el Luvisol y el suelo más arenoso es el Fluvisol. Con la información de campo y la verificación de los grupos de suelo de referencia al considerar el análisis de laboratorio y



apoyados en el programa Arc View, se elaboró el mapa que muestra la distribución de los suelos del municipio (Figura 3).



**Figura 2.** Tipos de vegetación que se presentan en cada uno de los Grupos de Suelo de Referencia. BC: bosque de coníferas; BMM: bosque mesófilo de montaña; BQ: bosque de *Quercus*; BTSC: bosque tropical subcaducifolio.



**Figura 3.** Mapa de distribución de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca (escala 1:222.980).

## **Suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, su vegetación y usos.**

Se encontró que el Luvisol tiene un perfil de tipo OABC, presenta una diferenciación pedogenética de arcilla con un bajo contenido en el suelo superficial y mayor en el subsuelo sin lixiviación marcada de cationes básicos o meteorización avanzada de arcillas de alta actividad.

El Luvisol es el Grupo de Suelos Referenciados (GSR) más representativo del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, ocupa un área de 38 145.95 ha, se distribuyen al norte y al noreste del municipio, se localiza a altitudes de 738 m hasta 2 620 m. En el municipio sustenta diferentes tipos de vegetación como bosque mesófilo de montaña (BMM) en el que figuran como dominantes ecológicos *Liquidambar styraciflua*, *Ostrya virginiana*, *Conostegia arborea*, *Oreopanax sanderianus* y *Alnus acuminata*, bosque tropical subcaducifólio (BTSC) con: *Homalium senarium*, *Hymenaea courbaril*, *Ficus obtusifolia*, *Cupania glabra* y *Bursera simaruba* y bosque de coníferas (BC) donde dominan ecológicamente *Pinus oocarpa*, *Pinus teocote* var. *quinquefoliata*, *Pinus pseudoestrobis*, *Byrsonima crassifolia* y *Clethra hartwegi*, entre otras (Rivera, 2010).

El uso actual de los luvisoles es forestal, agrícola y pecuario (Cuadro 3), en el área de estudio el 60% de la superficie de este suelo es de uso forestal y el 15% tiene uso pecuario (Figura 5). Al tomar en cuenta los calificadores de grupo I y II, el Luvisol se diversifica en: LV. háplico (dístrico, arcíllico, crómico), LV. háplico (húmico, epidístrico, arénico), LV. árgico, LV. dístrico, LV. lítico, LV. eútrico (crómico, húmico, férrico.) y LV. álbico (Cuadro 2).

El Cambisol se caracteriza por una meteorización ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla iluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. El perfil es de tipo OABC. El Cambisol es el tercer grupo de referencia más representativo, cubre una superficie de 32 293.40 ha, se distribuye al norte y este del municipio, estos suelos se encuentran a altitudes que varían de 772 a 2 435 m, la vegetación que en ellos se desarrolla es por orden decreciente de importancia, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, pastizal, bosque tropical subcaducifolio, bosque de *Quercus*

(BQ) (Figura 2). El 86% de la superficie del suelo es de uso forestal y el 14% se destina al uso pecuario (Cuadro 3 y Figura 5). Los Cambisoles en el municipio se diversifican con base en los calificadores del Grupo I y II en: CM. frágico (húmico, dístrico, gréyico), CM. cámbico, CM. háplico (húmico), CM. háplico (húmico, láxico) (Cuadro 2).

El fluvisol presenta un perfil OAC, con evidencias de estratificación y una débil diferenciación de horizontes, pero puede estar presente un horizonte superficial diferente en cada suelo. Este GSR es el segundo más representativo en el municipio, ya que abarca una superficie de 6 375.08 ha, esta distribuido en la parte suereste y oeste del municipio, se localiza a altitudes de 678 a 1 512 m y sustenta las cubiertas vegetales: bosque mesófilo de montaña y bosque tropical subcaducifolio. Actualmente su uso es forestal, agrícola y pecuario (Cuadro 3). El Fluvisol es el único suelo en el cual el 70% de su superficie es de uso agrícola (Figura 5). Con base en los calificadores en el municipio se presentan el FL. háplico (húmico, láxico) y el FL. háplico (Cuadro 2).

El Leptosol es un suelo con un perfil de tipo OAR. Presentan roca continua en o muy cerca de la superficie o son extremadamente gravillosos. Por su extensión en el municipio de Putla, este GSR ocupa el cuarto lugar, con un área total de 5 923.81 ha, se distribuyen al norte y al noreste del municipio en altitudes que varían de 727 a 2 135 m, dentro de estas altitudes encontramos tres diferentes tipos de vegetación que son bosque tropical subcaducifolio, bosque mesófilo de montaña y pastizal, su uso es forestal y pecuario (Cuadro 3). En el municipio se encontró únicamente al Leptosol lítico (Cuadro 2).

El Regosol presenta un perfil tipo OAC y no presentan horizontes de diagnóstico. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo, debido a la aridez. Este GSR es de los menos representados en el municipio, tan solo alcanza una superficie de 2 821.76 ha y se localiza en la parte este y sur del municipio, se distribuye en altitudes de 733 a 2 069 m, bajo coberturas vegetales arbustivas de *Byrsonima crassifolia*, *Clethra mexicana* y *Curatela americana*, como las de mayor importancia (Rivera, 2010) y donde el estrato herbáceo de gramíneas esta bien representado, bosque tropical subcaducifolio, bosque de coníferas y en menor grado bosque mesófilo de

montaña. Su uso es forestal en el 91% de su superficie y pecuario 9% (Cuadro 3). En el municipio se encontraron RG. háplico (húmico, dístrico, arénico), RG. háplico (esquelético, arénico) y RG. taptovítrico (arénico) (Cuadro 2).


El Phaeozem presenta un horizonte mólico (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en los Chernozem), principalmente sobre horizonte subsuperficial cámbico o árgico. El perfil es de tipo OABC. El Phaeozem representa el sexto lugar como GSR en el municipio con un área de superficie de 2 194.70 ha y se localizan al noreste del municipio, se encontró solo en bosque mesófilo de montaña a una altitud de 2 476 m. Su uso es forestal (88%) y agrícola 12% (Cuadro 3, Figura 5). En el municipio se encontraron Phaeozem lúvico (abruptico, páquico, arénico) (Cuadro 2).

Por último, el grupo de suelo de referencia menos representativo es el Gleysol con un área de superficie de 627.06 ha, se distribuye únicamente al oeste del municipio y se encontró solo en bosque tropical subcaducifolio a altitudes de 726 m. Este GSR sustenta vegetación acuática y subacuática en un 95% de su extensión y el resto tiene uso pecuario (Cuadro 3, Figura 5). El Gleysol presenta evidencias de procesos de reducción con segregación de compuestos de Fe dentro de 50 cm de la superficie del suelo. En el municipio sólo se encontró GL. hístico (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Descripción para los calificadores de los grupos I y II encontrados en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. Los códigos correspondientes se presentan en el anexo 6.



| GSR                    | CALIFICADORES GRUPO I Y II                 | DESCRIPCIÓN  |
|------------------------|--|--|
| <b>Cambisol<br/>CM</b> | háplico (húmico, lático)<br><br>ha(hu, la) | Háplico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.<br><br>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.<br><br>Lático: densidad aparente menor de 0.9 kg dm <sup>-3</sup> , en una capa de suelo mineral de 20 cm o más de espesor, que comienza dentro de 75 cm de la |


|  |  |
|--|--|
|  | <p>superficie del suelo.</p>   |
|  | <p>háptico (húmico)<br/>ha (hu)</p> <p>Háptico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p>   |
| <p>frágico (húmico, dístrico, gréyico)<br/>fg (hu, dy, gz)</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p> <p>Dístrico: saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 % en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.</p> <p>Gréyico: color Munsell con una croma de 3 o menos en húmedo, un valor de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco y granos de limo o arena no revestidos sobre las caras estructurales dentro de 5 cm de la superficie del suelo.</p> | <p>Frágico: horizonte subsuperficial natural no cementado con agregación y un patrón de porosidad tal, que las raíces y agua de percolación sólo penetran el suelo a lo largo de caras interpedales y vetas. El carácter natural excluye pisos de arado y panes superficiales por tráfico.</p>   |
|  | <p>Háptico (crómico)<br/>ha (cr)</p> <p>Háptico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Crómico: tienedentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, con un matiz Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un matiz de 7.5 YR y una croma en húmedo de más de 4.</p> |
| <p><b>Luvisol<br/>LV</b></p>   | <p>Háptico (dístrico, arcílico, crómico)</p> <p>Háptico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p>  |
|  |  |

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p>ha (dy, ce,cr)</p>   | <p>Dístrico: saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 % en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.</p> <p>Arcíllico: que tiene una textura arcillosa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p> <p>Crómico: tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, con un matiz Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un matiz de 7.5 YR y una croma húmedo de más de 4.</p>  |
|   | <p>háplico (húmico, epidístrico, arénico)</p> <p>ha (hu, ed,ar)</p> | <p>Háplico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1 % o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p> <p>Epidístrico: saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 % en todo el espesor entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo.</p> <p>Arénico: textura arenosa franco fina o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p> |
|   | <p>dístrico</p> <p>dy</p>   | <p>Dístrico: saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50 % en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.</p>   |
|   | <p>léptico</p> <p>le</p>  | <p>Léptico: roca continua que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>   |
|   | <p>eútrico</p> <p>eu</p>  | <p>Éútrico: una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 % o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida, o en una capa de 5 cm o más de espesor, directamente encima de roca continua si la roca continua comienza dentro de 25 cm de la superficie del suelo.</p>  |
|   |   | <p>Háplico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización</p>  |

|                               |  |   |
|-------------------------------|--|---|
|                               | <p>háptico (crómico, húmico, férrico)</p> <p>ha (cr, hu, fr)</p>           | <p>adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Crómico: tiene dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, con un matiz Munsell más rojo que 7.5 YR o que tiene ambos, un matiz de 7.5 YR y una croma, húmedo, de más de 4.</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p> <p>Férrico: horizonte en el cual la segregación de Fe, y manganeso (Mn), ha tenido lugar en tal grado que se forman grandes moteados o nódulos discretos y la matriz entre moteados y entre nódulos está muy empobrecida en Fe dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p> |
|                               | <p>Álbico<br/>Ab</p>   | <p>Álbico: horizonte subsuperficial de color claro, la estructura del suelo es débil o carece completamente de ella y comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>   |
| <p><b>Fluvisol<br/>FL</b></p> | <p>háptico</p> <p>ha</p>   | <p>Háptico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p>  |
|                               | <p>háptico (ántrico, húmico, dístrico, arénico)</p> <p>ha (am, dy, ar)</p> | <p>Háptico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Ántrico: horizonte superficial moderadamente grueso, de color oscuro que resulta del cultivo prolongado.</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p> <p>Dístrico: tiene una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o</p>   |



|  |   |  |
|--|---|--|
|                                 |   | <p>endurecida.</p> <p>Arénico: que tiene una textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>  |
| <p><b>Leptosol<br/>LP</b></p>  | <p>lítico (dístrico)</p> <p>li (dy)</p>                           | <p>Lítico: roca continua que comienza dentro de 10 cm de la superficie del suelo.</p> <p>Dístrico: que tiene una saturación con bases (por <math>\text{NH}_4\text{OAc}</math> 1 M) menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.</p>  |
| <p><b>Regosol<br/>RG</b></p>   | <p>háplico (húmico, dístrico, arénico)</p> <p>ha (hu, dy, ar)</p> | <p>Háplico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Húmico: contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral en la fracción tierra fina como promedio ponderado.</p> <p>Dístrico: tiene una saturación con bases (por <math>\text{NH}_4\text{OAc}</math> 1 M) menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecida.</p> |

|   |  |  |
|---|--|--|
|    |  | <p>Arénico: textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>   |
|   | <p>háplico<br/>(esquelético,<br/>arénico).<br/><br/>ha (sk,ar)</p>         | <p>Háplico: expresión típica de ciertos rasgos (típica en el sentido de que no hay una caracterización adicional o significativa) y sólo se usa si no aplica ninguno de los calificadores previos indicados en el Grupo I.</p> <p>Esquelético: tiene 40% o más (en volumen) de gravas u otros fragmentos gruesos promediado en una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta roca continua o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.</p> <p>Arénico: textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>   |
|   | <p>taptovítrico<br/>(arénico)<br/><br/>bv (ar)</p>                         | <p>Taptovítrico: tiene dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas enterradas con propiedades ándicas o vítricas con un espesor combinado de 30 cm o más.</p> <p>Arénico: textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.</p>   |
| <p><b>Gleysol<br/>GL</b><br/>No se presenta<br/>fotografía del perfil<br/>desuelo por tratarse de<br/>una zona inundada<br/>permanentemente</p> | <p>hístico<br/><br/>hi</p>   | <p>Hístico: horizonte superficial, o un horizonte subsuperficial que ocurre a poca profundidad, que consiste de material orgánico pobremente aireado.</p>  |
| <p><b>Phaeozem<br/>PH</b></p>   | <p>lúvico (abruptico,<br/>páquico, arénico).<br/><br/>lv (ap, ph, ar).</p> | <p>Lúvico: horizonte árgico que tiene una CIC (por <math>\text{NH}_4\text{OAc}</math> 1 M) de <math>24 \text{ cmolc kg}^{-1}</math> arcilla o más en todo su espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el horizonte.</p> <p>Árgico: tiene por encima textura de arenoso franco o más gruesa en todo su espesor, y una saturación con bases (por <math>\text{NH}_4\text{OAc}</math> 1 M) de 50% o más en la mayor parte entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.</p> <p>Abruptico: cambio textural abrupto dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.</p> |



Páquico: horizonte mólico o úmbrico de 50 cm o más de espesor.

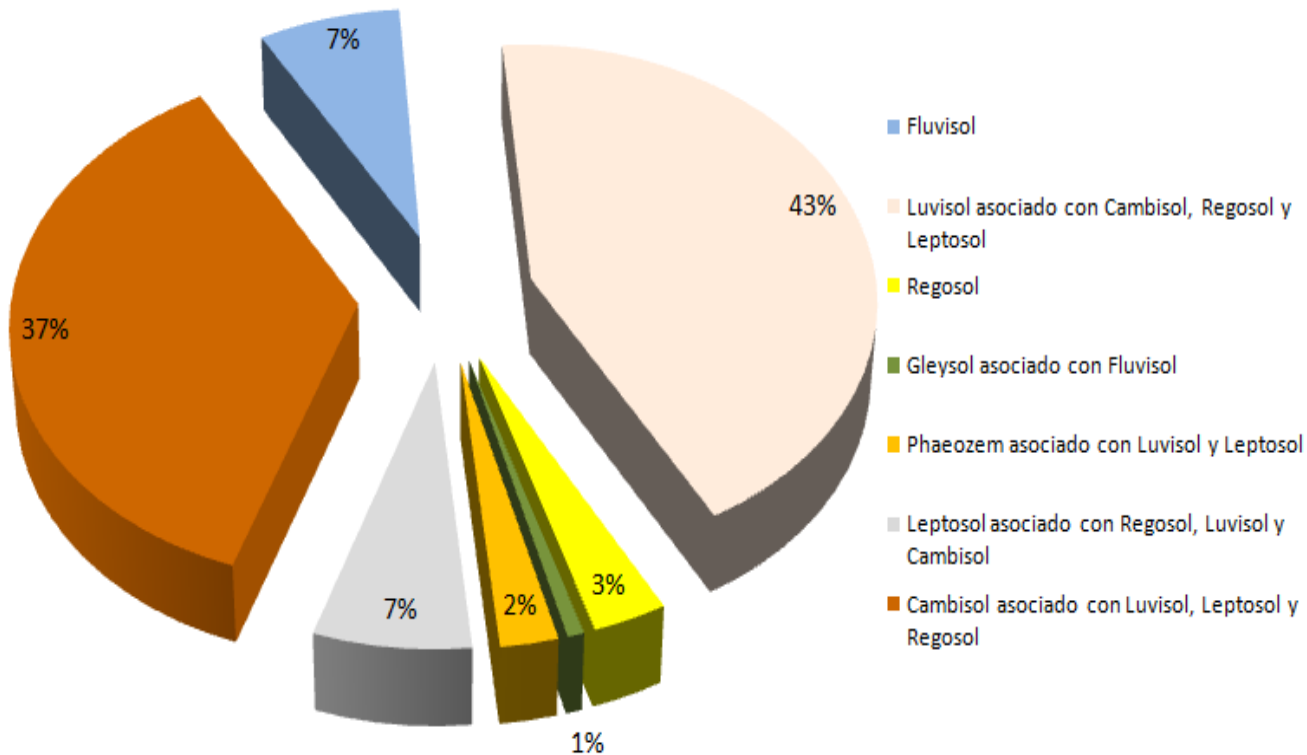
Arénico: textura arenoso franco fino o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.

