

## **Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos\***

### **Munsell Notation System and CIELab as a tool for evaluation colors in soils**

**Julia María Domínguez Soto<sup>1</sup>, Alma Delia Román Gutiérrez<sup>1§</sup>, Francisco Prieto García<sup>1</sup> y Otilio Acevedo Sandoval<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Área Académica de Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo, km 4.5. Pachuca, Hidalgo, México. C. P. 42076. Tel. 01 771 7172000. Ext. 2514 y 2220. (julia\_moon\_star@yahoo.com.mx), (aroman@uaeh.edu.mx), (prietog@uaeh.edu.mx). <sup>2</sup>Área Académica en Materiales y Metalurgia. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (acevedo@uaeh.edu.mx). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: aroman@uaeh.edu.mx.

#### **Resumen**

El color es una de las características morfológicas más importantes, la más obvia, fácil de determinar y relevante en la identificación taxonómica de los suelos. El color de los suelos guarda una estrecha relación con los componentes sólidos (materia orgánica, textura, composición mineralógica, morfología); siendo los metales de transición, principalmente, los que pueden dotar a los suelos esta característica particular. El Sistema de Notación Munsell y CIELab, son dos técnicas que permiten la determinación del color del suelo. El objetivo de este estudio es evaluar las propiedades físicas, químicas y mineralógicas en suelo del cerro de Denganthza, y su relación son la coloración característica que presentan las muestras, usando como métodos de evaluación de color el Sistema de Notación Munsell y el Sistema Espectrofotométrico CIELab. En el Sistema de Notación Munsell los suelos presentan coloraciones desde amarillo pálido a rojizas, para valores de <<hue>> se encuentra entre 2.5Y, 5Y, 2.5YR, 7.5YR y 10YR mostrando coloraciones claras indicando un empobrecimiento de Fe y Mn, llevando a plantear que debido a causas pedogenéticas se ha producido un proceso de podzolización. En CIELab el color de los suelos estudiados se ubican en los cuadrantes +a\* y +b\* corresponden al color

#### **Abstract**

The color is one of the most important morphological features, the most obvious, easy to determine and relevant taxonomic identification of soils. The color of soils is closely related with the solid components (organic matter, texture, mineralogical composition, morphology) being the transition metals, mainly those soils can provide this characteristic. Munsell Notation System and CIELab are two techniques for determining the color of the soil. The aim of this study is to evaluate the physical, chemical and mineralogical properties of Denganthza hill's soil, and its relationship with the characteristic color showed in the samples, using methods of assessment color Munsell Notation System and CIELab Spectrophotometric System. In the Munsell Notation System soils have colors from pale yellow to reddish to values <<hue>> between 2.5Y, 5Y, 2.5YR, 7.5YR and 10YR showing clear staining indicating a depletion of Fe and Mn, leading to suggest that due to palaeosols causes, there has been a podzolization process. In CIELab color of the soils studied are located in quadrants +a\* and +b\* and correspond to red and yellow, the color of wet soils corresponds to a reddish-yellow, high a higher yellow saturation occurring in the soils 1, 6 and 13, the rest

\* Recibido: septiembre de 2011  
Aceptado: diciembre de 2011

rojo y amarillo, el color de los suelos en húmedo corresponde a un color amarillo-rojizo, con mayor saturación en amarillo presentándose en los suelos 1, 6 y 13, en el resto se observa una tendencia hacia las tonalidades claras; sin embargo, en los suelos secos se presenta la misma coloración amarillo-rojizo, sin saturaciones con tonalidades claras en todas las muestras.

**Palabras claves:** color, espectrofotometría, sistemas, suelo.

## Introducción

Los suelos de la región del cerro de Denganthza, desarrollados sobre rocas volcánicas epiclásticas pertenecientes a la Formación Tarango, del Plioceno Superior-Cuaternario, presentan rasgos edafológicos característicos de los cuales sus propiedades físicas y químicas, derivan de sus componentes mineralógicos y del entorno pedogenético en el que se encuentran, lo que determina la evolución de los suelos que los sobreyacen (Shoji *et al.*, 1993). El estudio del color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, la más obvia y fácil de determinar, permite identificar clases de suelos, es el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes y tiene una estrecha relación con los principales componentes sólidos de este recurso.

Tomando como referencia los nuevos intentos de utilizar el color del suelo, como un indicador que podría orientar de forma práctica la toma de decisiones sobre el uso, manejo y clasificación del suelo; el objetivo de este trabajo a nivel morfológico fue: evaluar las propiedades físicas, químicas y mineralógicas en suelo del cerro de Denganthza y su relación con la coloración característica que presentan las muestras. Así mismo se describen los sistemas más empleados en la designación de color, siendo el Sistema de Notación Munsell, método colorimétrico más utilizado, y el Sistema Espectrofotométrico CIELab como método de comparación.

## Antecedentes

Una sustancia aparece coloreada porque absorbe la luz que corresponde a una o más de las longitudes de onda de la región visible del espectro electromagnético y transmite o refleja las otras longitudes de onda. La luz visible es radiación electromagnética, cuya longitud de onda,  $\lambda$ , varía de 400 nm a 700 nm. La energía de esta radiación es inversamente proporcional a su longitud de onda:  $E = hv =$

is a trend toward lighter shades, but in dry soils shows the same yellow-red, without saturation with light shades in all samples.

**Key words:** color, spectrophotometry, systems, soil.

## Introduction

The soils of the Denganthza hill's region, developed on volcanic epiclastic rocks belonging to the Tarango Formation, Upper Pliocene-Quaternary pedological have features which characterize their physical properties and chemical components derived from mineralogical and pedogenic environment in which are found, which determines the evolution of the overlying soils (Shoji *et al.*, 1993). The study of soil color is one of the most important morphological features, the most obvious and easily determined, to identify soil types; the most important attribute is used in the separation of horizons and has a close relationship with the main solid components of this resource.

Drawing on new attempts to use soil color as an indicator that could guide a practical decision-making on the use, management and soil classification, the aim of this work at a morphological level: to evaluate the physical, chemical and mineralogical properties of Denganthza hill's soil and its relationship to the characteristic of the color samples presented. It also describes the systems used in the designation of color, being the Munsell Notation System, colorimetric method most used, and Spectrophotometric CIELab system as a method of comparison.

## Background

A substance is colored by absorbing light which corresponds to one or more of the wavelengths of the visible region of electromagnetic spectrum and transmits or reflects other wavelengths. Visible light is electromagnetic radiation, whose wavelength,  $\lambda$ , varies from 400 nm to 700 nm. The energy of this radiation is inversely proportional to its wavelength:  $E = hv = h(c/\lambda)$ . A combination of all wavelengths of the visible region is called "white light"; the absence of all wavelengths of the visible region is dark.

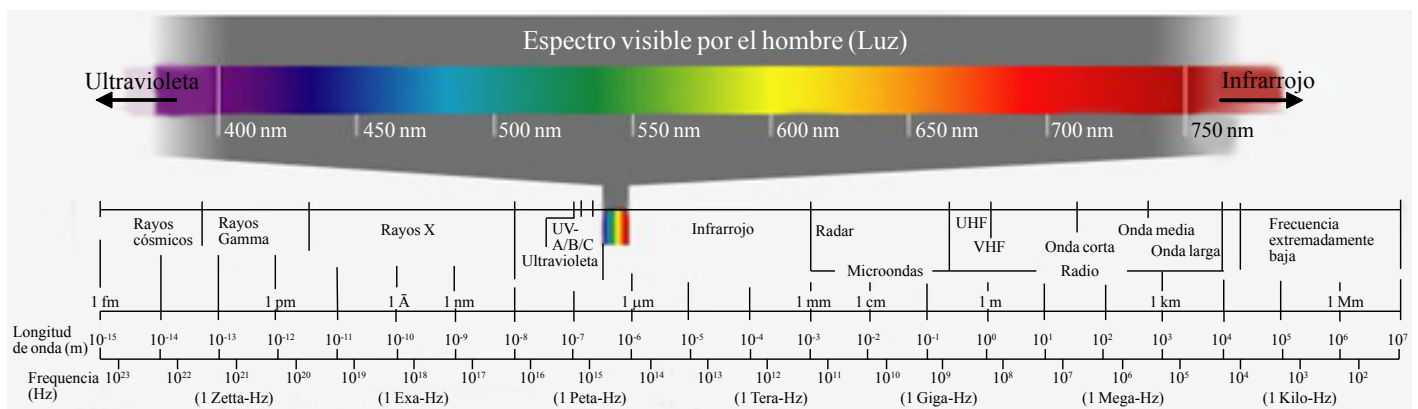
The spectral color is the one associated with wavelengths of light absorbed by the sample. When absorbing certain wavelengths of white light varying incident light is

$h(c/\lambda)$ . Una combinación de todas las longitudes de onda de la región visible se llama “luz blanca”; la ausencia de todas las longitudes de onda de la región visible es oscuridad.

El color espectral es el color asociado con las longitudes de onda de la luz absorbidas por la muestra. Cuando se absorben ciertas longitudes de onda variables de la luz blanca incidente, la luz no absorbida permanece visible para nosotros como luz blanca transmitida o reflejada; a esto se le conoce como espectro de absorción (Figura 1).

not absorbed remains visible for us as white light transmitted or reflected, this is called absorption spectrum (Figure 1).

The complementary color is the color associated with the wavelengths that are not absorbed by the sample. The complementary color is seen when the spectral color is removed from white light. One of the salient features of the compounds of transition metals is that they often have color. In general, colors also depend on the particular metal



**Figura 1. Región visible del espectro electromagnético.**  
**Figure 1. Visible region of electromagnetic spectrum.**

El color complementario es el color asociado con las longitudes de onda que no son absorbidas por la muestra. El color complementario se ve cuando el color espectral se elimina de la luz blanca. Uno de los aspectos más notables de los compuestos de los metales de transición es que suelen tener color. En general, los colores dependen también del metal en particular y de su estado de oxidación. A veces se requiere la presencia de un subnivel “d” parcialmente lleno en el ión metálico. Los iones metálicos que tiene los subniveles “d” completamente vacíos (como  $Al^{3+}$  y  $Ti^{4+}$ ) o completamente llenos (como el  $3d^{10}$  en  $Zn^{2+}$ ) son incoloros.

Aunque la capacidad para formar complejos es común en todos los iones metálicos, los más numerosos e interesantes están formados por los elementos de transición. Las propiedades magnéticas y los colores de los complejos de los metales de transición, están relacionadas con la presencia de electrones “d” en los orbitales del metal. El modelo que explica las propiedades que se observan en estas sustancias es llamada: teoría del campo cristalino.

and its oxidation state. Sometimes it requires the presence of a sublevel “d” partly filled in the metal ion. The metal ions having the sublevels “d” completely empty (as  $Al^{3+}$  and  $Ti^{4+}$ ) or completely filled (like  $3d^{10}$  in  $Zn^{2+}$ ) are colorless.

Although, the ability to form complexes is common in all the metal ions, the most numerous and interesting are formed by transition elements. The magnetic properties and colors of the complexes of transition metals are related to the presence of electrons “d” in the orbitals of the metal. The model explains the observed properties of these substances are called, crystal field theory.

The energy difference between orbitals “d”, represented by  $\Delta$ , is the same order of magnitude as the energy of a photon of visible light (the energy difference  $\Delta$ , sometimes called energy crystal field splitting). Consequently for a complex of a transition metal is possible to absorb visible light, which excites electron orbitals “d” lower power toward the higher energy.

La diferencia de energía entre los orbitales “d”, representado por  $\Delta$ , es del mismo orden de magnitud que la energía de un fotón de luz visible (la diferencia de energía  $\Delta$ , algunas veces se denomina energía de desdoblamiento del campo cristalino). Por consiguiente para un complejo de un metal de transición es posible absorber la luz visible, la cual excita un electrón de los orbitales “d” de energía menor, hacia los de energía superior.

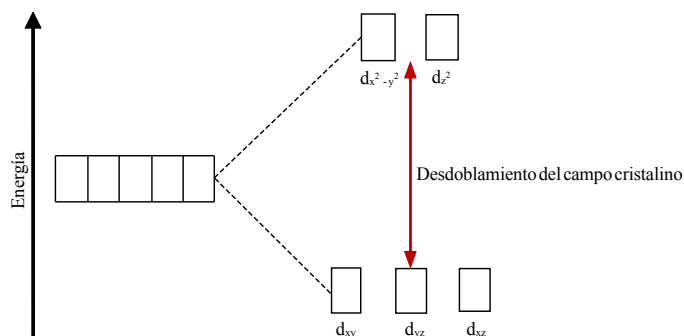
La magnitud de la diferencia de energía,  $\Delta$ -y en consecuencia del color de un complejo, dependen tanto del metal como de los ligandos circundantes. Los ligandos se pueden acomodar en orden a sus capacidades para aumentar la diferencia de energía,  $\Delta$ . A medida que el campo ejercido por los ligandos aumenta, el desdoblamiento de los orbitales “d” también aumenta. Debido a que el espectro de absorción está relacionado con esta separación de energía, estos complejos varían de color figura (Figura 2).

La manera en que la luz interactúa con los suelos ha sido descrita por varios autores (Hunter, 1975; Judd y Wyszecski, 1975; Wyszecski y Stiles, 1982) y mencionan que en muestras de suelos granulados o pulverizados, la incidencia de un haz de luz en una pequeña fracción de la superficie del suelo es reflejada especularmente. Al penetrar el haz encuentra muchas superficies de partículas minerales y orgánicas, es aquí donde la luz experimenta la reflexión múltiple y la difracción (Hunter, 1975; Torrent y Barron, 1999).

El color de esta luz resulta de la capacidad de los diversos componentes del suelo de absorber la luz en algunas longitudes de onda que otras. El color no sólo depende de las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Velázquez *et al.*, 2007), o de la estrecha relación que guarde con sus principales componentes sólidos (materia orgánica, textura, composición mineralógica, morfología) (Schulze *et al.*, 1993; Schwertmann, 1993; Jaramillo, 2002); se debe considerar la distribución espectral de la luz.

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, la más obvia, fácil de determinar y relevante utilizado en la separación de horizontes (Soil Survey Division Staff, 1999), permitiendo identificar distintas clases de suelos. Basados en la importancia que tiene el color del suelo, cualquier error en su determinación acarrea conclusiones equivocadas respecto a las características que se relacionan con él.

The magnitude of the energy difference,  $\Delta$ , and hence the color of a complex depends on both, the metal and the surrounding binder. The ligands can be accommodated in order to increase their capacities to the energy difference,  $\Delta$ . As the field exerted by the ligands is increased, the splitting of the orbital “d” increases. Because the absorption spectrum is related to the energy separation, these complexes differ in color figure (Figure 2).



**Figura 2. Desdoblamiento del campo cristalino entre los orbitales “d” en un complejo octaédrico.**

**Figure 2. Crystal field splitting between the orbitals “d” in an octahedral complex.**

The way the light interacts with the soil has been described by several authors (Hunter, 1975; Judd and Wyszecski; 1975, Wyszecski and Stiles, 1982) and mentioned that, in soil samples granulated or ground, the incidence of a beam light in a small fraction of the soil surface is specularly reflected. Upon entering the beam is many surfaces of mineral and organic particles, this is where the light undergoes multiple reflection and diffraction (Hunter, 1975; Torrent and Barron, 1999).