**Cuadro 3.** Suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, de acuerdo con la WRB, 2007.

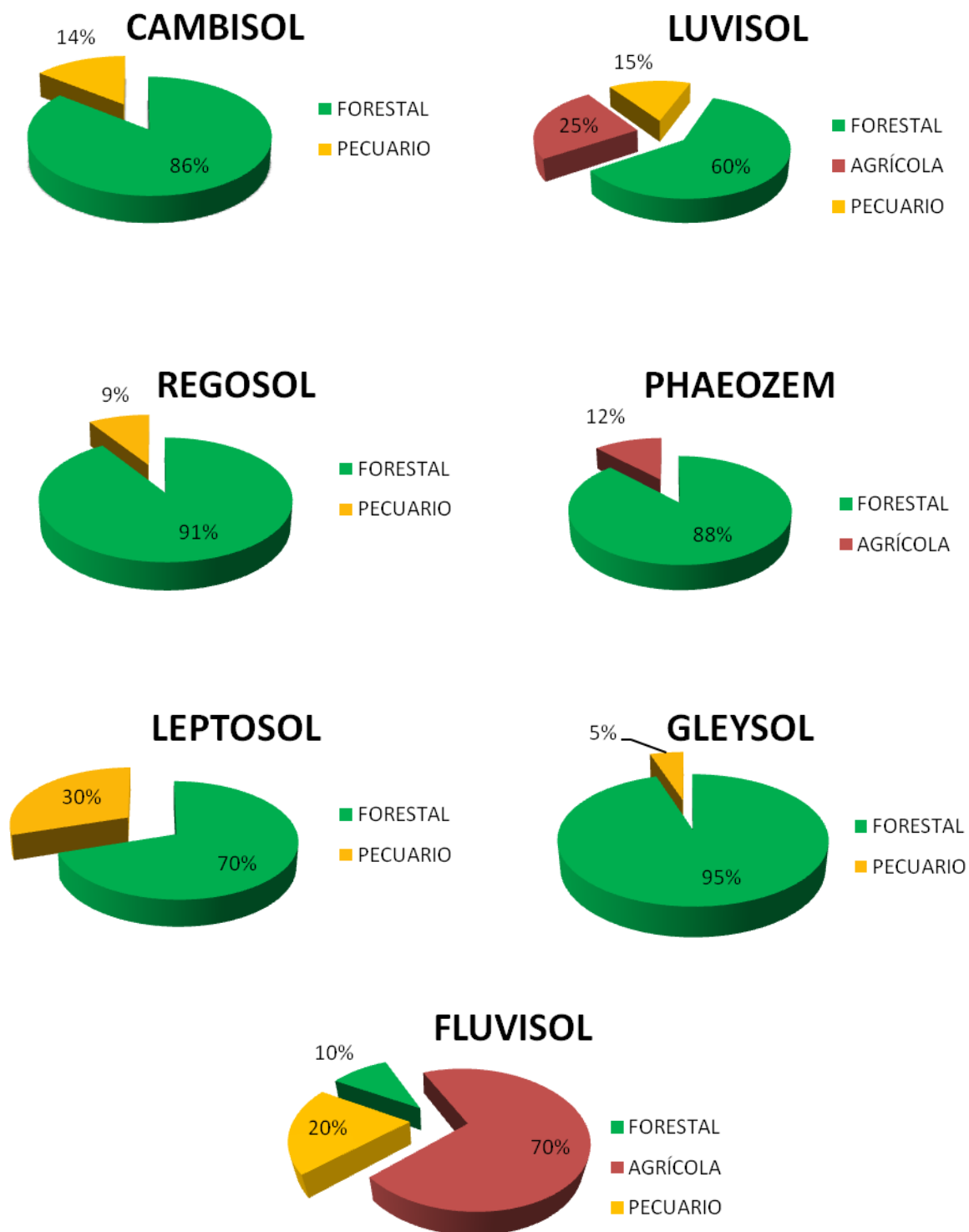
| Tipo de suelo(GSR) | Calificadores grupo I   | Calificadores grupo II                              | Perfil           | Vegetación Rzendowski (1978) *     | Exposición              | Uso actual                         | Superficie (ha) | Altitud (m) |
|--------------------|-------------------------|---|------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------|
| Luvisol LV         | Háplico Léptico Albico  | Crómico Húmico Férrico Epidistrico Arénico Arcílico | O<br>A<br>B<br>C | BMM<br>BTSC<br>BC                  | Norte<br>Noreste<br>Sur | Forestal<br>Agrícola<br>Pecuario   | 37930.04        | 738<br>2620 |
| Fluvisol (FL)      | Háplico                 | Antrico Húmico Dístico arénico                      | O<br>A<br>C      | BTSC<br>BMM                        | Sur Este<br>Oeste       | Forestal<br>Agrícola<br>Pecuario   | 32271.475       | 678<br>1512 |
| Cambisol (CM)      | Háplico Cambico Frágico | Húmico Lático Dístico Gréyco                        | O<br>A<br>B<br>C | BMM<br>BTSC<br>BC<br>PASTZAL<br>BQ | Norte<br>Este           | Forestal<br>Pastoreo<br>(Ganadero) | 6542.71         | 772<br>2435 |
| Leptosol (LP)      | lítico                  | Dístico   | O<br>A<br>R      | BTSC<br>BMM<br>PASTZAL             | Norte<br>Noreste        | Forestal<br>Pecuario               | 5923.805        | 727<br>2135 |
| Regosol (RG)       | Háplico Taptóvitrico    | Húmico Dístico Arénico Esqueético                   | O<br>A<br>C      | BTSC<br>BC<br>MATORRAL<br>BMM      | Este<br>Sur             | Forestal<br>Pecuario               | 2740.865        | 733<br>2069 |
| Phaeozem (PH)      | Lúvico                  | Abtrúptico Páquico Arénico                          | O<br>A<br>B<br>C | BMM                                | Noreste                 | Forestal<br>Agrícola               | 2121.96         | 2476        |
| Gleysol(GL)        | Hístico                 |   |                  | BTSC                               | Oeste                   | Forestal<br>Pecuario               | 884.15          | 726<br>755  |

\*BMM: bosque mesófilo de montaña, BTSC: bosque tropical subcaducifolio, BC: bosque de coníferas, BQ: bosque de *Quercus*.

Con base en el mapa de suelos del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca (Figura 3), se encontró que el suelo con mayor superficie es el LV (38 145.95 ha), es decir, abarca el 43% de la superficie total, el CM es el segundo suelo mejor representado, cubre una superficie de 32 293.42 ha (37%). El FL representa el 7% y abarca 6 375.08 ha, el LP a 5 923.81 ha, mientras que, el RG, PH y el GL cuentan con una superficie de 2 821.76 ha, 2 194.71 ha y 627.06 ha respectivamente. La superficie total del municipio es de 88 381.79 ha (Figura 4).



**Figura 4.** Superficie que cubren los GSR presentes en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.



**Figura 5.** Usos de suelo para cada GSR, en el municipio Putla Villa de Guerrero, Oaxaca.

Con la descripción de campo y los resultados del análisis de laboratorio practicado a las muestras de suelos de cada uno de los horizontes genéticos y con base en la clave de suelos de la WRB versión 2007, se elaboró la siguiente clave de los Grupos de Suelo de Referencia (GSR), en la que se incluye la descripción de los calificadores de los grupos I y II para cada GSR del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, con el fin de poder identificar de manera rápida y precisa cada uno de ellos.

**CLAVE PARA LOS GRUPOS DE SUELO DE REFERENCIA DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 Suelos con influencia del agua.....                            | 2                          |
| 2 Afectados pos corrientes de agua superficiales.....            | Fluvisol (háplico)         |
| 2 Afectados por saturación con agua freática subterráneas.....   | Gleysol (hístico)          |
| 1 Suelos sin influencia del agua.....                            | 3                          |
| 3 Subsuelo rico en arcilla.....                                  | Luvisol                    |
| 3 Subsuelo pobre en arcilla.....                                 | 4                          |
| 4 Ligera translocación de arcilla.....                           | Cambisol                   |
| 4 Sin evidente translocación de arcilla.....                     | 5                          |
| 5 Ricos en humus.....  | Phaeozem (lúvico)          |
| 5 Pobres en humus.....   | 6                          |
| 6 Perfil desarrollado hasta 25cm de profundidad.....             | Leptosol lítico (dístrico) |
| 6 Perfil semidesarrollados, con más de 25 cm de profundidad..... | Regosol                    |

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO I PARA LOS LUVISOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos que presentan calificadores típicamente asociados y calificadores integrados...2
  - 2 Horizonte subsuperficial presente de color claro, del cual han sido removidos la arcilla y óxidos de hierro libres..... álbico
  - 2 Horizonte subsuperficial ausente de color claro, del cual han sido removidos la arcilla y óxidos de hierro libres.....3
    - 3 Presenta un horizonte subsuperficial con un contenido de arcilla mayor que el material suprayacente y evidencias de iluviación de arcilla.....árgico
    - 3 Carece de un horizonte subsuperficial con un contenido de arcilla mayor que el material suprayacente y sin evidencias de iluviación de arcilla.....4
      - 4 Presencia de roca continua que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.....léptico
      - 4 Ausencia de roca continua que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo.....5
        - 5 Horizonte con una saturación con bases menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo.....dístrico
        - 5 Horizonte con una saturación con bases de 50% o más en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo.....eútrico
- 1 Suelos sin la presencia de calificadores típicamente asociados ni calificadores integrados.....háptico



**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO I PARA CAMBISOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos que presentan calificadores típicamente asociados y calificadores integrados.....2
  - 2 Horizonte subsuperficial sin cementación, con agregación y un patrón de porosidad tal que las raíces y agua de percolación sólo penetran el suelo a lo largo de caras interpedales.....frágico
  
- 1 Suelos sin la presencia de calificadores típicamente asociados ni calificadores integrados: .....háptico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO I PARA REGOSOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos que presentan calificadores típicamente asociados e integrados.....2
  - 2 Presenta dentro de 100 cm de la superficie del suelo una o más capas enterradas con propiedades ándicas o vítricas con un espesor combinado de 30cm o más..... taptovítrico
  
- 1 Suelos que carecen de calificadores típicamente asociados e integrados.....háptico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO II PARA REGOSOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos con textura arenosa..... arénico
  
- 1 Suelos sin textura arenosa.....2
  - 2 Contenido de carbono orgánico de 1% o más hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.....húmico
  
  - 2 Contenido de carbono orgánico menor a 1% a una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.....3
    - 3 Más de 40% de gravas hasta una profundidad de 100 cm de la superficie de suelo o hasta roca.....esquelético
  
    - 3 menos del 40% de gravas hasta una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo o hasta la roca.....4

- 4 Con una saturación con bases mayor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm.....éutrico
- 4 Con una saturación con bases menores de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm.....dístrico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO II PARA CAMBISOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

1 Suelos con 1% o más de carbono orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm.....húmico

1 Suelos con menos de 1% de carbono orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm.....2

2 Saturación con bases menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua .....dístrico

2 Saturación de bases mayor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y la roca continua.....3

3 Densidad aparente menor de  $0.9 \text{ kg dm}^{-3}$  en una capa de suelo mineral de 20 cm o más de espesor, que comienza dentro de 75cm de la superficie del suelo y presenta colores Munsell con un croma de más de 3 en húmedo, un value de más de 3 en húmedo y más de 5 en seco y granos de limo o arena no revestidos sobre las caras estructurales dentro de 5 cm de la superficie del suelo mineral.....lájico

3 Densidad aparente mayor a  $0.9 \text{ kg dm}^{-3}$  en una capa de suelo mineral de 20cm o más de espesor que comienza dentro de 75cm de la superficie del suelo y presenta colores Munsell con un croma de 3 o menos en húmedo, un value de 3 o menos en húmedo y 5 o menos en seco y granos de limo o arena no revestidos sobre las caras estructurales dentro de 5 cm de la superficie del suelo mineral.....gréyico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO II PARA PHAEZEMS DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos con textura arenosa.....arénico
- 1 Suelos con textura limosa o arcillosa.....2
  - 2 Cambio textural abrupto dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.....abruptico
  - 2 Sin cambio textural abrupto pero que tienen un horizonte mólico o úmbrico de 50 cm o más de espesor.....páquico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO II PARA FLUVISOLES DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos con 1% o más de carbono orgánico.....2
  - 2 Contiene 1% o más de carbono orgánico hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral cuyo origen es natural .....húmico
  - 2 Contiene 1% o más de carbono orgánico hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral cuyo origen es antropogénico .....ántrico
- 1 Suelos que presentan menos del 1% de carbono orgánico.....3
  - 3 Presenta textura arenosa franco fina o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.....arénico
  - 3 Presenta textura arcillosa o limosa, con una saturación con bases menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo.....4
    - 4 Con una saturación con bases mayor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm.....étrico
    - 4 Presenta una saturación con bases menores de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm.....dístrico

**CLAVE PARA LOS CALIFICADORES GRUPO II PARA LUVISOLES DEL  
MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

- 1 Suelos con evidente cantidad de arcilla o arena dentro de una capa de 30 cm o más de la superficie del suelo.....2
  - 2 Textura arcillosa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.....arcílico
  - 2 Textura arenosa franco fina o más gruesa en una capa de 30 cm o más de espesor, dentro de 100 cm de la superficie del suelo.....arénico
  
- 1 Suelos con una moderada textura arenosa o arcillosa dentro de los 30 cm o más de la superficie del suelo.....3
  - 3 Presenta dentro de 150 cm de la superficie del suelo una capa subsuperficial, de 30 cm o más de espesor, un matiz Munsell más rojo que 7.5 YR.....crómico
  - 3 Presenta dentro de 150 cm de la superficie del suelo de una capa superficial de 30 cm o más de espesor, un matiz Munsell menos rojo que 7.5YR.....4
    - 4 Contiene 1% o más de carbono orgánico en la fracción tierra fina hasta una profundidad de 50 cm desde la superficie del suelo mineral.....húmico
    - 4 Contiene menos del 1% de carbono orgánico en la superficie del suelo mineral.....5
      - 5 Horizonte con segregación de Fe y Mg, presente dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.....férrico
      - 5 Horizonte con segregación de Fe y Mg, ausente dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.....6
        - 6 Saturación con bases menor de 50% en la mayor parte entre 20 y 100 cm de la superficie del suelo o entre 20 cm y roca continua o una capa cementada o endurecido.....dístrico
        - 6 Saturación con bases menor de 50% en todo el espesor entre 20 y 50 cm de la superficie del suelo.....epidístrico

## VI DISCUSIÓN

Se utilizó el sistema de clasificación WRB en su versión 2007, ya que esta clasificación se basa en propiedades del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y materiales de diagnóstico que sean medibles y observables en el campo. La selección de características de diagnóstico, toma en cuenta sus relaciones con los procesos formadores de suelos y se seleccionan rasgos de diagnóstico que son significativos para el manejo de este recurso. Los parámetros climáticos no se aplican en la clasificación de suelos, ellos se usan para propósitos interpretativos, en combinación dinámica con las propiedades del suelo, pero no deben formar parte de las definiciones de los Grupos de Suelo de Referencia (GSR).