The color of the light results from the ability of the various components of the soil to absorb light at certain wavelengths than others. The color depends not only on the physical, chemical and biological soil (Velázquez *et al.*, 2007), or to keep a close relationship with its main solid components (organic matter, texture, mineralogical composition, morphology) (Schulze *et al.*, 1993, Schwertmann, 1993; Jaramillo, 2002), the spectral distribution of light must be considered. Soil color is one of the most important morphological features, the most obvious, easily determined and used in separating relevant horizons (Soil Survey Division Staff, 1999), allowing to identify different types of soils. Based on the importance of soil color, any error in its determination leads to wrong conclusions regarding the characteristics related to it.

### Sistema de notación y color Munsell

Las tablas de color Munsell incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, en suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o “chips” diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (value) y la pureza (chroma). Las divisiones de claridad (value) se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha (Figura 3).

### Sistema CIELab

El espacio CIELab, (también conocido como CIELab) fue establecido por la Comisión Internacional de L'Eclairage (CIE, 1978), se definen las magnitudes colorimétricas que se derivan matemáticamente de los valores triestímulo y pueden considerarse una respuesta de los observadores patrones a un estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia. Los estímulos dependientes aparecen a los observadores reales como estímulos no autoluminosos, es el caso de cualquier superficie o material no emisor de luz. Como blanco de referencia se toma el difusor perfecto cuyos valores triestímulo son los del iluminante utilizado y se designan  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$ . Las ecuaciones que describen la dinámica del color a lo largo de las tres coordenadas, para cada uno de los puntos de cromaticidad antes mencionados son (Sánchez-Marañón *et al.*, 1995).

$$L^* = \begin{cases} 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 6 & \text{si } (Y/Y_n) > 0.008856 \\ 903.3 (Y/Y_n) & \text{si } (Y/Y_n) < 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500 [ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} ]$$

$$b^* = 200 [ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} ]$$

Donde:  $[X_n, Y_n, Z_n]$  corresponde con el blanco de referencia.  $L^*$  se representa en un rango de valores  $[0, 100]$ , mientras que  $a^*$  y  $b^*$  en  $[-60, 60]$ . La conversión inversa se representa como:  $Y = [(L^* + 16)/116]^3 Y_n$ ;  $X = [-a^*/500 + (Y/Y_n)^{1/3}]^3 X_n$ ; y  $Z = [-b^*/200 + (Y/Y_n)^{1/3}]^3 Z_n$ .

### Munsell notation system and color

The Munsell color charts include all the nuances of the visible range of the electromagnetic spectrum in soils is used only about a fifth of the total range of shades. The Munsell chart consists of leaves, each representing a tint (hue) specifically listed in the top right of this page. Each sheet has a number wafers or “chips” differently colored and systematically arranged on the sheet, representing lightness (value) and purity (chroma). Clarity divisions (value) are presented vertically, increasing its value (becoming lighter) from bottom to top; the divisions of purity (chroma) are horizontally on the bottom sheet, increasing from left to right (Figure 3).

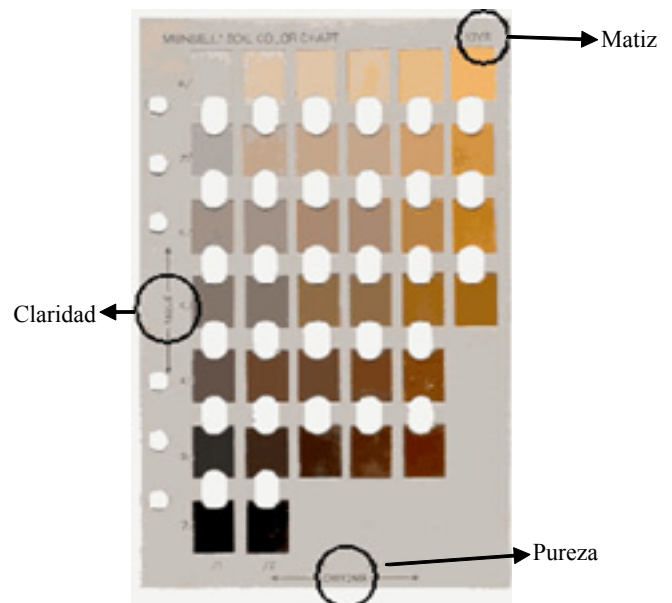


Figura 3. Tabla de color Munsell.  
Figure 3. Munsell color chart.

### CIELab system

CIELab space (also known as CIELab) was established by the International Commission of L'Eclairage (CIE, 1978); defines the colorimetric magnitudes derived mathematically from the tristimulus values and can be considered a response from the observer pattern to a light stimulus. Trying to imitate the real observers, these responses are dependent on the type of stimulus and reference white. Dependent stimuli appear as real observers autoluminos stimuli, is the case with any surface or light emitting material. As a reference white perfect diffuser takes the tristimulus values of which are for the illuminant used and are designated  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$ . The



En el caso en que el cociente  $Y_n/Y$  (factor de luminancia) sea igual o menor que 0.008856 (muestras muy oscuras), el cálculo de las coordenadas colorimétricas se realizará con las expresiones siguientes:  $L^* = 903.292 (Y/Y_n)$ ;  $a^* = 3893.5 ((X/X_n) - (Y/Y_n))$ ; y  $b^* = 1557.4 ((Y/Y_n) - ((Z/Z_n)))$

La coordenada  $L^*$  recibe el nombre de claridad y puede tomar valores entre 0 y 100, para estímulos independientes toma siempre el valor 100 y no sirve para su especificación. Las coordenadas colorimétricas  $a^*$  y  $b^*$  forman un plano perpendicular a la claridad. La coordenada  $a^*$  define la desviación del punto acromático correspondiente a la claridad, hacia el rojo si  $a^* > 0$ , hacia el verde si  $a^* < 0$ . Análogamente la coordenada  $b^*$  define la desviación hacia el amarillo si  $b^* > 0$ , hacia el azul si  $b^* < 0$ , como muestra la Figura 4.

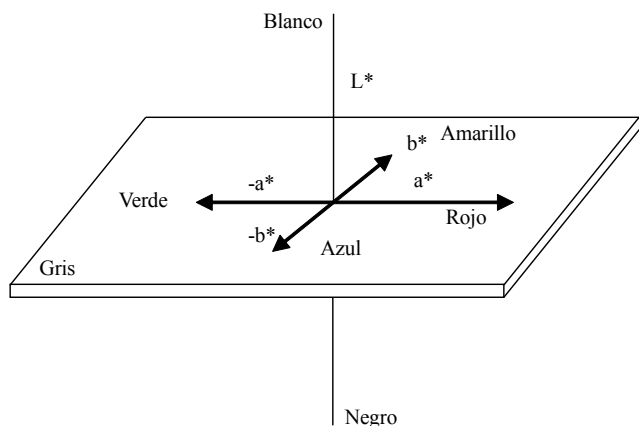


Figura 4. Espacio de color CIELab.  
Figure 4. CIELab color space.

## Materiales y métodos

### Localización del área de estudio

El cerro de Deganthza se localiza entre  $20^{\circ} 17'$  latitud norte y  $99^{\circ} 07'$  longitud oeste, con una altitud de 2 460 msnm en el municipio de Tepatepec de Francisco I. Madero, en el estado de Hidalgo. Regionalmente el área de estudio se localiza en la provincia fisiográfica denominada: “zona de fosas tectónicas y vulcanismo reciente” o “eje neovolcánico”, se caracteriza por predominar en ella derrames basálticos, numerosos volcanes y lagos o fases tectónicas. Los derrames volcánicos incluyen basalto, andesita, riolita y dacita, cuya morfología está representada por estructuras montañosas

equations describing the dynamics of the color along the three coordinate for each of the aforesaid chromaticity points (Sanchez-Marañón, *et al.*, 1995).

$$L^* = \begin{cases} 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 6 & \text{if } (Y/Y_n) > 0.008856 \\ 903.3 (Y/Y_n) & \text{if } (Y/Y_n) < 0.008856 \end{cases}$$

$$a^* = 500 [ (X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3} ]$$

$$b^* = 200 [ (Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3} ]$$

Where:  $[X_n, Y_n, Z_n]$  corresponds to the white of reference.  $L^*$  is represented in a range of values  $[0, 100]$ , whereas  $a^*$  and  $b^*$  in  $[-60, 60]$ . The reverse conversion is represented as:  $Y = [(L^* + 16)/116]^3 Y_n$   $X = [-a^*/500 + (Y/Y_n)^{1/3}]^3 X_n$ : and  $Z = [-b^*/200 + (Y/Y_n)^{1/3}]^3 Z_n$ .

In the case where the quotient  $Y_n/Y$  (luminance factor) is equal to or less than 0.008856 (samples very dark), calculating the colorimetric coordinates is performed with the following expressions:  $L^* = 903.292 (Y/Y_n)$ ;  $a^* = 3893.5 ((X/X_n) - (Y/Y_n))$ ; and  $b^* = 1557.4 ((Y/Y_n) - ((Z/Z_n)))$ .

The coordinate  $L^*$  is called the clarity and can take values between 0 and 100 for independent stimuli always takes the value 100 and does not fit your specification. Colorimetric coordinates  $a^*$  and  $b^*$  to form a plane perpendicular to clarity. The coordinate  $a^*$  defines the deflection from the achromatic point for clarity, to the red if  $a^* > 0$ , to the green if  $a^* < 0$ . Similarly define the coordinate  $b^*$  deviation towards yellow if  $b^* > 0$ , if blue  $b^* < 0$ , as shown in Figure 4.

## Materials and methods

### Location of the study area

Deganthza hill is located between  $20^{\circ} 17'$  north latitude and  $99^{\circ} 07'$  west longitude with an elevation of 2 460 meters in the town of Francisco I. Tepatepec Madero, in the State of Hidalgo. Regionally the study area is located in the physiographic province known as “area of recent volcanic grabens and” or “neo-volcanic axis”, is characterized by basaltic flows predominate in it, numerous lakes and volcanoes and tectonic phases. Spills include volcanic basalt, andesite, rhyolite and dacite, whose morphology is represented by medium-height mountain structures. The Deganthza Hill is located within the geological province called “Mexican Belt folds and faults of the Mesozoic” marine sedimentary and orogenic geotectonic environment.

de mediana altura. El cerro de Denganthza se ubica dentro de la provincia geológica llamada “Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas, del Mesozoico”, origen sedimentario marino y ambiente geotectónico orógeno.

Localmente la zona de interés queda comprendida en el Valle del Mezquital, sobre la ladera sur de la sierra de San Miguel de la Cal o San Miguel Acambay, sus límites orográficos son: al norte el Valle de Ixmiquilpan, al sur los lomeríos de Chicavasco y Tepeji del Río, al este la sierra de Pachuca y al oeste la sierra Xinthé. El clima con base en Köppen, modificado por García (1988) es Bs1K seco estepario con lluvia en verano, siendo la precipitación total anual de 350 mm y la temperatura media anual de 16.9 °C. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) reportó que los suelos dominantes corresponden a la asociación de Litosol + Redzina, con una fase petrocálcica (INEGI, 2003). Con relación a la vegetación es escasa y está formada por matorrales xerófilos, con la dominancia de especies espinosas tales como mezquite (*Prosopis* sp.), lechuguilla (*Agave lechuguilla* sp.), garambullo (*Lophocereus* sp.), cardón (*Pachycereus* sp.) y ocotillo (*Pringlei* sp.) (Figura 5).

### Trabajo en campo

La ubicación de los sitios de muestreo se determinó a partir de un muestreo aleatorio estratificado, mediante el análisis de fotografías aéreas pancromáticas blanco y negro a escala 1: 20 000, apoyándose con diversos recorridos por área. En total se seleccionaron 14 puntos entre 2 260 y 2 338 msnm en función a la coloración que presentaban los suelos (Figura 6).

### Trabajo en laboratorio

**Determinaciones físicas y químicas.** Las determinaciones que se realizaron a cada una de las muestras de suelo fueron: Textura (hidrómetro de Bouyoucos), los valores de densidad real por el método del picnómetro (Klute, 1982), densidad aparente se determinó por el método de la probeta (Klute, 1986). La porosidad se obtuvo relacionando la densidad real y la densidad aparente del suelo. Las determinaciones químicas que se llevaron a cabo fueron: pH relación 1:2 mediante el potenciómetro con electrodo de vidrio, conductividad eléctrica en el extracto de saturación y materia orgánica por Walkley y Black (1934). El análisis de óxidos totales por Verbeck *et al.* (1982) se realizó en un equipo de fluorescencia de rayos X (FRX) marca Siemens modelo SRS-3000.

Locally, the area of interest falls within the Mezquital Valley, on the southern slopes of the Sierra de San Miguel de la Cal or San Miguel Acambay, orographic boundaries are: north Ixmiquilpan Valley, south of the hills and Chicavasco Tepeji River, east of Pachuca and west of the mountains Xinthé. The climate based on Köppen modified by García (1988) is Bs1K dry steppe with summer rainfall, with annual rainfall of 350 mm and mean annual temperature of 16.9 °C. The National Institute of Statistics, Geography and Informatics (INEGI) reported that the dominant soils belong to the association Redzina + Litosol, with a petro-calcic phase (INEGI, 2003). With regard to the vegetation is sparse and consists of xeric scrub, with the dominance of thorny species such as mesquite (*Prosopis* sp.), lechuguilla (*Agave lechuguilla* sp.), Gooseberry (*Lophocereus* sp.), Cactus (*Pachycereus* sp.) and ocotillo (*Pringlei* sp.), Figure 5.

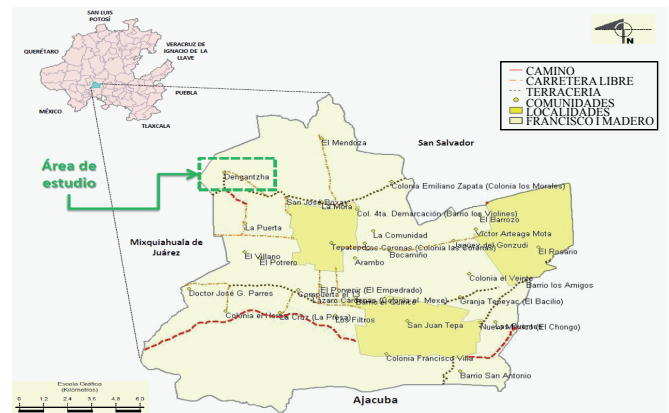


Figura 5. Mapa a detalle de ubicación y vías de acceso al área de estudio.

Figure 5. Detailed map of location and access roads to the study area.

### Fieldwork

The location of sampling sites was determined from a stratified random sampling by analyzing black and white aerial photographs panchromatic at 1: 20 000, supported with several tours of the area. In total, 14 points were selected between 2 260 and 2 338 m in function to the soil by their color (Figure 6).

### Laboratory work

**Physical and chemical determinations.** The determinations were made at each of the soil samples were: Texture (Bouyoucos hydrometer), the actual density values by the

**Determinación de color.** La determinación de color se realizó en seco y húmedo mediante el Sistema de Notación Munsell, la notación define los valores para los parámetros hue (matiz), value (valor) y chroma (croma) del color del suelo y el color Munsell asigna un nombre de color a una determinada notación; de igual manera se realizó la medición de las coordenadas colorimétricas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del Sistema CIELab con un colorimétrico Hunter Lav MiniScan XE Plus. Con ayuda del programa ColorEng.Inc, Applet<sup>®</sup>1998, se realizó la transformación de las coordenadas cromáticas ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) a imágenes de color.