La heterogeneidad del suelo de esta zona se debe a la variabilidad de materiales geológicos, (se presentan componentes de los tres tipos de socas: roca metamórfica, roca ígnea, roca sedimentaria) tipos de vegetación y gradiente altitudinal, esto conduce a que los factores y procesos de formación actúen con diferente intensidad sobre los materiales parentales y desde luego, sobre la morfología del suelo, esto concuerda con Alfaro (2004) para el estado de Oaxaca.

En el municipio de Putla Villa de Guerrero, se registraron siete unidades de suelo: Luvisol, Cambisol, Fluvisol, Leptosol, Regosol, Phaeozem y Gleysol. A este último suelo se le encontró en la parte más baja del municipio (al sur y occidente). Considerando que el área total de superficie del municipio registrada por la CONABIO es de 88 415 ha y la calculada en campo es de 88 382 ha, se considera que la diferencia registrada es poco significativa y que el mapa obtenido es confiable. Se encontró que el suelo más representativo es el Luvisol, con una superficie de 38 145.95 ha, que corresponde al 43% de la superficie total municipal, seguido por Cambisol que cubre 32 293.42 ha (37%), el Fluvisol continua en importancia con una superficie de 6 375 ha (7%), el Leptosol con 5 924 ha de superficie (7%) y finalmente, los suelos menos representados son: Regosol, Phaeozem y Gléysol con un 3% ,2% y 1% respectivamente. En la parte norte del municipio, entre las altitudes de 1 266 a 2 685m se distribuye el bosque mesófilo de montaña sobre suelos Phaeozem y Cambisol principalmente.

En el municipio el Luvisol crómico está bien representado. Cabe señalar que el LV. háplico y LV. árgico están asociados con Regosol taptovítricos y en menor grado se presenta Leptosol líticos. En los luvisoles se desarrollan bosques tropicales subcaducifolios y bosques de coníferas.

El Luvisol presenta un perfil OABC, donde el horizonte B se caracteriza por estar bien definido y se le encuentra diferenciado en B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y hasta un B<sub>3</sub> (IUSS, 2007). Los luvisoles analizados, se caracterizan por tener una profundidad de 40 cm o más. Las pruebas de campo y de laboratorio indican que la textura del horizonte A es migajón arcillosa, mientras que, la del horizonte B es arcillosa; por esta razón se le conoce como horizonte Bt o árgico. El Bt se caracteriza por tener una mayor fijación, retención o intercambio de cationes (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> y Na<sup>+1</sup>) dado el contenido de arcilla, por lo tanto estos suelos tienen una capacidad de intercambio catiónico alto en comparación con otros horizontes del perfil. En los horizontes árgicos de los luvisoles estudiados se encontraron valores de 22.4 a 85.6 Cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> para la CIC, de acuerdo con la NOM-21-RECNAT-2000 estos valores se consideran altos.

Los luvisoles se encontraron en bosque mesófilo de montaña, bosque tropical subcaducifolio, bosque de coníferas y en zonas de cultivo. En la cuantificación de la materia orgánica se registraron valores de 3.23 a 16.72 (muy bajo a alto, NOM-21-RECNAT-2000). En la mina de grafito localizada al noreste de la cabecera municipal, es decir perfil 2, se encontraron los valores más bajos, mientras que, en el Cerro El Pájaro (Perfil 4) se registran los valores más altos de materia orgánica (Anexo 3). De acuerdo con Buol (1893), las localidades con valores bajos son zonas perturbadas, y los valores altos en las zonas con vegetación primaria no perturbada o con un grado mínimo de perturbación. Por lo tanto, el pH de estos suelos es de ácido a neutro (4.24 a 7.45), los valores cercanos a la neutralidad se encontraron en aquellos sitios donde la roca caliza es el material parental del que se forma el suelo.

Actualmente en el municipio el uso que se les da a los luvisoles, es forestal y agropecuario (Figura 5), es decir, el 40% está degradado y un 60% aun se encuentra

conservado. Sin embargo, la mayoría de los luvisoles son suelos fértiles y apropiados para un rango amplio de usos agrícolas. Los luvisoles con alto contenido de limo son susceptibles al deterioro de la estructura cuando se labran húmedos con maquinaria pesada. Los Luvisoles en pendientes fuertes requieren medidas de control de la erosión. Los Luvisoles en la zona tienen pendientes pronunciadas y se usan para huertos familiares, pastoreo y actividades forestales (IUSS, 2007).

Con relación a los cambisoles estudiados, el horizonte B está en proceso de formación y difícilmente presenta una diferenciación esto concuerda con la descripción de la IUSS (2007). En este caso el horizonte B se caracteriza por tener una débil a moderada alteración del material original y por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica, compuestos de hierro y aluminio, de origen iluvial. El pH es ácido con valores de 5.25 a 6.18 debido a lixiviación de las bases. Presenta un porcentaje de materia orgánica que va desde 5.99% en San Andrés a 16.37% en el Cerro Pájaro, que se interpreta como bajo hasta alto, lo cual indica que los valores más altos corresponden a las zonas menos perturbadas. La capacidad de intercambio de 13.6  $\text{Cmol}_c \text{kg}^{-1}$  en San Andrés a 56.8  $\text{Cmol}_c \text{kg}^{-1}$  en la desviación a Yucunicoco, coincidiendo con Ponge *et al.*, (2002) esto indica un buen complejo de cambio, determinado particularmente por la naturaleza del humus que se forma bajo este pH, CIC, contenido de M.O y color del suelo. La textura es de migajón arcilloso a arenoso. Baver, (1980) indica que los rendimientos que permiten estos suelos dependen en mucho de las condiciones climáticas. Los cambisoles tienen una susceptibilidad moderada-alta a la erosión.

Los cambisoles se sitúan en la parte norte y noreste del municipio, con altitudes de 1200 a 2000 m, se encontraron en bosque mesófilo de montaña, en pastizal inducido, bosque de coníferas, bosque tropical subcaducifolio y bosque de *Quercus*. Actualmente su uso es forestal y pecuario, afortunadamente este es de los suelos menos degradados ya que cuenta con un 86% de vegetación conservada (Figura 5). Estos suelos generalmente constituyen buenas tierras agrícolas y se usan intensivamente.

La IUSS, (2007) considera que los cambisoles con alta saturación con bases en la zona templada están entre los suelos más productivos de la tierra. Los cambisoles más ácidos, aunque menos fértiles, se usan para agricultura mixta y como tierras de pastoreo y forestales. Los cambisoles en pendientes escarpadas es mejor conservarlos bajo bosque; esto es particularmente válido para los cambisoles de zonas montañosas. Los cambisoles en terrenos ondulados o con colinas (principalmente coluviales) se cultivan con una variedad de cultivos anuales y perennes o se usan como tierras de pastoreo.

Los fluvisoles son suelos que fueron formados por materiales arrastrados por agua, estos suelos presentan un horizonte de diagnóstico A ócrico, mólico, úmbrico o hístico. Son suelos poco desarrollados, se encuentran cerca de los ríos (Buol, 1983), se localizan al sureste y oeste, se encuentran a altitudes bajas, es decir, de 460 a 1200 m. La vegetación varía de bosque tropical subcaducifolio a pastizal inducido y cultivo de maíz. Por lo tanto el pH varía de 5.18 a 6.05, según la NOM-21-RECNAT-2000 se clasifica como moderadamente ácidos. La materia orgánica varía en la localidad de Unión Nacional de 6.55 a 7.79%. La degradación de los fluvisoles es severa, debido a que con los cultivos prolongados y los pastizales, estos se degradan rápidamente, en la zona de estudio, solo un 10% se encuentra conservado (Figura 5).

Los fluvisoles del municipio principalmente tienen un uso forestal y agrícola. La mayoría de los fluvisoles presentan una buena fertilidad natural por su cercanía a los ríos, esto hace que se conserve su fertilidad. La IUSS, (2007) recomienda que las tierras para inundar deben estar secas por lo menos durante unas pocas semanas cada año para evitar que el potencial redox del suelo se vuelva tan bajo que aparezcan problemas nutricionales (Fe o H<sub>2</sub>S). Un período seco también estimula la actividad microbiana y promueve la mineralización de materia orgánica. Muchos cultivos de secano se producen también en fluvisoles, normalmente con algún tipo de control de agua.

La descripción morfológica de los leptosoles indica que estos suelos tienen un perfil de tipo AR, lo cual indica que son suelos que tienen una escasa presencia de horizonte de diagnóstico o una ausencia total del mismo (Buol, 1893). Los análisis físicos y químicos



encontrados en el laboratorio para estos suelos coinciden con la descripción general para los Leptosoles de la WRB 2007.

Los Leptosoles muestreados son superficiales, ya que están limitados por roca continua, con frecuencia no tienen horizonte de diagnóstico, la textura es arenosa. La capacidad de intercambio catiónico varía de 12 a 28  $\text{Cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . Por su pH de 4.45 a 4.48 se les clasifica como suelos fuertemente ácidos según la NOM-21-RECNAT-2000. La acidez de estos suelos se debe a la lixiviación de sus bases, por localizarse en áreas con precipitación media anual de 800 a 2200 mm. Por lo tanto, con este intervalo de precipitación favorecen la vegetación arbustiva y arbórea, ya que de esta manera se aportan residuos orgánicos al suelo, así que el porcentaje de materia orgánica en estos suelos fue de 4.96 a 5.17 de acuerdo a la NOM-21-RECNAT (2000), son suelos de clase baja a muy alta, pero en las zonas semiáridas se clasifica como bajas.

Los leptosoles se encontraron a altitudes altas (de 1700 a 2800 m), la vegetación es diversa y va de pastizal inducido, bosque tropical subcaducifolio y bosque mesófilo de montaña. Estos suelos pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Sus factores limitantes son la escasa profundidad, alta pedregosidad y la topografía abrupta (Alfaro, 2004).

Los leptosoles se usan actualmente para pastoreo en el municipio. Son un recurso potencial para este propósito en estación húmeda y tierra forestal. Los leptosoles ácidos comúnmente están bajo bosque de coníferas. La erosión es la mayor amenaza en las áreas de Leptosoles, particularmente en regiones montañosas de zonas templadas donde la alta presión de población, la sobreexplotación y creciente contaminación ambiental llevan al deterioro de bosques y amenazan grandes áreas de leptosoles vulnerables. Los leptosoles en pendientes de colinas generalmente son más fértiles que sus contrapartes en tierras más llanas. Uno o unos pocos cultivos podrían tal vez producirse en tales pendientes pero al precio de erosión severa. Las pendientes pronunciadas con suelos someros y pedregosos pueden transformarse en tierras cultivables a través del aterrazado, remoción manual de piedras y su utilización como frentes de terrazas. La agroforestación (una combinación o

rotación de cultivos arables y árboles bajo control estricto) parece promisorio pero está todavía en una etapa muy experimental. El drenaje interno excesivo y la poca profundidad de muchos leptosoles pueden causar sequía aún en ambientes húmedos en el municipio (IUSS, 2007).

Los regosoles son suelos formados por materiales no consolidados y muchos de ellos son productos residuales de la erosión hídrica de las laderas. Estos suelos se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina, el perfil es de tipo AC (Alfaro, 2004). El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de su edad joven y/o lenta formación del suelo, probablemente es debido a la aridez. Los regosoles se encontraron en bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio y en bosque de coníferas. Se encuentran asociados en algunas ocasiones con leptosoles y luvisoles. Su uso es forestal y pecuario. La degradación de estos suelos en el municipio de Putla es mínima, ya que sólo el 9% es de uso pecuario (Figura 2 y Gráfica 3).

Actualmente los regosoles son de uso forestal. Los regosoles con 500–1 000 mm/año de lluvia necesitan riego para una producción satisfactoria de cultivos. La baja capacidad de retención de humedad de estos suelos obliga a aplicaciones frecuentes de riego; el riego por goteo o chorritos resuelve el problema pero raramente es económico. Cuando la lluvia excede 750 mm/año, todo el perfil es llevado a su capacidad de retención de agua al principio de la estación húmeda; la mejora de las prácticas de cultivo de secano puede ser una mejor inversión que la instalación de facilidades de riego costosas. Muchos regosoles se usan para pastoreo extensivo. Los regosoles en regiones montañosas son delicados y es mejor dejarlos bajo bosque (IUSS, 2007).

Los análisis físicos y químicos para los regosoles de Putla indican que son suelos con un pH ácido que tiene valores de 4.09 a 5.85, ya que son suelos lixiviados. El porcentaje de materia orgánica varía de 3.79% en Tierra Colorada a 13.78% en Caballo Rusio ubicado al este de la cabecera municipal. De acuerdo con la NOM-21-RECNAT-2000 se les clasifica desde muy baja a muy alto contenido, esto se debe a que el aporte de

residuos varia de bajo a abundante, la capacidad de intercambio catiónico fue de 16 a 39.2  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , media a alta. La textura es arenosa.

Se encontraron dos phaeozems ubicados al norte del municipio a altitudes elevadas, en bosque mesófilo de montaña, esto es debido a que se forman en condiciones ambientales variadas en las zonas planas de praderas y en zonas montañosas de grandes pendientes. Los phaeozems se caracterizan por tener un color oscuro o negro, rica en materia orgánica y nutrientes textura arenosa, con un pH de 5.5, mientras que la capacidad de intercambio catiónico es de 36.8  $\text{Cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , según la NOM-21-RECNAT-2000 es ligeramente alta en localidades como Itunyoso.

El Phaeozem presenta un horizonte mólico, tiene un horizonte superficial oscuro, rico en humus y tiene alta saturación de bases. La IUSS, (2007) indica que estos suelos se desarrollan en roca calcárea y en pendientes no superiores al 8%.

El Phaeozem de la zona de estudio se utiliza para cultivos y uso forestal. Los phaeozems son suelos porosos, fértiles y son excelentes tierras agrícolas. La IUSS, (2007) menciona que los phaeozems en la franja templada se siembran con trigo, cebada y vegetales junto con otros cultivos. La erosión eólica e hídrica son peligrosos serios. Vastas áreas de phaeozems se usan para cría de ganado y engorda en pasturas mejoradas.