## Resultados y discusión

### Caracterización fisicoquímica

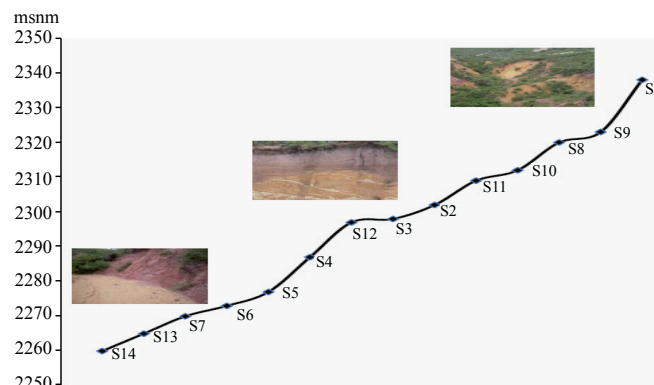
El comportamiento de los rasgos morfológicos y las características de los suelos estudiados, expresan una baja fertilidad al observar bajos contenidos de materia orgánica, fluctúan en un rango de 0.65 a 1.76%, propiedad que influye en los valores altos de densidad aparente, así como en la disponibilidad de otros nutrientes, que dependen o son sinérgicos con la materia orgánica como el nitrógeno y el azufre. Autores como Gibbs y Reid (1988); Leiva (1998); Ohep *et al.* (1998); Sa *et al.* (2001) mencionan que las propiedades físicas del suelo como la densidad aparente, la estructura, así como las tasas de infiltración, se ven mejoradas por la presencia de la materia orgánica; sin embargo, en la zona está característica se ve afectada por la escasa cubierta vegetal y el origen del material edáfico.

La textura de los suelos es franco-arenosa con altos porcentajes de arena (>50%) siendo muy permeables al aire, contienen espacios porosos entre 40-60% teniendo en su estructura mayor cantidad de sólidos (material mineral) y menor volumen de poros (aire y agua), resultado que coincide con lo reportado por Bravo (2004), en donde los suelos con una alta capacidad de aireación les confiere una baja capacidad de almacenamiento y gran capacidad para perder agua.

### Óxidos totales

Las muestras de la región de Deganthza están caracterizadas por el enriquecimiento de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , con disminución de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{MnO}$ . El orden y la abundancia de los óxidos es  $\text{SiO}_2 > \text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$ , que corresponden a una etapa temprana en el desarrollo de los suelos, reflejándose

method of the pycnometer (Klute, 1982), bulk density was determined by the method of the specimen (Klute, 1986). The porosity was obtained by relating the true density and bulk density of the soil. The chemical determinations were carried out were: pH 1:2 ratio by potentiometer with glass electrode, electrical conductivity in the saturation extract and organic matter by Walkley and Black (1934). Analysis of total oxides Verbeck *et al.* (1982) was performed on an X-ray fluorescence (XRF) Siemens SRS-3000 model.



**Figura 6. Distribución altitudinal de las muestras mostrando las intensas coloraciones del ejido de Deganthza.**

**Figure 6. Altitudinal distribution of the samples showing the intense staining of the ejido Deganthza.**

**Color determination.** The color determination was performed by dry and moist Munsell System Notation; notation defines the values for the parameters hue (tint), value (value) and chroma (chroma) soil color and Munsell color assigns a name to a particular color notation; performed similarly measuring the colorimetric coordinates  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  to CIELab system with a Hunter Colorimetric Lav MiniScan XE Plus. Using the program ColorEng .Inc, Applet<sup>®</sup> 1998, made the transformation of the chromaticity coordinates ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) to color images.

## Results and discussion

### Physicochemical

The behavior of the morphological features and characteristics of the soils studied, expressed low fertility by observing low organic matter content, fluctuate in a range of 0.65 to 1.76%, a property that influences the high values of bulk density and the availability of other nutrients, which depend on or are synergistic with organic matter such as nitrogen



un bajo grado de alteración del material (Chesworth, 1979; Acevedo y Flores, 2000). Las relaciones molares del índice de meteorización  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (4.55 a 9.19) y de  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  (10.72 a 74.73), mostraron un predominio del  $\text{SiO}_2$  indicando un bajo grado de alteración en las 14 muestras, estos valores se consideran característicos de materiales poco alterados, donde la escasa precipitación favorece la acumulación de sílice (Kendrick y Mc Fadde, 1996).

La evolución geoquímica sufrida durante la alteración y edafogénesis pone de manifiesto el carácter abierto de los sistemas, con una pérdida significativa de los elementos más móviles, sobre todo Ca, y una clara tendencia de los materiales hacia el sistema residual (Chesworth, 1979; Ruíz, 1998; Torrado, 2007) en los suelos 1, 5, 9 y 10 a medida que avanzan estos procesos (Cuadro 1). Entre los principales componentes del sistema residual, el silicio es el elemento más móvil. La movilidad de los componentes muestra el siguiente orden:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$  que da lugar a un fuerte enriquecimiento del material residual en productos ricos en aluminio y en menor medida el hierro. Esta alteración tiene una tendencia similar a la que experimentan las rocas básicas o metabásicas en los medios tropicales (Macías *et al.*, 1980). Globalmente, el proceso de alteración tiene una tendencia aluminizante, la movilidad geoquímica de Fe muestra menor movilidad o igual que Al (Ruíz, 1998).

and sulfur. Authors such as Gibbs and Reid (1988); Lewis (1998); Ohep *et al.* (1998); Sa *et al.* (2001) mention that the physical properties of soil as the bulk density, structure and infiltration rates are enhanced by the presence of organic matter; however, is characteristic in the zone affected by the sparse cover and the origin of soil materials.

The soil texture is sandy-loam with high percentages of sand (> 50%) being very permeable to air, containing 40-60% pore space structure having higher amount of solids (mineral matter) and smaller pore volume (air and water), which coincides with that reported by Bravo (2004), where soils with high aeration capacity gives them a low storage capacity and great ability to lose water.

### Total oxides

Samples from Denganthza region are characterized by the enrichment of  $\text{SiO}_2$ , CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , and with reduced  $\text{TiO}_2$  and MnO. The order and the abundance of the oxide is  $\text{SiO}_2 > \text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$ , corresponding to an early stage in the development of the soils, reflecting a low degree of alteration of the material (Chesworth, 1979; Acevedo and Flores, 2000). The molar ratios of  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  weathering index (4.55 to 9.19) and  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  (10.72 to 74.73) showed a predominance of  $\text{SiO}_2$  indicating a low

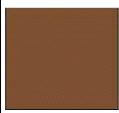


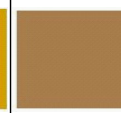
**Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica y óxidos totales de los puntos de muestreo del Cerro de Denganthza.**  
**Table 1. Physicochemical and total oxides of sampling points in Denganthza hill.**

Muestra	Propiedades físicas			Propiedades químicas			Óxidos totales (%)										
	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidad (%)	Textura (%)			MO (%)	pH	CE (dS/m)	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> total	MnO	CaO	IM1	IM2
	Real	Aparente		Arcilla	Arena	Limo											
1	1.07	2.77	61.37	26	58 <sup>a</sup>	16	1.76	7.97 <sup>d</sup>	0.36	44.28	8.14	14.62	10.97	0.2	8.14	5.13	10.72
2	1.23	2	38.5	22	54 <sup>a</sup>	24	1.54	7.82 <sup>d</sup>	0.31	13.48	43.46	3.18	1.85	0.06	43.46	7.19	19.31
3	1.64	2.9	44.13	20	52 <sup>a</sup>	28	0.99	8.1 <sup>d</sup>	0.43	37.04	23.35	8.8	3.71	0.09	23.35	7.14	26.57
4	1.02	2.3	65.55	10	72 <sup>b</sup>	18	0.77	8.2 <sup>d</sup>	0.09	32.49	20.06	12.09	6.22	0.11	20.06	4.55	13.88
5	1.39	1.66	16.26	20	52 <sup>b</sup>	28	0.65	8.5 <sup>f</sup>	0.1	67.32	2.87	12.87	2.39	0.03	2.87	8.87	74.73
6	1.05	1.66	36.74	6	66 <sup>b</sup>	28	0.88	7.8 <sup>d</sup>	0.27	30.37	22.22	10.91	6.13	0.13	22.22	4.72	13.17
7	1.05	1.92	45.31	14	72 <sup>b</sup>	4	1.1	8.3 <sup>e</sup>	0.45	27.08	28.28	7.36	2.42	0.12	28.28	6.24	29.78
8	0.99	1.16	14.65	8	58 <sup>b</sup>	34	1.21	8.08 <sup>e</sup>	0.2	32.49	19.46	11.23	6.59	0.11	19.46	4.91	13.1
9	1.19	1.85	35.67	14	66 <sup>b</sup>	20	0.99	8.07 <sup>e</sup>	0.49	66.9	1.69	12.35	4.31	0.01	1.69	9.19	41.22
10	1.27	1.66	23.49	8	60 <sup>b</sup>	32	0.88	7.92 <sup>d</sup>	0.27	58.48	7.3	12.6	3.36	0.08	7.3	7.87	46.29
11	1.02	2.5	54.2	6	60 <sup>b</sup>	34	1.32	8.13 <sup>e</sup>	0.17	29.28	31.11	6.37	1.91	0.08	31.11	7.8	40.8
12	0.95	2	52.5	8	54 <sup>b</sup>	38	1.43	8.42 <sup>e</sup>	0.19	43.36	19.99	8.47	2.89	0.11	19.99	8.68	39.94
13	1.15	1.92	46.1	20	60 <sup>b</sup>	20	0.11	8.3 <sup>e</sup>	0.19	27.35	28.08	9.08	3.33	0.09	28.08	5.11	21.85
14	1.34	2	35	4	66 <sup>b</sup>	30	1.1	8.46 <sup>e</sup>	0.14	27.3	27.22	7.91	4.28	0.07	27.22	5.85	16.96





<sup>a</sup>= franco arcillo arenoso; <sup>b</sup>= franco arenoso; MO= materia orgánica; <sup>d</sup>= débilmente alcalino; <sup>e</sup>= moderadamente alcalino; <sup>f</sup>= fuertemente alcalino; conductividad eléctrica (CE); IM1=  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ; IM2=  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$

### Sistema de notación y color Munsell

En el Figura 7 se muestran todos los valores de las cartas de color Munsell, obtenidos por las 14 muestras de suelo en húmedo y seco. Los suelos presentan coloraciones desde amarillo-pálido a rojizas y según lo reportado por el sistema FAO (2007), se consideran suelos rojos aquellos que presentan color en un <<hue>> entre 5YR y 10YR, para el caso de las muestras analizadas el <<hue>> se encuentra entre 2.5Y, 5Y, 2.5YR, 7.5YR y 10YR presentando coloraciones claras, que indica con frecuencia un empobrecimiento de Fe y Mn. Esta coloración que presentan los suelos, es indicativo de estados iniciales a intermedios de alteración del suelo bajo ambientes aerobios (oxidación), se relaciona con condiciones de niveles bajos a medios de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad, corroborando la caracterización físico-química realizada a los suelos.





Atributos	Suelo 1		Suelo 2	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo oscuro Amarillo 10YR4/6	Amarillo 10YR7/6	Amarillo pálido 2.5Y7/3	Amarillo pálido 2.5Y8/2
L*	42.36	48.60	71.59	83.32
a*	15.23	13.82	6.02	3.57
b*	28.15	29.08	19.25	14.02
Color				





Atributos	Suelo 3		Suelo 4	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo olivo claro 2.5Y5/3	Gris pardo claro 2.5Y6/2	Pardo oscuro 7.5YR3/2	Gris 7.5YR5/1
L*	51.95	61.89	34.09	49.66
a*	4.62	3.35	6.92	4.14
b*	17.23	14.37	5.76	4.15
Color				

degree of alteration in the 14 samples, these values are considered characteristic of unusual materials altered, where low rainfall favors the accumulation of silica (Kendrick and Mc Fadde, 1996).

The geochemical evolution occurring during the alteration and pedogenesis shows the openness of systems, with significant loss of more mobile elements, especially Ca, and a clear tendency of materials to the remnant (Chesworth, 1979; Ruiz, 1998; Torrado, 2007) in soils 1, 5, 9 and 10 as they move these processes (Table 1). The main component of the residual system, silicon is the most mobile. The mobility of the components shown in the following order:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$  resulting in a strong enrichment of residual material in products rich in aluminum and less iron. This alteration has a similar trend to that experienced basic rocks in tropical environments (Macías *et al.*, 1980).





Atributos	Suelo 5		Suelo 6	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo pálido 5Y8/4	Amarillo pálido 5Y8/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR5/3	Pardo rojizo oscuro 2.5YR3/4
L*	70.89	77.29	28.44	34.16
a*	0.88	0.69	13.68	11.90
b*	22.05	14.00	13.61	12.03
Color				


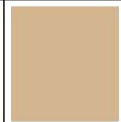


  


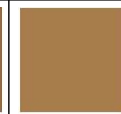
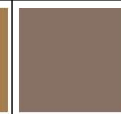

Atributos	Suelo 7		Suelo 8	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Olivo oscuro grisáceo 5Y3/2	Olivo grisáceo 5Y4/2	Pardo fuerte 7.5YR2.5/3	Pardo oscuro 7.5YR3/2
L*	28.51	38.57	28.63	35.60
a*	3.59	3.13	9.76	7.95
b*	10.67	10.07	12.27	10.35
Color				

**Figura 7. Sistema de notación Munsell y atributos cromáticos en húmedo y seco.** Luminosidad: L\* (negro= 0, blanco= 100), coordenadas de cromaticidad: a\* (rojo> 0, verde<0), b\* (amarillo b\*> 0, azul b\*<0).

**Figure 7. Munsell notation and color attributes in wet and dry.** Luminosity: L (black = 0, white = 100), chromaticity coordinates: a\* (red> 0, green <0), b\* (yellow b\*> 0, blue b\*<0).