Por último el Gléysol presenta un horizonte mólico (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en el Chernozem), principalmente sobre horizonte subsuperficial cámbico o árgico, San Juan Lagunas en la zona de estudio se localiza al suroeste de la cabecera municipal.

En la zona de estudio el Gleysol es un suelo con franca influencia de agua freática, el material parental tiene un amplio rango de materiales no consolidados, principalmente fluviales, con mineralogía básica a ácida. Según Buol, (1893) indica que se presentan evidencias de procesos de reducción con segregación de compuestos de Fe dentro de 50 cm

de la superficie del suelo. El Gleysol se encontró en bosque tropical subcaducifolio. Es muy poco susceptible a la erosión.

El uso del Gleysol en la zona de estudio es forestal y en menor grado pastoreo. El principal obstáculo para la utilización de los gleysoles es la necesidad de instalar un sistema de drenaje para bajar la capa de agua freática. Los gleysoles drenados adecuadamente pueden usarse para cultivos arables, producción lechera y horticultura. La estructura del suelo será destruida por un largo tiempo si los suelos son laboreados cuando están muy mojados. En consecuencia los gleysoles en áreas deprimidas con posibilidades no satisfactorias de bajar la capa de agua freática se mantienen mejor bajo una cubierta permanente de pastos o bosque de pantano. El encalado de los gleysoles drenados que son altos en materia orgánica y/o de pH bajo, crea un hábitat mejor para micro- y meso-organismos y mejora la velocidad de descomposición de la materia orgánica del suelo y la provisión de nutrientes para las plantas. Los gleysoles pueden ponerse bajo cultivos forestales sólo después de bajar la capa de agua freática con canales de drenaje profundos (IUSS, 2007).

## VII CONCLUSIONES

En el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca se tienen los Grupos de Suelo de Referencia: Luvisol, Cambisol, Fluvisol, Leptosol, Regosol, Phaeozem y Gleysol. De esta el tipo de suelo que abarca mayor área de superficie es el Luvisol, este Grupo de Suelo de Referencia es el más diverso ya que se puede encontrar LV. háplico (dístrico, arcílico, crómico); LV. háplico (húmico, epidístrico, arénico); LV. ártico; LV. dístrico; LV. lítico; LV. eútrico (crómico, húmico, férrico.) y LV. álbico. De estos el que se encuentra con mayor frecuencia es el Luvisol crómico. Por otro lado, el grupo de suelo de referencia con menor distribución es el Gleysol y solo se encontró GL. hístico.

En el área de estudio se tienen suelos con un grado avanzado de desarrollo como el Luvisol, hasta aquellos muy inmaduros como Regosol y Leptosol. El uso del suelo más común en el municipio es forestal, mientras que, el más reducido es el pecuario, excepto para el Fluvisol donde tiene lugar gran parte de la actividad agrícola. El suelo más erosionado es el Luvisol y Cambisol, debido a la deforestación, uso inadecuado y malas prácticas de manejo. El riesgo de degradación más sobresaliente es la erosión debido a la exposición por el retiro parcial o total de la cubierta vegetal, cambio de uso, pronunciadas pendientes y elevadas precipitaciones. Por sus características topográficas, climáticas y de vegetación los suelos Luvisol y Cambisol deben utilizarse para la conservación de flora y fauna silvestre y en menor grado para la extracción selectiva de recursos forestales.

## VIII BIBLIOGRAFÍA CITADA.

- Alfaro, G. S. 2004. Biodiversidad de Oaxaca. Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Fund. México D. F.
- Arriaga L., J. M. Espinoza; C. Aguilar; E. Martínez; L. Gómez y E. Loa. (coordinadores). 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México, D. F.
- Baver L. D. y W. H. Gardner. 1980. Física de suelos. UTEHA, México, D. F.
- Barford C. C., S. C. Wofsy; M. L. Goulden; J. W. Munger, E. H. Pyle y S. P. Urbanski. 2001. Factors controlling long-and short-term sequestration of atmospheric CO<sub>2</sub> in a mid-latitude forest. *Science* 294: 688–1691.
- Buol, S. W. y F. Hole. 1983. Génesis y Clasificación de suelos. Ed. Trillas. México, D.F.
- Bouyoucos, G. S. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54:464-465.
- Burrough P. A. y R. A. McDonnell. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford Univ. Press, New York.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2001. Bioseguridad. México, D.F.
- Cuanalo, C. de la H. 1975. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Colegio de Posgraduados. Escuela Nacional de Agricultura Chapingo. Chapingo, México. 85 pp.
- Doran, J. W. y B. T. Parkin. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of América, Special Publication, No. 35, Madison.
- Escobar, H., H. D. Ligier y R. Melgar. 1996. Mapa de suelos de la provincia de corrientes 1:500.000. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Área de Producción Vegetal y Recursos Naturales. E.E.A. INTA - Corrientes. Páginas. 37- 56, 90, 101.
- FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations). 1988. Directives: evaluation des terres pour l'agriculture pluviale. Bull. Pédologique 52. Rome. 220 pp.

FAO (Food Agriculture Organization of the United Nations). 1996. Our land our future: A new approach to land use planning. FAO-UNEP. Rome.

FAO-UNESCO-ISRIC (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura- Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos).1988. Soil Map of the World. Revised Legend. World Resources Report. No 60. Rome Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC. Wageningen.

Gavande S. A. 1976. Física de suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa. México. D. F.

INEGI (Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática). 2001. Síntesis de información geográfica del Estado de Oaxaca. Impreso en México, D. F.

ISSS-ISRIC-FAO. (Sociedad Internacional de Ciencia del Suelo- Centro Internacional de Información y Referencia en Suelos- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports. FAO, No 84. Rome.

IUSS (Unión Internacional de Ciencias del Suelo). 2007. World Reference Base For Soil Resources 2006. First update 2007. World Soil Resources Reports. FAO, No.103.Rome.

Jackson, M. L. 1964. Soil Clay Mineralogical Analysis. Soil Clay Mineralogy. The University of North Carolina Press.

Komatsuzaki, M y H. Ohta. 2007. [Soil management practices for sustainable agro-ecosystems](#). *Sustain Science* 2: 103–120.

Lal, R. 2001. World cropland soils as source or sink for atmospheric carbon. *Advances of Agronomy* 71: 145–191.

Mokma, D. L; J. K. Syers y M. L. Jackson. 1970. Cation exchange capacity and weathering of muscovite. *Soil Science Society of American Proceedings* 34: 1436-151.

Moral, F. J. 2004. Ecosistemas. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 13: 78-86.

Munsell. 1990. Munsell Color.Macbeth Division of Kollmorgen instruments Corporation.Baltimore, Maryland.

- Nelson, D. y L. Sommers. 1987. Total carbon organic and organic matter. *In: Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbial properties.* Miller, R. and Keeny D. (eds). American Society of Agronomy, USA, 539 pp.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-023-RECNAT-2001. Que establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos.
- Parr, J., R. I. Papendick; I. G. Youngberg y R. E. Meyer. 1990. Sustainable Agriculture in the Unites States. In: Edwards C. A. et al (eds), Sustainable Agricultural Systems, Soil & Water Conservation Society- St. Lucie Press. USA. 50-67.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2001. Acta Final de la Conferencia de Plenipotenciarios en la Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Ponge, J. F & S. Gillet. 2002. Humus forms and metal pollution in soil. *European Journal of soil Science.* Brunoy, France. 4.
- Rivera, V. G. 2010. Relación suelo-planta en tres coberturas vegetales del municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. 106 pp.
- Rodríguez-Henríquez M. y J. Viloría. 1998. Estrategias de Captación de Información Edafológica en un Estudio Convencional. *Agronomía Tropical.* 48: 457-470.
- Rzedowki, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, México, D. F.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Inventario Nacional de Suelos, México/Semarnat, México, D. F. 134 pp.
- Solano, C. E. 1990. Flora e historia fitogeográfica de las selvas medianas subcaducifolias del Valle de Putla, Oaxaca. Tesis de maestria en ciencias. Colegio de Posgraduados.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Agriculture Handbook No. 436. 2ª. Ed. United State Departament of Agriculture Natural Resource Conservation Service.
- Walkley, A. y A. Black. 1934. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.* 37: 29-38.



Yaalon, Dan H. y R. W. Arnold. 2000. Attitudes Toward Soils and Their Societal Relevance: *Then and Now*. 165: 5-12.

Young, I. M. y J. W. Crawford. 2004. Interactions and Self-Organization in the Soil-Microbe Complex. *Science* 304: 1634 –1637.

Zinck, A. 2005. Suelos información y sociedad. Instituto Nacional de Ecología. *Gaceta ecológica* 76: 7-22.2005.

**ANEXO 1**  
**DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA Y MORFOLÓGICA DE LOS GRUPOS DE SUELO DE REFERENCIA DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

**CAMBISOLES**

**Cuadro 1.** Descripción ecológica del sitio y morfológica del perfil 1 de suelo.

|                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Localidad:</b>                | Desviación a Yuconicoco              |
| <b>Ubicación:</b>                | 17° 12'36"N<br>97°53'00"W            |
| <b>Altitud:</b>                  | 2321 m                               |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 06/septiembre/2008                   |
| <b>Pendiente:</b>                | 22%                                  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                         |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                   |
| <b>Material original:</b>        | material calcáreo                    |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                       |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida                               |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                        |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal                             |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque mesófilo de montaña           |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Cambisol háplico (húmico, láxico)    |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón úmbrico<br>endopedón árgico |



| Horizonte                    | Profundidad (cm) | Descripción  |
|------------------------------|------------------|--|
| A                            | 0-24             | Ligeramente húmedo, color en seco 7.5YR5/3 (castaño), en húmedo 7.5YR4/3 (castaño) , textura arcilla migajonosa, con una pedregosidad del 15 al 20%, estructura poliédrica subangular, la consistencia en húmedo es friable, ligeramente plástica y pegajosa, los poros son frecuentes de 50 a 200 por dm <sup>2</sup> con un diámetro de hasta 3mm, permeabilidad rápida, las raíces van desde muy finas hasta gruesas de 12mm de diámetro, más de 100 por dm <sup>2</sup> , suelo bien drenado.  |
| A2                           | 24-68            | Ligeramente húmedo, color en seco 7.5YR5/6 (castaño amarillento), en húmedo 7.5YR5/8 (castaño amarillento) , textura arena migajonosa, pedregosidad del 60%, excesiva, material suelto que es arenoso, piedras angulares de hasta 8 cm de diámetro, estructura suelta; no hay estructura, ni consistencia, raíces de finas a gruesas con grosor de hasta 40 mm o bien 50 dm <sup>2</sup> , macro y microporos entre rocas y entre las partículas, los macro los hay tubulares de hasta 3 mm, oblicuos a verticales, continuos, Permeabilidad rápida, es excesivamente drenado en esta sección. |
| A3                           | 68-83            | Ligeramente húmedo, con un color en seco 7.5YR5/3 (castaño), en húmedo 7.5YR4/3 (castaño), textura arena migajonosa, pedregosidad del 5 -7 % de forma subangular, consistencia en húmedo es friable y en seco es suelto, poros son frecuentes, microporos y macroporos tubulares de hasta 2 mm de diámetro dentro de los agregados de orientación, son oblicuos y vertical continuos. Permeabilidad rápida, raíces son gruesas de 3mm o bien, de 20 por dm <sup>2</sup> , bien drenado.  |
| B<br>Zona de enriquecimiento | 83-107           | Ligeramente húmedo, color en seco 7.5YR 6/8 (amarillo parduzco), en húmedo 7.5YR 6/8 (amarillo parduzco) , textura arcillosa, pedregosidad del 5%, de forma subangular, consistencia en húmedo es friable y suelta, la porosidad esta representada por fisuras entre las rocas, permeabilidad rápida, raíces delgadas a finas muy escasas de 2 a 3 por dm <sup>2</sup> , suelo bien drenado.   |

**Cuadro 2.** Descripción ecológica del perfil 16 de suelo.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                | San Isidro de Morelos (sobre la carretera hacia Putla). |
| <b>Ubicación:</b>                | 17°12'15" N<br>97°52'33" W                              |
| <b>Altitud:</b>                  | 2435 m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 16/abril/09   |
| <b>Pendiente:</b>                | 8%  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal  |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                                      |
| <b>Material original:</b>        | areniscas intemperizadas                                |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>  |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida  |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible   |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal  |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque mesófilo de montaña                              |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Cambisol frágico(húmico, dístrico, láxico, gréyico)     |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón fúlvico<br>endopedón árgico                    |



**Cuadro 3.** Descripción ecológica del perfil 20 de suelo.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                | San Andrés.; entre Santa Ana y La Cotorra. (llegando a la cotorra). |
| <b>Ubicación:</b>                | 16°50'49" N<br>97°52'14" W  |
| <b>Altitud:</b>                  | 1115m   |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 16/ abril/09  |
| <b>Pendiente:</b>                | 10%   |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal  |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado  |
| <b>Material original:</b>        | andesitas intemperizadas  |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>  |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida  |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible   |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal  |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque de coníferas   |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Cambisol con Gypsisol.<br>km 22 hay una transición a los gypsisoles |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón árgico                                 |



**Cuadro 4.** Descripción ecológica del sitio y morfológica del perfil 36 de suelo.

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Localidad</b>           | a 1 km de Guadalupe Buenavista                          |
| <b>Ubicación</b>           | 17° 02' 24'' N<br>97° 48' 05'' W                        |
| <b>Altitud</b>             | 1970 m  |
| <b>Fecha de muestreo</b>   | 04/mayo/07  |
| <b>Pendiente</b>           | 43°   |
| <b>Drenaje superficial</b> | sitio normal  |
| <b>Drenaje interno</b>     | bien drenado  |
| <b>Material original</b>   | roca andesita intemperizada                             |
| <b>Origen del suelo</b>    | <i>in situ</i>  |
| <b>Permeabilidad</b>       | muy rápida  |
| <b>Erosión</b>             | imperceptible   |
| <b>Uso actual</b>          | forestal  |
| <b>Vegetación</b>          | bosque mesófilo de montaña                              |
| <b>Tipo de suelo</b>       | Cambisol háplico<br>(húmico, dístrico, láxico, arénico) |



| Horizonte      | Profundidad (cm) | Descripción   |
|----------------|------------------|---|
| O              | 8-0              | Formado por hojas, tallos, ramas, peciolo y fragmentos de corteza.  |
| A <sub>1</sub> | 0-30             | Color en seco 10YR4/4 (pardo amarillento oscuro) y en húmedo 10YR3/6 (pardo amarillento oscuro), textura migajonosa con 5% de piedras subangulares menores de 2 cm, estructura poliédrica-grumosa de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa, poros más de 200/dm <sup>2</sup> , macroporos tubulares de orientación oblicua y vertical entre agregados. La transición a A <sub>2</sub> se realiza en aproximadamente 2.5 cm es ondulada. |
| A <sub>2</sub> | 30-48            | Color en seco 10YR5/4 (pardo amarillento) y en húmedo 10YR3/3 (pardo oscuro), textura migajón arenoso con 5% de pedregosidad, piedras subangulares, estructura poliédrica subangular de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa. La transición a A <sub>3</sub> de 4 cm y ondulada.   |
| A <sub>3</sub> | 48-60            | Color en seco 10YR6/4 (pardo amarillo claro) y en húmedo 10YR4/3 (pardo oscuro), textura migajón arenosa con 5% de piedras menores a 2cm, estructura poliédrica subangular de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa, poros entre agregados y partículas, macroporos tubulares de orientación oblicua y vertical. La transición a B en 3 cm es ondulada.   |
| B              | 60-93            | Color en seco 10YR5/6 (pardo amarillento) y en húmedo 10YR4/4 (pardo amarillento obscuro), textura migajonosa con 10 % de piedras menores de 5 cm subangulares y angulares, estructura poliédrica subangular de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa, macro y microporos entre partículas. La transición a C <sub>1</sub> irregular y se lleva a cabo entre 2-5 cm.  |
| C <sub>1</sub> | 93-130           | Color en seco 10YR6/6 (amarillo parduzco) y en húmedo 10YR4/6 (pardo amarillento obscuro), textura migajón arenosa con un 30% de piedras de hasta 12 cm subangulares y angulares, estructura poliédrica subangular de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa, macro y microporos están entre partículas de orientación caótica. La transición a C <sub>2</sub> irregular y menor a 5 cm  |
| C <sub>2</sub> | 130-170          | Color en seco 10YR6/6 (amarillo parduzco) y en húmedo 10YR4/4 (pardo amarillento obscuro), textura migajón arenosa con 30% de pedregosidad, estructura poliédrica subangular de consistencia blanda en seco, friable en húmedo y cuando muy húmedo es ligeramente plástica y pegajosa, poros más de 200/dm <sup>2</sup> , macroporos entre partículas de orientación caótica.   |

## LUVISOLES

**Cuadro 5.** Descripción ecológica del sitio y morfológica del perfil 3 de suelo.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Localidad:</b>                | Cerro el Pájaro  |
| <b>Ubicación:</b>                | 17 <sup>o</sup> 07'33'' N<br>97 <sup>o</sup> 52'36'' W |
| <b>Altitud:</b>                  | 1474m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 12/octubre/2008  |
| <b>Pendiente:</b>                | 27 <sup>o</sup>  |
| <b>Drenaje Superficial:</b>      | sitio normal   |
| <b>Drenaje Interno:</b>          | suelo bien drenado                                     |
| <b>Material Original:</b>        | roca caliza (dolomita)                                 |
| <b>Origen Del Suelo:</b>         | <i>in situ</i>   |
| <b>Permeabilidad</b>             | rápida   |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible  |
| <b>Uso Actual:</b>               | forestal   |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque mesófilo<br>de montaña                          |
| <b>Tipo de Suelo:</b>            | Luvisol háplico(dístrico,<br>arcílico, crómico)        |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón árgico                    |



| Horizonte      | Profundidad (cm) | Descripción   |
|----------------|------------------|---|
| A1             | 0-10             | Transición al horizonte B es tenue y de forma irregular, muy húmedo. Color en seco 7.5YR5/4 (castaño), en húmedo 7.5YR4/3 (castaño). Arcilla migajonosa. Pedregosidad del 5 al 20%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajoso, poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3 mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado                     |
| A2             | 10-35            | Transición al horizonte A <sub>3</sub> es tenue y de forma irregular, muy húmedo. Color en seco 7.5YR5/4 (castaño), en húmedo 7.5YR4/4 (castaño). Arcilla migajonosa. Pedregosidad del 5 al 20%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajoso, poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado.        |
| A <sub>3</sub> | 35-60            | Transición al horizonte B es marcada y de forma horizontal. Muy húmedo. Color en seco 7.5YR5/4 (castaño), en húmedo 7.5YR4/6 (castaño fuerte). Arcilla migajonosa. Pedregosidad del 5 al 15%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajoso, poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3 mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado.          |
| B <sub>1</sub> | 60-89            | Transición al horizonte B <sub>2</sub> es tenue y de forma irregular. muy húmedo. Color en seco 7.5YR5/4 (castaño), en húmedo 7.5YR4/6 (castaño fuerte). Arcilla migajonosa. Pedregosidad del 5 al 15%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajoso, poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado. |

|                |         |   |
|----------------|---------|---|
| B <sub>2</sub> | 89-100  | Transición al horizonte C es tenue y de forma irregular. Muy húmedo. Color en seco 7.5YR5/4 (castaño), en húmedo 7.5YR4/6 (castaño fuerte). Textura arcillosa. Pedregosidad del 5 al 15%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajoso. Poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3 mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado.  |
| C              | 100-190 | Muy húmedo. Color en seco 7.5YR6/6 (amarillo rojizo), en húmedo 7.5YR5/6 (castaño fuerte). Arcilla migajonosa. Pedregosidad del 5 al 15%. Piedras pequeñas de 1 a 5 cm. Estructura poliédrica subangular. Consistencia en seco duro y muy húmedo ligeramente pegajosa. Poros frecuentes, desde microporos y macroporos de 3 mm de diámetro. Permeabilidad rápida. Raíces de finas a gruesas de 3 mm. Suelo bien drenado. Este horizonte esta produciendose a partir del material parental entre las rocas de tamaño de 25 cm o más, tiene una textura es más gruesa, es más pedregoso, el cambio textural es marcado, tal vez es un cambio abrupto. |

**Cuadro 6.** Descripción ecológica del perfil 5 de suelo.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Localidad:</b>                | Alrededores de Putla                       |
| <b>Ubicación:</b>                | 17°02'23" N<br>97°54'45" W                 |
| <b>Altitud:</b>                  | 739m                                       |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 28/septiembre/2008                         |
| <b>Pendiente:</b>                | 18%  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                               |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                         |
| <b>Material original:</b>        | roca sedimentaria intemperizadas (lutitas) |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                             |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida                                     |
| <b>Erosión:</b>                  | moderada                                   |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal                                   |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque tropical subcaducifolio             |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Luvisol crómico                            |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón árgico        |



**Cuadro 7.** Descripción ecológica del perfil 9 de suelo.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                | Tierra Colorada                                   |
| <b>Ubicación:</b>                | 17°01'17'' N<br>97°57'08'' W                      |
| <b>Altitud:</b>                  | 811m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 22/noviembre/08                                   |
| <b>Pendiente:</b>                | 8%  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                                      |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                                |
| <b>Material original:</b>        | cenizas volcánicas muy<br>intemperizadas          |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                                    |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida  |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                                     |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal  |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque de coníferas                               |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Luvisol háplico (húmico,<br>epidístrico, arénico) |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón úmbrico                                  |



**Cuadro 8.** Descripción ecológica del perfil 19 de suelo.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                | El Carrizal   |
| <b>Ubicación:</b>                | 16°52'09'' N<br>97°53'26'' W                        |
| <b>Altitud:</b>                  | 857m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 18/abril/09   |
| <b>Pendiente:</b>                | 12%   |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal  |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                                  |
| <b>Material original:</b>        | andesitas intemperizadas                            |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                                      |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida  |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                                       |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal  |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque de coníferas                                 |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Luvisol álbico, asociado con<br>Regosol y Cambisol. |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón árgico                 |



## FLUVISOLES

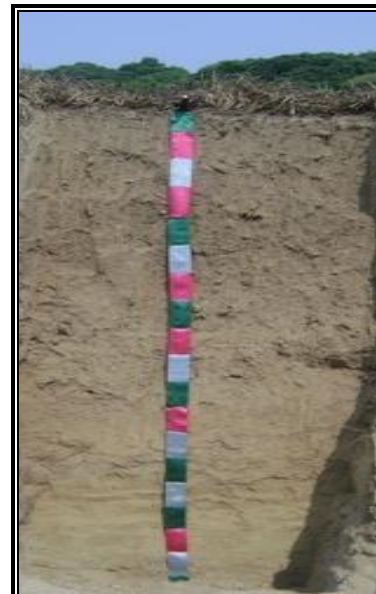
**Cuadro 9.** Descripción ecológica del perfil 4 de suelo.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Localidad:</b>                | Entrada a Yucunicoco                         |
| <b>Ubicación:</b>                | 17°12'17" N<br>97°53'10" W                   |
| <b>Altitud:</b>                  | 1512m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 27/septiembre/08                             |
| <b>Pendiente:</b>                | 2°   |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                                 |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                           |
| <b>Material original:</b>        | areniscas sementadas por carbonato de calcio |
| <b>Origen del suelo:</b>         | aluvial-coluvial                             |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida                                       |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                                |
| <b>Uso actual:</b>               | agrícola, cultivo de maíz, frijol.           |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque mesófilo de montaña                   |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Fluvisol háplico                             |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón                 |



**Cuadro 10.** Descripción ecológica del perfil 24 de suelo.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                | Unión Nacional  |
| <b>Ubicación:</b>                | 16°59'16" N<br>97°53'51" W                            |
| <b>Altitud:</b>                  | 678m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 19/abril/09   |
| <b>Pendiente:</b>                | 2%  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal  |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                                    |
| <b>Material original:</b>        | sedimentos fluviales (arenas)                         |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>  |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida  |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible   |
| <b>Uso actual:</b>               | pastoreo  |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque tropical subcaducifolio                        |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Fluvisol háplico (ántrico, húmico, dístrico, arénico) |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón úmbrico<br>endopedón                         |





## REGOSOLES

**Cuadro 11.** Descripción ecológica del sitio y morfológica del perfil 7 de suelo.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Localidad:</b>                | Tierra Colorada, 1 km al norte                         |
| <b>Ubicación:</b>                | 17 <sup>0</sup> 01'29'' N<br>97 <sup>0</sup> 57'11'' W |
| <b>Altitud:</b>                  | 817m   |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 22/noviembre/08  |
| <b>Pendiente:</b>                | 40 <sup>0</sup>  |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal   |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado                                     |
| <b>Material original:</b>        | bancos de arena  |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>   |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida   |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible  |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal   |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque de coníferas                                    |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Regosol taptovítrico                                   |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón ócrico<br>endopedón                           |



| Horizonte | Profundidad (cm) | Descripción  |
|-----------|------------------|--|
| A1        | 0-30             | Color en seco 10YR8/3 (pardo muy pardo) y en húmedo 10YR6/4 (pardo amarillento), textura arenosa y una estructura levemente desarrollada, poliédrica subangular, consistencia en húmedo friable y cuando es muy húmedo no es pegajoso, ni plástico, porosidad son macroporos y microporos tubulares de 2 mm. Raíces finas a gruesas de 3 mm de diámetro, menos de 100 por dm <sup>2</sup> . La permeabilidad es muy rápida |
| A2        | 30-45            | Transición mayor a 5 cm con ondulaciones. Color en seco 10YR8/4 (pardo muy pardo) y en húmedo 10 YR7/6 (amarillo), presenta textura arenosa y sin estructura definida. La pedregosidad es nula. El suelo es excesivamente drenado. Por lo tanto presenta una permeabilidad muy rápida.   |
| C         | 45-110           | Color en seco 10YR8/4 (pardo muy pardo) y en húmedo 10YR 8/5 (amarillo), presenta una textura arenosa, es decir, arenas gruesas con cierto grado de consolidación o bien trata de rocas muy intemperizadas en el perfil o zonas drenadas en donde se observa un drenaje rápido donde se presentan procesos de oxidación que presentan colores amarillentos.  |

**Cuadro 12.** Descripción ecológica del perfil 23 de suelo.

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Localidad:</b>                | Unión Nacional                 |
| <b>Ubicación:</b>                | 16°59'11''N<br>97°54'00'' W    |
| <b>Altitud:</b>                  | 733m                           |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 19/abril/09                    |
| <b>Pendiente:</b>                | 6%                             |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                   |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado             |
| <b>Material original:</b>        | arenas                         |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                 |
| <b>Permeabilidad:</b>            | rápida                         |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                  |
| <b>Uso actual:</b>               | forestal                       |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque tropical subcaducifolio |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Regosol taptovítrico (arénico) |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedón fúlvico               |



**Cuadro 13.** Descripción ecológica del sitio y morfológica del perfil 26 de suelo.

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Localidad:</b>                 | El Carrizal   |
| <b>Ubicación:</b>                 | 16° 56' 21.5'' N<br>97° 54 '34.9'' W                |
| <b>Altitud :</b>                  | 830 m   |
| <b>Fecha de muestreo:</b>         | 05/mayo/07  |
| <b>Pendiente:</b>                 | 18°   |
| <b>Drenaje superficial:</b>       | sitio donador                                       |
| <b>Drenaje interno:</b>           | bien drenado  |
| <b>Material original:</b>         | roca ígnea, granitos tipo riolita                   |
| <b>Origen del suelo:</b>          | <i>in situ</i>                                      |
| <b>Permeabilidad:</b>             | muy rápida  |
| <b>Erosión:</b>                   | imperceptible                                       |
| <b>Uso actual:</b>                | forestal  |
| <b>Vegetación:</b>                | bosque tropical subcaducifolio                      |
| <b>Tipo de suelo:</b>             | Regosol háplico (endoesquelético, húmico, dístrico) |
| <b>Horizontes de diagnóstico:</b> | epipedón úmbrico<br>endopedón                       |

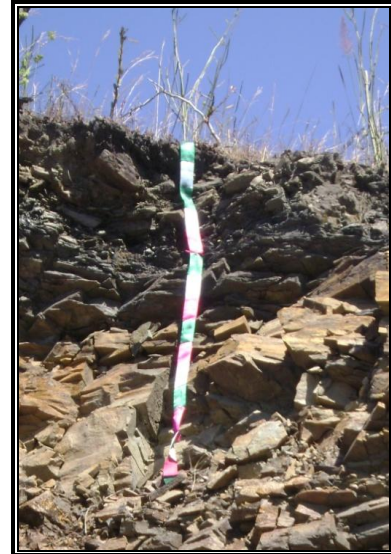


| Horizonte      | Profundidad (cm) | Descripción   |
|----------------|------------------|---|
| O              | 4-0              | Compuesto principalmente por hojas y tallos.  |
| A <sub>1</sub> | 0-17             | Color en seco es 7.5YR7/8 (amarillo rojizo), en húmedo 7.5YR4/6 (pardo fuerte), textura migajonosa, 20% de pedregosidad compuesto por piedras subangulares de 1 a 5 cm de diámetro, con estructura poliédrica. Poros más de 500/dm <sup>2</sup> entre agregados y entre partículas, los macroporos tubulares de orientación oblicua y vertical, la Transición al A <sub>2</sub> es ondulada y se realiza en 2-5 cm. |
| A <sub>2</sub> | 17-30            | Color en seco 7.5YR7/4 (pardo muy pardo), en húmedo 7.5YR6/6 (amarillo parduzco), textura migajón arenosa, 5% de pedregosidad, estructura poliédrica angular, los poros más de 500/dm <sup>2</sup> entre agregados y partículas, los macroporos son tubulares de orientación oblicua y vertical. La transición a B es irregular en 3 cm.  |
| C <sub>1</sub> | 30-50            | Color en seco 7.5YR8/6 (amarillo) y en húmedo 7.5YR6/6 (amarillo parduzco), textura migajón arenosa, tiene 40% de piedras subangulares de 5-12 cm de diámetro, estructura poliédrica subangular, poros entre agregados y partículas, más de 200/dm <sup>2</sup> , los macroporos son tubulares de orientación oblicua y vertical. La Transición de B a C <sub>1</sub> es de 2-5 cm y límite irregular.              |
| C <sub>2</sub> | 50-95            | Color en seco 7.5YR6/6 (rojizo) y en húmedo 7.5YR4/4 (pardo oscuro), textura migajón arenosa, con un 50% de piedras subangulares de 1 a 20 cm de diámetro, la estructura levemente desarrollada. Los poros (200/dm <sup>2</sup> ) están entre agregados y entre partículas, los macro tubulares tienen orientación oblicua y vertical. La transición a C <sub>2</sub> ocurre en 2 a 5 cm.                           |
| C <sub>3</sub> | 95-125           | Color en seco 7.5YR5/6 (pardo obscuro) y en húmedo 7.5YR4/6 (pardo fuerte), textura migajón arenosa, con 70 % de pedregosidad, las piedras planas, largas, subangulares de 1-25 cm de diámetro, estructura levemente desarrollada, con más de 200 poros/dm <sup>2</sup> entre agregados y partículas, los macroporos son tubulares de orientación oblicua y vertical.   |