Atributos	Suelo 9		Suelo 10	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo olivo 2.5Y6/8	Amarillo 2.5Y7/6	Amarillo pálido 5Y7/3	Olivo pálido 5Y6/3
L*	58.27	65.78	57.80	67.51
a*	8.38	6.05	3.13	2.41
b*	31.40	25.60	22.63	18.93
Color				

Atributos	Suelo 11		Suelo 12	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Amarillo pálido 2.5Y8/3	Amarillo 2.5Y8/6	Gris claro 5Y7/2	Amarillo pálido 5Y7/3
L*	67.45	78.82	62.66	68.98
a*	6.75	4.45	0.29	0.21
b*	28.93	22.42	19.19	14.39
Color				

Atributos	Suelo 13		Suelo 14	
	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco
Munsell	Pardo amarillo claro 10YR6/4	Pardo amarillo 10YR5/8	Rojo pálido 2.5YR7/2	Rojo débil 2.5YR5/2
L*	53.52	59.24	53.06	72.38
a*	13.32	10.85	8.75	5.51
b*	38.15	32.53	10.84	8.46
Color				

**Figura 7. Sistema de notación Munsell y atributos cromáticos en húmedo y seco.** Luminosidad: L\* (negro= 0, blanco= 100), coordenadas de cromaticidad: a\* (rojo> 0, verde< 0), b\* (amarillo b\*> 0, azul b\*< 0). **(Continuación).**

**Figure 7. Munsell notation and color attributes in wet and dry.** Luminosity: L (black = 0, white = 100), chromaticity coordinates: a\* (red> 0, green < 0), b\* (yellow b\*> 0, blue b\*< 0). **(Continuation).**

Las sustancias presentes en los suelos que dan dicha coloración, se debe a minerales que en sí mismo, son poderosos agentes colorantes como son los distintos compuestos de hierro, hematita, lepidrocrocita, limonita, ferrhidrita, cuarzo y goethita; siendo la goethita tal vez la principal sustancia colorante en los suelos, cuyo color depende del grado de hidratación. La goethita no hidratada imparte en el campo a los suelos colores rojos, pero en secciones delgadas por lo común tiene un tinte pardo-rojizo. Por otra parte, la goethita hidratada por completo es de color amarillo-parduzco; estos colores que presentan los suelos nos llevan a plantear que a través de procesos pedogenéticos se ha producido la podzolización. La respuesta depende de la definición que se tome; en cualquier caso, las condiciones que presenten los suelos

Overall, the process has a tendency aluminizante alteration, geochemical mobility of Fe shows lower mobility than or equal to Al (Ruíz, 1998).

### Munsell Notation and Color System

The Figure 7 shows all the values of the Munsell color charts, obtained by the 14 soil samples in wet and dry. The soils have colors from pale yellow to reddish and as reported by the FAO system (2007), red soils are considered those with color in a << hue >> between 5YR and 10YR, in the case of the analyzed samples << hue >> is found between 2.5Y, 5Y, 2.5YR, 7.5YR and 10YR presenting clear colors, which often indicates a depletion of Fe and Mn. This coloration in soils is indicative of initial states at intermediate soil

dependerán del tipo de material de partida, la composición mineral y las condiciones climáticas actuales o pasadas y el grado de desarrollo.

### Sistema CIELab

Según Sánchez-Marañón *et al.* (1995); Matthias *et al.* (2000), notaron que durante la molienda y homogenización del suelo cambia significativamente el color de la muestra, donde el atributo más afectado es la luminosidad; en el presente estudio los valores colorimétricos de  $L^*$ , definen la capacidad para reflejar la luz que varía del negro al blanco (0 a 100), el cual se encuentra en rangos de 28.44 a 71.59 en suelos húmedos y de 34.16 a 83.32 en suelos secos, presentándose la más alta luminosidad en el suelo 2 y las más baja en el suelo 6 tanto en húmedo como en seco, indicando que el suelo 2 es menos luminoso y el 6 refleja más la luz. Característica que se relaciona con la Ley de Wien, donde a mayor temperatura los objetos emiten la mayoría de su radiación en longitudes de onda más cortas por lo tanto parecerán ser más azules.

Los resultados representan el color de los suelos estudiados y se ubican en los cuadrantes  $+a^*$  y  $+b^*$  corresponden al color rojo y amarillo, respectivamente. Para las coordenadas de cromaticidad  $a^*$  varía de 15.23 a 0.29 y para  $b^*$  de 38.15 a 5.76 en húmedo; mientras que en seco para  $a^*$  los valores están comprendidos entre 13.82 a 0.21 y en  $b^*$  se encuentran en rangos de 32.53 a 4.15. Por los resultados obtenidos el color de los suelos en húmedo, corresponde a un color amarillo-rojizo, con mayor saturación en amarillo, presentándose en los suelos 1, 6 y 13, en el resto se observa una tendencia hacia las tonalidades claras; sin embargo, en los suelos secos se presenta la misma coloración amarillo-rojizo sin saturaciones con tonalidades claras en todas las muestras.

Los valores de los tres atributos del color determinados a las 14 muestras de suelos en húmedo, superaron en promedio de 7.24 y 20.01% los valores de  $a^*$  y  $b^*$ , respectivamente, a los obtenidos en las muestras en seco. Estas diferencias se atribuyen al efecto de los componentes sólidos del suelo, los cuales tienen propiedades refractivas muy diferentes al aire, por lo que la luz que cae sobre un suelo seco es casi totalmente reflejada. Las propiedades refractivas del agua y de las partículas del suelo son muy parecidas, por lo que una mayor cantidad de luz penetra al suelo y menor intensidad es reflejada.

disturbance under aerobic environments (oxidation), is related to conditions of low to medium levels of organic matter and a highly variable range of fertility, confirming the physical-chemistry on the soil.

The substances in the soils that give this coloration is due to minerals in itself are powerful coloring agents such as different compounds of iron, hematite, lepidrocrocita, limonite, ferrhidrita, quartz and goethite, goethite being perhaps the main coloring matter in the soils, whose color depends on the degree of hydration. The non-hydrated goethite taught in the field red soils, but in thin sections usually have a reddish-brown tint. Moreover, the fully hydrated goethite is yellow-brown; these colors show soils that lead us to propose that through pedogenic processes has occurred podzolization. The answer depends on the definition taken, in any case, the soil conditions present on the type of starting material, the mineral composition and current or past weather conditions and the degree of development.

### CIELab system

According to Sanchez-Marañón *et al.* (1995), Matthias *et al.* (2000), noted that during milling and homogenization of the soil significantly change the color of the sample, where the attribute most affected is the luminosity, in the present study, the color values of  $L^*$ , define the capacity to reflect light that varies from black to white (0 to 100), which is in range of 28.44 to 71.59 in moist soils and 34.16 to 83.32 on dry, presenting the highest brightness in the ground 2 and the lowest on the 6<sup>th</sup>, both wet and dry, indicating that the soil 2 is less bright and 6 reflects more light. Feature that is related to Wien's Law, where the higher temperature objects emit most of their radiation at shorter wavelengths therefore appear to be bluer.

The results represent the color of the soils studied and are located in quadrants  $+a^*$  and  $+b^*$  and correspond to red and yellow, respectively. To the  $a^*$  chromaticity coordinates vary with 15.23 to 0.29 and  $b^*$  from 38.15 to 5.76 wet, while in  $a^*$  dry values range from 13.82 to 0.21 and  $b^*$  are in ranges of 32.53 to 4.15. From these results, the color of wet soils, corresponding to a reddish-yellow, more yellow saturation, occurring in the soils 1, 6 and 13, the rest is a trend toward lighter shades, but in dry soils shows the same yellow-red hues without saturation clear in all samples.

Es evidente que la mayor parte de los suelos aparecen más oscuros cuando están húmedos que cuando están secos. Esto es una consecuencia de la disminución de la reflectancia en la región visible del espectro. Evans (1948); Brooks (1952); Kojima (1958), confirmaron experimentalmente el descenso de reflectancia para un aumento de la humedad. Se atribuye el descenso a las reflexiones múltiples de la radiación en el interior de la fina película de agua que cubre las partículas, reflejándose sucesivamente en la superficie de la partícula y la superficie de la película.

## Conclusiones

La fertilidad de los suelos se traduce en densidades aparentes altas, suelos con escasa estructura y porosidad; presentándose en la textura de los suelos contenidos de arcilla bajos asociados a contenidos de arena altos, nos presenta suelos arenosos y arcillo-arenosos que reducen sustancialmente la capacidad de almacenamiento de agua. El sistema de notación Munsell es una herramienta útil, económica y fácil de manipular para la evaluación de color del suelo en campo como en el laboratorio; sin embargo, el color puede caracterizarse en forma precisa mediante el uso de los espectrofotómetros como fue el caso de CIELab. Ambas técnicas resultaron confiables al dar la clasificación y notación de color que presentaban las muestras del área de Denganthza, para fines pedogénéticos se recomienda la caracterización físico-química y mineral de las muestras. El estudio de la geoquímica del proceso de alteración de las muestras de suelo de la región de Denganthza, permite concluir que la evolución química actual es baja, misma que se observa en las concentraciones de los elementos mayores al revelar un elevado enriquecimiento de silicio y calcio.