## LEPTOSOLES

**Cuadro 15.** Descripción ecológica del perfil 13 de suelo.

|                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <b>Localidad:</b>                | Alrededores de Putla           |
| <b>Ubicación:</b>                | 17002'23'' N<br>97054'45'' W   |
| <b>Altitud:</b>                  | 739m                           |
| <b>Fecha de muestreo:</b>        | 23/noviembre/08                |
| <b>Pendiente:</b>                | 6%                             |
| <b>Drenaje superficial:</b>      | sitio normal                   |
| <b>Drenaje interno:</b>          | suelo bien drenado             |
| <b>Material original:</b>        | rocas metamórficas             |
| <b>Origen del suelo:</b>         | <i>in situ</i>                 |
| <b>Permeabilidad:</b>            | Rápida                         |
| <b>Erosión:</b>                  | imperceptible                  |
| <b>Uso actual:</b>               | industria extractivo           |
| <b>Vegetación:</b>               | bosque tropical subcaducifolio |
| <b>Tipo de suelo:</b>            | Leptosol lítico (dístico)      |
| <b>Horizonte de diagnóstico:</b> | epipedon ócrico                |



## PHAEOZEMS

**Cuadro 16.** Descripción ecológica del perfil 15 de suelo.

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <b>Localidad:</b>                 | Itunyoso   |
| <b>Ubicación:</b>                 | 17°10'18'' N<br>97°49'49'' W   |
| <b>Altitud:</b>                   | 2476m  |
| <b>Fecha de muestreo:</b>         | 16/abril/09  |
| <b>Pendiente:</b>                 | 8%   |
| <b>Drenaje superficial:</b>       | sitio normal   |
| <b>Drenaje interno:</b>           | suelo bien drenado   |
| <b>Material original:</b>         | areniscas sementadas con<br>carbonato de calcio que coexisten con<br>andesitas |
| <b>Origen del suelo:</b>          | <i>in situ</i>   |
| <b>Permeabilidad:</b>             | Rápida   |
| <b>Erosión:</b>                   | imperceptible  |
| <b>Uso actual:</b>                | forestal   |
| <b>Vegetación:</b>                | bosque mesófilo de montaña   |
| <b>Tipo de suelo:</b>             | Phaeozems lúvico (abrupto,<br>páquico, arénico)                                |
| <b>Horizontes de diagnóstico:</b> | epipedón mólico<br>endopedón árgico  |



**ANEXO 2**  
**PERFILES Y SITIOS DE VERIFICACIÓN DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE**  
**PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.**

| <b>LOCALIDAD</b>                               | <b>LATITUD<br/>N</b>    | <b>LONGITUD<br/>W</b>   | <b>ALTITUD<br/>M</b> | <b>TIPO DE<br/>VEGETACIÓN</b>  | <b>GSR</b>                     | <b>PERFIL</b> |
|--|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Desviación a Yuconicoco.                       | 17 <sup>0</sup> 12'36'' | 97 <sup>0</sup> 53'00'' | 2321                 | Bosque mesófilo de montaña     | Cambisol                       | Perfil 1      |
| Mina de grafito                                | 17 <sup>0</sup> 02'23'' | 97 <sup>0</sup> 54'45'' | 739                  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                        | Perfil 2      |
| Cerro El Pájaro                                | 17 <sup>0</sup> 07'26'' | 97 <sup>0</sup> 52'02'' | 1774                 | Bosque mesófilo de montaña     | Cambisol                       | Perfil 3      |
| Cerro El Pájaro                                | 17 <sup>0</sup> 07'33'' | 97 <sup>0</sup> 52'36'' | 1474                 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol                        | Perfil 4      |
| Después de Caballo Rucio a 2km de La Carretera | 17 <sup>0</sup> 02'25'' | 97 <sup>0</sup> 47'59'' | 2069                 | Bosque mesófilo de montaña     | Regosol                        | Perfil 5      |
| Tierra Colorada                                | 17 <sup>0</sup> 01'17'' | 97 <sup>0</sup> 57'08'' | 811                  | Bosque de coníferas            | Luvisol                        | Perfil 6      |
| Entrada a Charloco                             | 16 <sup>0</sup> 59'59'' | 97 <sup>0</sup> 56'21'' | 840                  | Bosque tropical subcaducifolio | Leptosol                       | Perfil 7      |
| Camino a Charloco                              | 16 <sup>0</sup> 59'14'' | 97 <sup>0</sup> 56'23'' | 775                  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol asociado con Leptosol  | Perfil 8      |
| Mina de grafito                                | 17 <sup>0</sup> 02'23'' | 97 <sup>0</sup> 54'45'' | 739                  | Bosque tropical subcaducifolio | Leptosol                       | Perfil 9      |
| Itunyoso.                                      | 17 <sup>0</sup> 10'18'' | 97 <sup>0</sup> 49'49'' | 2476                 | Bosque mesófilo de montaña     | Phaeozem                       | Perfil 10     |
| Camino a La Cotorra                            | 16 <sup>0</sup> 54'52'' | 97 <sup>0</sup> 52'47'' | 775                  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol y comienza Luvisol     | Perfil 11     |
| San Andrés. Entre Santa Ana y La Cotorra.      | 16 <sup>0</sup> 50'49'' | 97 <sup>0</sup> 52'14'' | 1115                 | Bosque de coníferas            | Cambisol asociado con Gypsisol | Perfil 12     |
| Unión Nacional                                 | 16 <sup>0</sup> 59'11'' | 97 <sup>0</sup> 54'00'' | 733                  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol                        | Perfil 13     |
| Unión Nacional                                 | 16 <sup>0</sup> 59'16'' | 97 <sup>0</sup> 53'51'' | 678                  | Bosque tropical subcaducifolio | Fluvisol                       | Perfil 14     |
| Tierra Colorada                                | 17 <sup>0</sup> 01'29'' | 97 <sup>0</sup> 57'11'' | 817                  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol                        | Perfil 15     |

|   |                           |                           |      |                                |          |
|---|---------------------------|---------------------------|------|--------------------------------|----------|
| Mexicalzingo  | 17 <sup>0</sup> 04'03''   | 97 <sup>0</sup> 51'28''   | 1216 | Pastizal inducido              | Cambisol |
| Entrada a Yucunicoco  | 17 <sup>0</sup> 12'17''   | 97 <sup>0</sup> 53'10''   | 1512 | Cultivo de maíz                | Fluvisol |
| Cerro El Pájaro   | 17 <sup>0</sup> 07'25''   | 97 <sup>0</sup> 52'24''   | 1546 | Cultivo de maíz                | Luvisol  |
| Cerro El Pájaro   | 17 <sup>0</sup> 07'31''   | 97 <sup>0</sup> 52'12''   | 1708 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol  |
| Camino a Charloco.  | 16 <sup>0</sup> 59'40''   | 97 <sup>0</sup> 56'08''   | 772  | Bosque de coníferas            | Cambisol |
| Río del Retumbo, camino a San Isidro Paz y Progreso           | 17 <sup>0</sup> 04'36''   | 97 <sup>0</sup> 50'01''   | 1383 | Pastizal inducido              | Leptosol |
| San Isidro Paz y Progreso                                     | 17 <sup>0</sup> 04'19''   | 97 <sup>0</sup> 50'01''   | 1501 | Bosque mesófilo de montaña     | Cambisol |
| 2 km al este de Charloco.                                     | 16 <sup>0</sup> 58'18''   | 97 <sup>0</sup> 57'10''   | 1093 | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| Carretera Tlaxiaco-Putla, km 132                              | 17 <sup>0</sup> 04'00''   | 97 <sup>0</sup> 51'59''   | 986  | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| 1 km de Guadalupe Buenavista. G                               | 17 <sup>0</sup> 02'24''   | 97 <sup>0</sup> 48'05''   | 1970 | Pastizal inducido              | Cambisol |
| El carrizal   | 16 <sup>0</sup> 56'21.5'' | 97 <sup>0</sup> 54'35''   | 830  | Bosque de coníferas            | Regosol  |
| La cotorra  | 16 <sup>0</sup> 52'14''   | 97 <sup>0</sup> 53'36''   | 819  | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| Santiago Lagunas, Charloco                                    | 16 <sup>0</sup> 59'36''   | 97 <sup>0</sup> 56'11''   | 750  | Bosque de coníferas            | Regosol  |
| Cerro El pájaro   | 17 <sup>0</sup> 07'36.8'' | 97 <sup>0</sup> 52'06.5'' | 1216 | Bosque mesófilo de montaña     | Cambisol |
| A 1 km de Tierra Colorada                                     | 17 <sup>0</sup> 01'29''   | 97 <sup>0</sup> 57'11''   | 817  | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| San Miguel Reyes  | 17 <sup>0</sup> 00'53''   | 97 <sup>0</sup> 50'55''   | 823  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol  |
| El Carrizal, 2Km después de La Cotorra, hacia Amate Colorado. | 16 <sup>0</sup> 51'48''   | 97 <sup>0</sup> 52'37''   | 1349 | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| 500m antes El Carrizal, viniendo de La Cotorra.               | 16 <sup>0</sup> 51'42''   | 97 <sup>0</sup> 53'13''   | 948  | Bosque de coníferas            | Luvisol  |
| Entre San   | 16 <sup>0</sup> 56'01''   | 97 <sup>0</sup> 54'12''   | 818  | Bosque de coníferas            | Luvisol  |

|                                    |                         |                         |      |                                |                               |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------|--------------------------------|-------------------------------|
| Miguel Reyes y el Sesteadero.      |                         |                         |      |                                |                               |
| Cañada de cajón, antes del km 93.  | 17 <sup>0</sup> 14'40'' | 97 <sup>0</sup> 49'35'' | 2397 | Bosque de coníferas            | Luvisol asociado con Leptosol |
| Laguna Guadalupe.                  | 17 <sup>0</sup> 10'51'' | 97 <sup>0</sup> 50'59'' | 2451 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol                       |
| San Isidro de Morelos.             | 17 <sup>0</sup> 11'26'' | 97 <sup>0</sup> 51'54'' | 2385 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol                       |
| San Isidro de Morelos.             | 17 <sup>0</sup> 12'15'' | 97 <sup>0</sup> 52'33'' | 2435 | Bosque mesófilo de montaña     | Cambisol                      |
| San Martin Itunyoso, Tlaxiaco      | 17 <sup>0</sup> 13'29'' | 97 <sup>0</sup> 52'44'' | 2620 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol                       |
| San Martin Itunyoso, Tlaxiaco      | 17 <sup>0</sup> 12'02'' | 97 <sup>0</sup> 52'43'' | 2281 | Bosque mesófilo de montaña     | Luvisol asociado con Leptosol |
| Carrizal                           | 17 <sup>0</sup> 09'10'' | 97 <sup>0</sup> 53'28'' | 1694 | Bosque de coníferas            | Luvisol asociado con Leptosol |
| Centro de Putla Villa de Guerrero. | 17 <sup>0</sup> 01'29'' | 97 <sup>0</sup> 55'33'' | 1691 | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| El Amate, rumbo a El Carrizal      | 16 <sup>0</sup> 58'06'' | 97 <sup>0</sup> 54'44'' | 750  | Bosque de coníferas            | Luvisol                       |
| Sesteadero.                        | 16 <sup>0</sup> 57'22'' | 97 <sup>0</sup> 54'52'' | 752  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| Sesteadero                         | 16 <sup>0</sup> 56'22'' | 97 <sup>0</sup> 54'35'' | 800  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| Sesteadero                         | 16 <sup>0</sup> 54'53'' | 97 <sup>0</sup> 53'55'' | 817  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| San Miguel Reyes.                  | 16 <sup>0</sup> 55'14'' | 97 <sup>0</sup> 53'35'' | 762  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| San Miguel Reyes.                  | 16 <sup>0</sup> 54'49'' | 97 <sup>0</sup> 53'13'' | 755  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| San Miguel Reyes                   | 16 <sup>0</sup> 53'50'' | 97 <sup>0</sup> 53'21'' | 815  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| San Miguel Reyes                   | 16 <sup>0</sup> 53'31'' | 97 <sup>0</sup> 53'21'' | 903  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol asociado con          |

|  |                         |                         |      |  |   |
|--|-------------------------|-------------------------|------|--|---|
|  |                         |                         |      |  | Leptosol                                |
| La Palma.  | 16 <sup>0</sup> 53'26'' | 97 <sup>0</sup> 53'26'' | 815  | Bosque de coníferas  | Luvisol                                 |
| La Palma.  | 16 <sup>0</sup> 53'17'' | 97 <sup>0</sup> 53'30'' | 884  | Bosque de coníferas  | Luvisol                                 |
| El Carrizal.   | 16 <sup>0</sup> 52'09'' | 97 <sup>0</sup> 53'26'' | 857  | Bosque de coníferas  | Luvisol                                 |
| El Carrizal  | 16 <sup>0</sup> 51'43'' | 97 <sup>0</sup> 53'19'' | 936  | Bosque de coníferas  | Luvisol                                 |
| Entre La Cotorra y El Carrizal, a 500 m de La Cotorras hacia El Carrizal | 16 <sup>0</sup> 51'25'' | 97 <sup>0</sup> 52'18'' | 1078 | Bosque de coníferas  | Cambisol asociado con Luvisol           |
| Camino Hacia La Cotorra.   | 16 <sup>0</sup> 52'48'' | 97 <sup>0</sup> 53'21'' | 840  | Bosque tropical subcaducifolio   | Regosol                                 |
| La Cotorra   | 16 <sup>0</sup> 54'30'' | 97 <sup>0</sup> 52'40'' | 818  | Bosque de coníferas, transición con <i>Byrsunima crassifolia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Clethra</i> . | Luvisol asociado con Cambisol y Regosol |
| La Cotorra   | 16 <sup>0</sup> 55'57'' | 97 <sup>0</sup> 54'00'' | 819  | Matorral   | Regosol                                 |
| La Cotorra   | 16 <sup>0</sup> 53'23'' | 97 <sup>0</sup> 54'35'' | 818  | Bosque tropical  | Cambisol asociado con Regosol           |
| La Cotorra   | 16 <sup>0</sup> 58'14'' | 97 <sup>0</sup> 54'01'' | 793  | Bosque tropical subcaducifolio   | Leptosol asociado con Regosol           |
| La Tortolita.  | 16 <sup>0</sup> 58'17'' | 97 <sup>0</sup> 54'18'' | 729  | Bosque tropical subcaducifolio   | Leptosol asociado con Regosol           |
| Itunyioso  | 17 <sup>0</sup> 13'19'' | 97 <sup>0</sup> 52'46'' | 2358 | Bosque tropical subcaducifolio   | Leptosol                                |
| Itunyioso  | 17 <sup>0</sup> 10'22'' | 97 <sup>0</sup> 49'50'' | 2280 | Bosque mesófilo de montaña   | Phaeozem                                |
| Itunyioso  | 17 <sup>0</sup> 12'18'' | 97 <sup>0</sup> 52'32'' | 2420 | Bosque mesófilo de montaña   | Cambisol                                |
| Camino a El Carrizal   | 16 <sup>0</sup> 58'30'' | 97 <sup>0</sup> 52'40'' | 978  | Bosque de coníferas  | Cambisol                                |
| San Juan Lagunas   | 17 <sup>0</sup> 01'58'' | 97 <sup>0</sup> 56'06'' | 752  | Bosque tropical subcaducifolio   | Gleysol                                 |