## Literatura citada

- Acevedo, S. A. O. and Flores, R. D. 2000. Genesis of white fragipans of volcanic origin. *Revi. de Cienc. Geol.* 17(2):152-162.
- Bravo, C.; Lozano, Z.; Hernández, R.; Piñango, L. y Moreno, B. 2004. Efectos de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro.* 16(3):163-174.

Values from three color attributes determined at 14 in moist soil samples, exceeded on average 7.24 and 20.01% of the values of  $a^*$  and  $b^*$ , respectively, to those obtained in the dry samples. These differences are attributed to the effect of soil's solids which have different refractive properties to the air, so the light falling on a dry soil is almost completely reflected. The refractive properties of water and soil particles are very similar, so that a greater amount of light penetrates the soil and less intensity is reflected.

It is evident that most of the soils appear darker when wet than when dry. This is a consequence of the decrease in reflectance in the visible spectral region. Evans (1948); Brooks (1952); Kojima (1958), confirmed experimentally reflectance drop for an increase in humidity. Decline attributed to multiple reflections of radiation within the thin water film covering the particles reflected successively on the surface of the particle and the film surface.

## Conclusions

The fertility of the soils results in higher bulk densities, soils with poor structure and porosity, appearing in the texture of soils low clay content associated with high sand content, present with sandy soils and sandy clay which substantially reduces the ability of water storage. Munsell Notation System is a useful, economical and easy to manipulate for the evaluation of color field soil and in the laboratory; however, the color can be precisely characterized by using the spectrophotometer as in the case of CIELab. Both techniques were reliable sorting and giving color notation presenting samples at Denganthza's area for pedogenic purposes recommended physical-chemical characterization and ore samples. The study of the geochemistry of the alteration process of the soil samples from the region of Denganthza to the conclusion that, the current chemical evolution is low, it's observed in the concentrations of major elements to reveal a high enrichment of silicon and calcium.

*End of the English version*



- Brooks, F. A. 1952. Atmospheric radiation and its reflection from the ground. *J. Meteorol.* 9:41-52.



- Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). 1978. Recommendations on uniform color spaces, color difference and psychometric color terms. Suppl. Núm. 2 to Publ. CIE No. 15 (E-1.3.1), 1971, (TC-1.3) 1978. CIE Central Bureau. Paris, France.
- Chesworth, W. 1979. The major elements geochemistry and the mineralogical evolution of granitic rocks during weathering. In Origin and distribution of the elements. Ahrens, L. H. (ed.). Pergamon Press Oxford. 305-313 pp.
- Evans, R. M. 1948. "An introduction to color". John Wiley & Sons, Inc., New York. 91-92 pp.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlos a las condiciones de la república mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. D. F., México.
- Gibbs, R. J. and Reid, J. B. 1988. A conceptual model of changes in soil structure under different systems. *Adv. Soil Sci.* 8:123-149.
- Hunter, R. S. 1975. The measurement of appearance. John Wiley and Sons. New York. 411 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2003. Prontuario de Información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Francisco I. Madero, Hidalgo. Clave estadística 13023.
- Jaramillo, J. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Medellín. Colombia. 613 p.
- Judd, D. B. and Wyszec, G. 1975. Color in business, science and industry. John Wiley and Sons. New York. USA. 312 p.
- Kendrick, J. K. y McFadden, L. D. 1996. Comparison and contrast of processes of soil formation in the San Timoteo badlands with chronosequences in California. *Quaternary Res.* 46:149-160.
- Kojima, M. 1958. Relationship between size of soil particles and soil colors. (Abstract) *Soil and Plant Food.* 3(4):204.
- Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1-Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy -Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Leiva, F. R. 1998. Sostenibilidad de sistemas agrícolas. *Agronomía Colombiana.* XV(2):181-193.
- Macías, V. F.; García, P. C.; Giménez, A. M. y Villar, C. M. 1980. El factor material de partida en los suelos de "Las Mariñas". Reunión de geología de noroeste peninsular. Área de geología y minera. Cuadernos de laboratorio geológico de Lage. (01):205-223.
- Matthias, A. D.; Fimbres, A.; Sano, E. E.; Post, D. F.; Accioly, L.; Batchily, A. K. and Ferreira, L. G. 2000. Surface roughness effects on soil albedo. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1035-1041.
- Ohep, C.; Marcano, F. y Sivira, O. 1998. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas del suelo y el rendimiento del frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp) en el Yaracuy medio. *Bioagro* 10(3):68-75.
- Ruíz, J. A.; Calvo, A. R.; Fernández, O. E. y Macías, V. F. 1998. Geoquímica de la alteración y edafogénesis de rocas serpentizadas de la sierra Bermeja (Málaga). *Edafología.* 5:135-151.
- Sa, M. E.; Costa, D. S. A.; Linos, M. M. y Ferreira, F. M. P. 2001. Carbono orgánico extraído por soluciones salinas y su relación con otras formas de carbono de suelos tropicales. *Agrociencia.* 35:397-406.
- Sánchez-Marañón, M.; Delgado, G.; Delgado, R.; Pérez, M. and Melgos, A. M. 1995. Spectroradiometric and visual color measurements of disturbed and undisturbed soil samples. *Soil Sci.* 160:291-303.
- Shoji, S.; Dahlgren, R. and Nanzzyo, M. 1993. Classification of volcanic ash soils. *In: Shoji, S.; Nanzzyo, M. and Dahlgren, R. A. (eds.). Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization. Developments in Soil Science 21. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. 73-100 pp.*
- Schulze, D. G. 1993. Significance of organic matter in determining soil colors. *Soil Color. Special publication 31. Soil Science Society of America. Madison, WI. USA. 71-90 pp.*
- Schwertmann, U. 1993. Relations between iron oxides, soil color and soil formation. *In: soil color. Bigham, J. M. and Ciolkosz, E. J. (eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Pub. Núm. 31. Madison, WI. 51-69 pp.*
- Soil Survey Staff (SSS). 1999. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2<sup>da</sup> edition. Agriculture Handbook Num. 436. USDA. Washington D. C. 869 p.

- Torrado, V. P.; Cavoll, R. and Maciasll, F. 2007. Geoquímica y mineralogía evolución en los perfiles de alteración en las rocas de serpentina en el sudoeste de Minas Gerais. *Revista Brasileña de Ciencia del Suelo*. 31(5).
- Torrent, V. and Barrón, V. 1999. Laboratory measurement of soil color: theory and practice. *Soil color*. Special publication 31. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. USA. 21-33 pp.
- Verbeek, A. A.; Mitchel, M. C. and Ure, A. M. 1982. The analysis of small samples of rock and soil by atomic absorption and emission spectrometry after a lithium metaborate fusion/nitric acid dissolution procedure. *Analytical Chemical Act*. 135:215-228.
- Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci*. 37:29-38.
- Wyszecki, G. and Stiles, W. S. 1982. *Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae*. 2<sup>nd</sup> edition. John Wiley and Sons. New York. USA. 321 p.
- Velázquez, G.; Jaime de J.; Oleschko, K.; Muñoz, V. J. A.; Velásquez, V. M. A.; Girón, R. Y.; Martínez, M. M. y Figueroa, S. B. 2007. El color del Andosol como un indicador de su calidad física bajo el manejo. *Terra Latinoamericana*, Universidad Autónoma Chapingo, México. 25(1):1-8.