|   |                           |                           |      |                                |                               |
|---|---------------------------|---------------------------|------|--------------------------------|-------------------------------|
| La Tortolita                                      | 16 <sup>0</sup> 58'26.3'' | 97 <sup>0</sup> 54'12''   | 732  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol                       |
| La Tortolita                                      | 16 <sup>0</sup> 58'54''   | 97 <sup>0</sup> 54'05''   | 732  | Bosque tropical subcaducifolio | Regosol                       |
| km 110 sobre la carretera hacia Tlaxiaco          | 17 <sup>0</sup> 11'04''   | 97 <sup>0</sup> 53'07''   | 2060 | Bosque de coníferas            | Luvisol                       |
| Santiago Yosotiche                                | 17 <sup>0</sup> 00'23''   | 97 <sup>0</sup> 51'10''   | 780  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| Siniyuvi  | 16 <sup>0</sup> 59'01''   | 97 <sup>0</sup> 50'26.2'' | 796  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol asociado con Fluvisol |
| Siniyuvi  | 16 <sup>0</sup> 57'37''   | 97 <sup>0</sup> 50'15''   | 821  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| 2km después de Siniyuvi                           | 16 <sup>0</sup> 58'04''   | 97 <sup>0</sup> 50'35''   | 811  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| 2 km después de Siniyuvi                          | 16 <sup>0</sup> 59'24''   | 97 <sup>0</sup> 50'44''   | 765  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| Concepción Progreso                               | 17 <sup>0</sup> 02'39''   | 97 <sup>0</sup> 51'42''   | 846  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| Simatlán  | 16 <sup>0</sup> 56'36''   | 97 <sup>0</sup> 50'06''   | 850  | Bosque de coníferas            | Luvisol asociado con Leptosol |
| Entre Concepción Progreso y La Carretera          | 17 <sup>0</sup> 03'38''   | 97 <sup>0</sup> 51'43''   | 943  | Bosque de pino                 | Luvisol                       |
| San Isidro del Estado                             | 17 <sup>0</sup> 06'03''   | 97 <sup>0</sup> 52'38''   | 1116 | Bosque tropical subcaducifolio | Leptosol asociado a Regosol   |
| Rumbo a Atoyacuillo, a 2 km del Nuevo Tenoxtitlan | 17 <sup>0</sup> 01'00''   | 97 <sup>0</sup> 50'56''   | 830  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol                       |
| San Juan Lagunas                                  | 16 <sup>0</sup> 59'54''   | 97 <sup>0</sup> 55'49''   | 738  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol asociado con Gleysol  |
| San Juan Lagunas                                  | 17 <sup>0</sup> 00'20''   | 97 <sup>0</sup> 55'53''   | 727  | Bosque tropical subcaducifolio | Leptosol asociado a Regosol   |
| San Juan Lagunas                                  | 17 <sup>0</sup> 00'59''   | 97 <sup>0</sup> 55'51''   | 726  | Bosque tropical subcaducifolio | Gleysol                       |

|  |                           |                           |      |                                |  |
|--|---------------------------|---------------------------|------|--------------------------------|--|
| San Juan Lagunas                                       | 17 <sup>0</sup> 01'10''   | 97 <sup>0</sup> 55'42''   | 733  | Bosque tropical subcaducifolio | Gleysol                                  |
| San Juan Lagunas                                       | 17 <sup>0</sup> 01'56''   | 97 <sup>0</sup> 56'10''   | 755  | Bosque tropical subcaducifolio | Gleysol                                  |
| Entre Laguna Guadalupe y Yucunicoco                    | 17 <sup>0</sup> 11'39''   | 97 <sup>0</sup> 53'12''   | 2135 | Bosque mesófilo de montaña     | Leptosol                                 |
| Carrizal   | 17 <sup>0</sup> 09'04''   | 97 <sup>0</sup> 53'11''   | 1738 | Bosque de <i>Quercus</i>       | Cambisol asociado con Luvisol y Leptosol |
| Camino a Charloco                                      | 16 <sup>0</sup> 58'57''   | 97 <sup>0</sup> 57'19''   | 892  | Bosque tropical subcaducifolio | Luvisol asociado con Leptosol            |
| Cerro El Pájaro  | 17 <sup>0</sup> 07'23''   | 97 <sup>0</sup> 52'27''   | 1543 | Cultivo de maíz                | Luvisol                                  |
| 5 km al norte de El Carrizal                           | 16 <sup>0</sup> 53'14''   | 97 <sup>0</sup> 53'67''   | 965  | Bosque de coníferas            | Luvisol                                  |
| Charloco   | 16 <sup>0</sup> 59'27.7'' | 97 <sup>0</sup> 58'17.5'' | 970  | Bosque de coníferas            | Luvisol                                  |
| Camino a San Isidro Paz y Progreso, entre Mexicalzingo | 17 <sup>0</sup> 07'33''   | 97 <sup>0</sup> 52'36''   | 1424 | Pastizal inducido              | Leptosol                                 |

### ANEXO 3

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.

| Perfil                        | Color en Seco                          | Color en húmedo                        | D.A (g cm <sup>-1</sup> ) | pH   | M.O (%) | CIC (Cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) | Arcilla Arena (%) | Clase Textural       |
|-------------------------------|--|--|---------------------------|------|---------|---|-------------------|----------------------|
| P <sub>1</sub> A              | 7,5YR<br>5/3<br>castaño                | 7,5YR<br>4/3<br>castaño                | 0.88                      | 5.25 | 16.2025 | 32  | 23.44<br>46.56    | Migajón              |
| P <sub>1</sub> B <sub>1</sub> | 7.5YR<br>5/6<br>castaño<br>amarillento | 7.5YR<br>5/8<br>castaño<br>amarillento | 0.89                      | 5.84 | 11.89   | 36.8                                      | 12,72<br>64.56    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>1</sub> B <sub>2</sub> | 7,5YR<br>5/3<br>castaño                | 7,5YR<br>4/3<br>castaño                | 1.01                      | 5.87 | 11.89   | 33.6                                      | 23.44<br>56.56    | migajón<br>arcilloso |
| P <sub>1</sub> C              | 7.5YR<br>6/8<br>Amarillo<br>pardusco   | 7.5YR<br>6/8<br>amarillo<br>pardusco   | 0.93                      | 6.04 | 11.2    | 56.8                                      | 15.44<br>50.56    | migajón              |
| P <sub>2</sub> A <sub>1</sub> | 5YR<br>4/4<br>Castaño                  | 5YR<br>4/4<br>castaño                  | 0.91                      | 5.9  | 4.825   | 26.4                                      | 17.28<br>74.08    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>2</sub> A <sub>2</sub> | 5YR<br>5/6<br>rojo<br>amarillento      | 5YR<br>4/6<br>castaño<br>fuerte        | 1.05                      | 5.84 | 5.17    | 18.4                                      | 17.28<br>71.92    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>2</sub> A <sub>3</sub> | 5YR<br>4/6<br>Rojo<br>amarillento      | 5YR<br>4/6<br>rojizo<br>amarillento    | 0.93                      | 5.88 | 3.44    | 20  | 11.52<br>74.80    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>2</sub> B <sub>1</sub> | 5YR<br>5/8<br>Rojizo<br>amarillento    | 5YR<br>5/8<br>rojizo<br>amarillento    | 0.9                       | 5.43 | 3.30    | 13.6                                      | 11.52<br>76.24    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>2</sub> B <sub>2</sub> | 5YR<br>5/8<br>Rojizo<br>amarillento    | 5YR<br>5/8<br>rojizo<br>amarillento    | 0.91                      | 5.7  | 3.23    | 22.4                                      | 10.80<br>74.80    | migajón<br>arenoso   |
| P <sub>3</sub> A <sub>1</sub> | 7.5YR<br>4/3<br>castaño<br>oscuro      | 7.5YR<br>3/3<br>castaño<br>oscuro      | 0.86                      | 6.18 | 16.375  | 53.6                                      | 37.44<br>34.56    | migajón<br>arcilloso |
| P <sub>3</sub> A <sub>2</sub> | 7.5YR<br>5/6<br>castaño<br>fuerte      | 7.5YR<br>4/4<br>Castaño                | 1.17                      | 6.2  | 12.4075 | 24  | 39.44<br>30.56    | migajón<br>arcilloso |
| P <sub>3</sub> A <sub>3</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>castaño                | 7.5YR<br>4/4<br>castaño                | 1.08                      | 6    | 12.7525 | 24  | 37.44<br>32.56    | migajón<br>arcilloso |
| P <sub>3</sub> B              | 7.5YR<br>5/4<br>castaño                | 7.5YR<br>3/4<br>castaño                | 1.21                      | 6.06 | 11.89   | 24.8                                      | 35.44<br>38.56    | migajón<br>arcilloso |
| P <sub>3</sub> C              | 7.5YR<br>5/4                           | 7.5YR<br>3/4                           | 1.17                      | 6.08 | 11.2    | 28.8                                      | 33.44<br>34.56    | migajón<br>arcilloso |

|                               |                                    |   |       |      |         |      |                |                  |
|-------------------------------|------------------------------------|---|-------|------|---------|------|----------------|------------------|
|                               | Castaño                            | castaño oscuro                            |       |      |         |      |                |                  |
| P <sub>4</sub> A <sub>1</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>Castaño            | 7.5YR<br>4/3<br>castaño                   | 1.733 | 4.9  | 16.72   | 71.2 | 51.44<br>22.56 | Arcilloso        |
| P <sub>4</sub> A <sub>2</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>castaño            | 7.5YR<br>4/4<br>Castaño                   | 1.22  | 6.09 | 12.235  | 64.8 | 49.54<br>22.56 | Arcilloso        |
| P <sub>4</sub> A <sub>3</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>Castaño            | 7.5YR<br>4/6<br>castaño fuerte            | 1.43  | 6.77 | 12.4075 | 70.4 | 55.44<br>24.56 | arcilloso        |
| P <sub>4</sub> B <sub>1</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>Castaño            | 7.5YR<br>4/6<br>castaño fuerte            | 1.31  | 7.19 | 12.235  | 68.8 | 55.44<br>24.56 | arcilloso        |
| P <sub>4</sub> B <sub>2</sub> | 7.5YR<br>5/4<br>Castaño            | 7.5YR<br>4/6<br>castaño fuerte            | 1.11  | 7.21 | 12.7525 | 72.8 | 51.44<br>28.56 | arcilloso        |
| P <sub>4</sub> C              | 7.5YR<br>6/6<br>Amarillo rojizo    | 7.5YR<br>5/6<br>castaño fuerte            | 1.27  | 7.45 | 11.2    | 85.6 | 12.28<br>85.48 | franco arenosa   |
| P <sub>5</sub> A              | 10YR<br>5/3<br>Castaño             | 10YR<br>3/3<br>castaño fuerte             | 0.74  | 4.67 | 13.7875 | 75.2 | 0.72<br>95.68  | arena            |
| P <sub>5</sub> C <sub>1</sub> | 10YR<br>5/3<br>Castaño             | 10YR<br>4/4<br>castaño amarillento oscuro | 0.95  | 4.93 | 5.377   | 53.6 | 0.72<br>90.64  | arena            |
| P <sub>5</sub> C <sub>2</sub> | 10YR<br>7/6<br>Amarillo            | 10YR<br>5/8<br>castaño amarillento        | 1.08  | 5.12 | 5.653   | 30.4 | 2.88<br>84.88  | arena migajonosa |
| P <sub>6</sub> A              | 7,5YR<br>6/6<br>Rojizo amarillento | 7,5YR<br>5/8<br>castaño fuerte            | 1.01  | 4.76 | 4.618   | 20   | 9.36<br>81.28  | arena migajonosa |
| P <sub>6</sub> B              | 7,5YR<br>8/6<br>Rojizo amarillento | 7,5YR<br>6/8<br>rojizo amarillo           | 1.12  | 5.05 | 4.687   | 25.6 | 12.96<br>78.40 | migajón arenoso  |
| P <sub>6</sub> C              | 7,5YR<br>8/6<br>Rojizo amarillento | 7,5YR<br>6/8<br>rojizo amarillo           | 1.24  | 4.76 | 3.79    | 20.8 | 7.20<br>82.72  | arena migajonosa |
| P <sub>7</sub> A              | 10YR<br>7/4<br>castaño muy pálido  | 10YR<br>5/6<br>castaño amarillento        | 1.06  | 4.45 | 4.963   | 12   | 7.20<br>85.60  | arena migajonosa |
| P <sub>7</sub> C              | 10YR<br>7/3<br>castaño muy pálido  | 10YR<br>5/6<br>castaño amarillento        | 1.12  | 4.81 | 5.17    | 28   | 6.48<br>87.04  | arena migajonosa |
|                               | 10YR                               | 10YR                                      | 0.89  | 4.24 | 6.205   | 42.4 | 7.20           |                  |

|                                |  |   |         |      |       |      |                |                     |
|--------------------------------|--|---|---------|------|-------|------|----------------|---------------------|
| P <sub>8</sub> A               | 6/6<br>Amarillo<br>parduzco                | 5/8<br>castaño<br>amarillento                   |         |      |       |      | 87.76          | arena<br>migajonosa |
| P <sub>8</sub> B               | 10YR<br>7/6<br>Amarillo                    | 7,5YR<br>6/8<br>rojizo<br>amarillo              | 1.01    | 4.45 | 4.204 | 76.8 | 11.52<br>81.28 | arena<br>migajonosa |
| P <sub>8</sub> C               | 10YR<br>7/6<br>amarillo                    | 10YR<br>7/6<br>amarillo                         | 1.05    | 4.79 | 5.101 | 50.4 | 10.80<br>81.28 | migajón<br>arenoso  |
| P <sub>9</sub> A               | 10YR<br>5/1<br>Gris                        | 10YR<br>3/1<br>gris muy<br>oscuro               | 1.10    | 4.25 | 4.48  | 32.8 | 2.16<br>87.76  | arena<br>migajonosa |
| P <sub>10</sub> A              | 10YR<br>5/2<br><br>castaño<br>grisáceo     | 10YR<br>2/2<br>castaño<br>muy<br>oscuro         | 0.9     | 5.5  | 6.481 | 36.8 | 2.88<br>98.56  | arena               |
| P <sub>11</sub> A              | 10YR<br>3/2<br>castaño<br>rojizo<br>oscuro | 10YR<br>3/1<br>gris muy<br>oscuro               | 0.88333 | 4.09 | 7.516 | 30.4 | 5.04<br>89.92  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>11</sub> B              | 10YR<br>7/3<br>castaño<br>muy pálido       | 10YR<br>5/8<br>castaño<br>amarillento           | 0.93133 | 4.76 | 6.481 | 38.4 | 8.64<br>88.48  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>11</sub> C              | 10YR<br>7/4<br>castaño<br>muy pálido       | 10YR<br>6/8<br>amarillo<br>pardusco             | 0.408   | 4.57 | 6.205 | 39.2 | 13.68<br>82.72 | Migajón<br>arenoso  |
| P <sub>12</sub> A              | 10YR<br>5/4<br>castaño<br>amarillento      | 10YR<br>3/3<br>castaño<br>oscuro                | 1.28333 | 5.67 | 6.205 | 13.6 | 2.16<br>93.52  | Arena               |
| P <sub>12</sub> C <sub>1</sub> | 10YR<br>5/6<br>castaño<br>amarillento      | 10YR<br>4/4<br>castaño<br>amarillento<br>oscuro | 0.98666 | 5.42 | 6.205 | 31.2 | 5.04<br>87.76  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>12</sub> C <sub>2</sub> | 10YR<br>5/4<br>castaño<br>amarillento      | 10YR<br>3/6<br>castaño<br>amarillento<br>oscuro | 1.15    | 5.55 | 5.998 | 24   | 3.60<br>90.64  | Arena               |
| P <sub>13</sub> A <sub>1</sub> | 10YR<br>5/4<br>castaño<br>amarillento      | 10YR<br>3/4<br>castaño<br>amarillento<br>oscuro | 1.053   | 5.31 | 7.585 | 22.4 | 5.04<br>84.88  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>13</sub> A <sub>2</sub> | 10YR<br>5/3<br>Castaño                     | 10YR<br>4/4<br>castaño<br>amarillento<br>oscuro | 1.08166 | 5.85 | 7.654 | 16   | 3.60<br>88.48  | Arena               |
|                                | 10YR<br>6/4<br>castaño                     | 10YR<br>5/6<br>castaño                          | 1.08033 | 5.72 | 7.102 | 21.6 |                | Arena<br>migajonosa |

|                                |  |   |         |      |       |      |                |                     |
|--------------------------------|--|---|---------|------|-------|------|----------------|---------------------|
| P <sub>13</sub> C <sub>1</sub> | amarillento claro                              | amarillento                                     |         |      |       |      | 5.04<br>84.88  |                     |
| P <sub>13</sub> C <sub>2</sub> | 10YR<br>6/4<br>castaño<br>amarillento<br>claro | 10YR<br>4/6<br>castaño<br>amarillento<br>oscuro | 1.10833 | 5.7  | 7.93  | 19.2 | 4.32<br>85.60  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>14</sub> A <sub>1</sub> | 10YR<br>7/2<br>gris ligero                     | 10YR<br>6/2<br>gris<br>pardusco<br>claro        | 1.1     | 5.18 | 7.792 | 23.2 | 2.88<br>90.64  | Arena               |
| P <sub>14</sub> A <sub>2</sub> | 10YR<br>8/2<br>castaño<br>muy pálido           | 10YR<br>7/2<br>gris ligero                      | 1.03333 | 5.35 | 7.24  | 10.4 | 2.16<br>89.20  | Arena               |
| P <sub>14</sub> B              | 10YR<br>8/2<br>castaño<br>muy pálido           | 10YR<br>7/3<br>castaño<br>muy pálido            | 1.11    | 5.94 | 6.826 | 10.4 | 0.72<br>94.96  | Arena               |
| P <sub>14</sub> C              | 10YR<br>8/3<br>castaño<br>muy pálido           | 10YR<br>8/6<br>Amarillo                         | 1.15666 | 6.05 | 6.55  | 16   | 1.44<br>92.80  | Arena               |
| P <sub>15</sub> A <sub>1</sub> | 7.5YR<br>4/2<br>castaño                        | 7.5YR<br>4/2<br>Castaño                         | 0.964   | 5.05 | 7.24  | 18.4 | 5.04<br>88.48  | Arena               |
| P <sub>15</sub> A <sub>2</sub> | 7.5YR<br>5/6<br>castaño<br>fuerte              | 7.5YR<br>3/4<br>castaño<br>oscuro               | 1.18533 | 5.3  | 5.929 | 29.6 | 10.08<br>81.28 | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>15</sub> B              | 7.5YR<br>6/8<br>Rojizo<br>amarillento          | 7.5YR<br>4/4<br>Castaño                         | 1.26866 | 5.26 | 6.067 | 26.4 | 9.36<br>82.72  | Arena<br>migajonosa |
| P <sub>15</sub> C              | 7.5YR<br>7/6<br>Amarillo                       | 7.5YR<br>5/8<br>castaño<br>amarillento          | 1.077   | 5.33 | 5.86  | 22.4 | 12.24<br>79.84 | Arena<br>migajonosa |

## ANEXO 4

### DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS DE SUELO DE REFERENCIA DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.

| <b>Grupo de Suelo Referenciado (GSR)</b> | <b>Características</b>   |
|--|--|
| <b>Cambisol</b>                          | Diferenciación de horizontes manifestado por cambios en el color, la estructura o el lavado de carbonatos. El perfil es de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la ausencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio, origen iluvial. Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas. Sus principales limitaciones están asociadas a la topografía, bajo espesor, pedregosidad o bajo contenido en bases. En zonas de elevada pendiente su uso queda reducido al forestal o piscícola.  |
| <b>Luvisol</b>                           | Son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico. Los luvisoles tienen arcillas de alta actividad en todo el horizonte árgico y alta saturación con bases a ciertas profundidades. El perfil es de tipo ABC. Sobre el horizonte árgico puede aparecer un albico, en este caso son integrados hacia los albeluvisoles.  |
| <b>Fluvisol</b>                          | Estos suelos están desarrollados sobre depósitos aluviales. El material parental es predominantemente depósitos recientes, fluviales, lacustres y marinos. Se pueden encontrar en planicies aluviales, abanicos de ríos, valles y marismas costeras en todos los continentes y en todas las zonas climáticas; muchos fluvisoles bajo condiciones naturales se inundan periódicamente. El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes, aunque es frecuente la presencia de un horizonte ah muy conspicuo. Los rasgos redoximórficos son frecuentes, sobre todo en la parte baja del perfil. |
| <b>Leptosol</b>                          | Suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. El desarrollo del perfil es de tipo AR o AC, muy rara vez aparece un incipiente horizonte B. En materiales fuertemente calcáreos y muy alterados puede presentar un horizonte mólico con signos de gran actividad biológica.  |

|                        |   |
|------------------------|---|
| <p><b>Gleysol</b></p>  | <p>Suelos con signos claros de influencia del agua freática; del ruso <i>gley</i>, masa lodosa. Material parental tiene un amplio rango de material no consolidado, principalmente fluvial, marino y lacustre, con mineralogía básica a ácida. Evidencias de procesos de reducción con segregación de compuestos de Fe dentro de 50 cm de la superficie del suelo.</p>  |
| <p><b>Phaeozem</b></p> | <p>Suelos oscuros ricos en materia orgánica, material parental no consolidado, predominantemente básico, eólico y otros. La vegetación natural es pastizal como la estepa de pastos altos y/o bosque. Desarrollo del perfil, un horizonte mólico (más fino y en muchos suelos menos oscuro que en los chernozems), principalmente sobre horizonte subsuperficial cámbico o árgico.</p>  |
| <p><b>Regosol</b></p>  | <p>Se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Aparecen en cualquier zona climática sin permafrost y a cualquier altitud. Son muy comunes en zonas áridas, en los trópicos secos y las regiones montañosas. El perfil es de tipo AC. No existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.</p> |



## ANEXO 5

### CLAVE DE LOS GRUPOS DE SUELO DE REFERENCIA Y LISTA DE CALIFICADORES GRUPO I Y II PARA LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.

| Clave para los Grupos de Suelos de Referencia  | Calificadores grupo I | Calificadores grupo II                   |
|--|-----------------------|--|
| <p>Otros suelos que tienen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. uno de los siguientes:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. limitación de profundidad por <i>roca continua</i> dentro de los 25 cm de la superficie del suelo; o</li> <li>b. menos de 20 por ciento (en volumen) de tierra fina promediada en una profundidad de 75 cm de la superficie del suelo o hasta <i>roca continua</i>, lo que esté a menor profundidad; y</li> </ol> </li> <li>2. sin horizonte <i>cálcico</i>, <i>gípsico</i>, <i>petrocálcico</i>, <i>petrogípsico</i> o <i>spódico</i>.</li> </ol> <p>LEPTOSOLES</p>   | Lítico                | Dístrico                                 |
| <p>Otros suelos que tienen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. material <i>flúvico</i> que comienza dentro de los 25 cm de la superficie del suelo y continúa hasta una profundidad de 50 cm o más o comienza en el límite inferior de una capa arada y continúa hasta una profundidad de 50 cm o más;</li> <li>y</li> <li>2. sin horizonte <i>árgico</i>, <i>cámbico</i>, <i>nátrico</i>, <i>petroplántico</i> o <i>plántico</i> que comience dentro de 50 cm de la superficie del suelo; y</li> <li>3. sin capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de 30 cm o más dentro de los 100 cm de la superficie del suelo y que comiencen dentro de los 25 cm de la superficie del suelo.</li> </ol> <p>FLUVISOLES</p> | Háplico               | Ántrico<br>Arénico<br>Dístrico<br>Húmico |

| Clave para los Grupos de Suelos de Referencia   | Calificadores grupo I        | Calificadores grupo II  |
|---|------------------------------|---|
| <p>Otros suelos que tienen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. dentro de 50 cm de la superficie del suelo mineral una capa de 25 cm o más de espesor, que tiene <i>condiciones reductoras</i> en algunas partes y un <i>patrón de color gléyico</i> en todo el espesor; y</li> <li>2. sin capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de, <i>ya sea</i> a. 30 cm o más dentro de 100 cm de la superficie del suelo y que comienzan dentro de 25 cm de la superficie del suelo; o b. 60 por ciento o más del espesor completo del suelo cuando la <i>roca continua</i> o una capa cementada o endurecida comienza entre 25 y 50 cm de la superficie del suelo.</li> </ol> <p>GLEYSOLES</p> | Hístico                      |   |
| <p>Otros suelos que tienen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. un <i>horizonte mólico</i>; y</li> <li>2. una saturación con bases (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 50 por ciento o más en todo el espesor hasta una profundidad de 100 cm o más de la superficie del suelo o hasta <i>roca continua</i> o una capa cementada o endurecida, lo que esté a menor profundidad.</li> </ol> <p>PHAEOZEMS</p>   | Lúvico                       | Abrúptico<br>Arénico<br>Páquico                                     |
| <p>Otros suelos que tienen un <i>horizonte árgico</i> con una CIC (por NH<sub>4</sub>OAc 1 M) de 24 Cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> arcilla<sup>49</sup> o más en todo el espesor o hasta una profundidad de 50 cm debajo de su límite superior, lo que esté a menor profundidad, ya sea comenzando dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o dentro de 200 cm de la superficie del suelo si el <i>horizonte árgico</i> tiene por encima textura arenoso franca o más gruesa en todo el espesor.</p> <p>LUVISOLES</p>  | Álbico<br>Háplico<br>Léptico | Arénico<br>Arcíllico<br>Crómico<br>Epidístrico<br>Húmico<br>Férrico |

| Clave para los Grupos de Suelos de Referencia  | Calificadores grupo I           | Calificadores grupo II                                 |
|--|---------------------------------|--|
| <p>Otros suelos que tienen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. un <i>horizonte cámbico</i> que comienza dentro de 50 cm de la superficie del suelo y tiene su base 25 cm o más debajo de la superficie del suelo o 15 cm o más debajo de alguna capa arada; o</li> <li>2. un horizonte <i>antrácuico, hórtico, hidrágrico, irrágrico, plágrico</i> o <i>térrico</i>; o</li> <li>3. un horizonte <i>frágico, petroplántico, pisoplántico, plántico, sálico, tiónico</i> o <i>vértico</i> que comienza dentro de 100 cm de la superficie del suelo; o</li> <li>4. una o más capas con propiedades <i>ándicas</i> o <i>vítricas</i> con un espesor combinado de 15 cm o más dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.</li> </ol> <p>CAMBISOLES</p> | <p>Frágico<br/>Háplico</p>      | <p>Dístrico<br/>Gréyco<br/>Húmico<br/>Láxico</p>       |
| <p>Otros suelos.</p> <p>REGOSOLES</p>  | <p>Háplico<br/>Taptóvitrico</p> | <p>Arénico<br/>Dístrico<br/>Esquelético<br/>Húmico</p> |

## ANEXO 6

### CÓDIGOS RECOMENDADOS PARA LOS GRUPOS DE SUELOS DE REFERENCIA, CALIFICADORES Y ESPECIFICADORES

| <b>Grupo de Suelo de Referencia</b> |     |             |     |               |     |              |    |
|-------------------------------------|-----|-------------|-----|---------------|-----|--------------|----|
| Cambisol                            | CM  | Gleysol     | GL  | Luvisol       | LV  | Regosol      | RG |
| Fluvisol                            | FL  | Leptosol    | LP  | Phaeozem      | PH  |              |    |
| <b>Calificadores</b>                |     |             |     |               |     |              |    |
| Abrúptico                           | ap  | Epidístrico | ed  | Húmico        | hu  | Pisoplántico | px |
| Álbico                              | ab  | Esquelético | sk  | Irrágrico     | ir  | Plágico      | pa |
| Antrácuico                          | aq  | Férrico     | fr  | Léptico       | le  | Plíntico     | pl |
| Ántrico                             | am  | Frágico     | fg  | Láxico        | la  | Sálico       | sz |
| Arcíllico                           | ce  | Gípsico     | gy  | Lítico        | li  | Spódico      | sd |
| Arénico                             | ar  | Gréyico     | gz  | Páquico       | ph  | Taptovítrico | bv |
| Cálcico                             | cc  | Háplico     | ha  | Mólico        | mo  | Térrico      | tr |
| Cámbico                             | cm  | Hidrágico   | hg  | Petrocálcico  | pc  | Tiónico      | ti |
| Crómico                             | cr  | Hístico     | hi  | Petrogípsico  | pg  | vítrico      | Vi |
| Dístrico                            | dy  | Hórtico     | ht  | Petroplántico | pp  | Vértico      | Vr |
| Endodístrico                        | ny  |             |     |               |     |              |    |
| <b>Especificadores</b>              |     |             |     |               |     |              |    |
| Endo                                | ..n | Epi         | ..p | Tapto         | ..b |              |    |

**Endo (..n):** criterios del calificador se cumplen para el espesor requerido en algún lugar entre 50 y 100 cm de la superficie del suelo.

**Epi (..p):** criterios del calificador se cumplen para el espesor requerido en algún lugar dentro de 50 cm de la superficie del suelo.

**Tapto (..b):** tiene una capa enterrada relacionada con horizontes, propiedades o materiales de diagnóstico dentro de 100 cm de la superficie (se da en combinación con el horizonte de diagnóstico enterrado, e.g. Taptomólico).