

## **Caracterización química y clasificación mediante el sucs, de los suelos presentes en el Municipio de Campeche, México**

### **Chemical characterization and classification by sucs of the soils present in the Municipality of Campeche, Mexico**

DOI: 10.46981/sfjvh3n1-006

Received in: February 14<sup>th</sup>, 2022

Accepted in: March 1<sup>st</sup>, 2022

#### **Carlos Manuel Buenfil Berzunza**

Ingeniero Civil, M.en I. de Vías Terrestres y  
Doctor en Ingeniería del Terreno

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: carlos.bb@campeche.tecnm.mx

#### **Ernesto García Ochoa**

Ingeniero Civil, Maestro en Construcción y  
Doctor en Patrimonio y Desarrollo Sustentable

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: ernesto.go@campeche.tecnm.mx

#### **Francisco Antonio Balán Novelo**

Ingeniero Civil, M.en I. de Vías Terrestres

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: francisco.bn@campeche.tecnm.mx

#### **Lizbeth Guadalupe García García**

Arquitecta y Maestría en Desarrollo Urbano

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: lizbeth.gg@campeche.tecnm.mx

#### **José Gregorio Choza Hernández**

Arquitecto y Maestría en Desarrollo Urbano

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: jose.ch@campeche.tecnm.mx

#### **José Luis Pacheco Flores**

Ingeniero Civil

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche  
Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche  
Correo electrónico: ernesto.go@campeche.tecnm.mx

**· Cephard D. Joseph**

Ingeniero Civil y Maestría en Estructuras

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche

Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche

Correo electrónico: rsorin@ieaa.edu.es

**Juan de Dios Kú Quijano**

Ingeniero Civil

Institución: Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Campeche

Dirección: Km. 9 Carretera Campeche-Escárcega; Lerma, Campeche

Correo electrónico: juan.qq@campeche.tecnm.mx

**RESUMEN**

En el Sector agrícola así como en la Industria de la construcción, se requiere conocer las características de los suelos en donde se realizarán cultivos o se desplantará una estructura, y aun cuando es necesario un estudio en profundidad del sitio, es preciso conocer, al menos, las características físico químicas básicas así como clasificar los tipos de suelo existente acorde a algunos criterios como puede ser el Sistema de clasificación unificado de los suelos (SUCS). El presente estudio se limitó al Municipio de Campeche, Campeche en donde la representación de las componentes geotécnicas de la zona urbana se hace cada día más importante por encontrarse en crecimiento así como la presencia de amenazas naturales. Se efectuó el muestro correspondiente y se aplicaron las técnicas para su caracterización y clasificación. Es conveniente contar con estudios de zonificación que apoyen a la planificación de su desarrollo y a considerar los usos de suelo acordes a la ubicación geográfica.

**Palabras clave:** sucs, clasificación de suelos, caracterización físico-química, inegi.

**ABSTRACT**

In the agricultural sector as well as in the construction industry, it is necessary to know the characteristics of the soils where crops will be grown or a structure will be deployed, and even though an in-depth study of the site is necessary, it is necessary to know, at least, the basic physical-chemical characteristics as well as to classify the existing soil types according to some criteria such as the Unified Soil Classification System (SUCS). The present study was limited to the municipality of Campeche, Campeche, where the representation of the geotechnical components of the urban area is becoming increasingly important due to its growth and the presence of natural hazards. The corresponding sampling was carried out and the techniques for their characterization and classification were applied. It is convenient to have zoning studies that support the planning of its development and to consider land uses according to the geographic location.

**Keywords:** sucs, soil classification, physical-chemical characterization, inegi.

**1 INTRODUCCIÓN**

Todo crecimiento implica el asentamiento de nuevos edificios a los que se les debe asentar en los suelos para transferir las cargas a estratos resistentes por lo que precisa conocer las características físicas y mecánicas de las mismas (Terzaghi,1980). Más sin embargo, un dato preliminar que dará la pauta de las condiciones que posee y de lo que es posible esperar de un suelo lo proporciona la

clasificación que se tenga conforme al SUCS.

A la fecha de hoy, no se cuenta con una base de datos en la que se tengan registrada la clasificación de los suelos encontrados en el municipio de Campeche razón por la que el presente trabajo ofrece un primer intento por proporcionar a los constructores de la región una carta de los tipos de suelos encontrados.

El crecimiento de la ciudad se ha producido de la misma manera que las grandes ciudades conurbadas en sus alrededores, población de escasos recursos, lo que implica construcciones de baja altura que demandarán muy poco a los suelos, desde el punto de vista de desplante de cimentaciones, por lo que el presente estudio prescinde de proporcionar perfiles estratigráficos y bajo la premisa de optar por cimentaciones superficiales sujetas a bajas cargas (Peck, 1982) se hará la clasificación de los suelos encontrados a profundidades medias de cincuenta centímetros.

## 2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

### 2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto se desarrolló en el Municipio de Campeche, ubicado en la entidad del mismo nombre enclavada en el sureste mexicano, se localiza entre los paralelos 17°49'01'' y 20°51'37'' de latitud norte y entre los meridianos 89°05'20'' y 92°28'21'' de longitud oeste, colinda al norte con el estado de Yucatán; al sur con Tabasco y la República de Guatemala; al este con Quintana Roo y Belice y al oeste con el Golfo de México y parte de Tabasco; goza de una posición estratégica en la parte occidental de la Península de Yucatán ( Fig. 1 ).

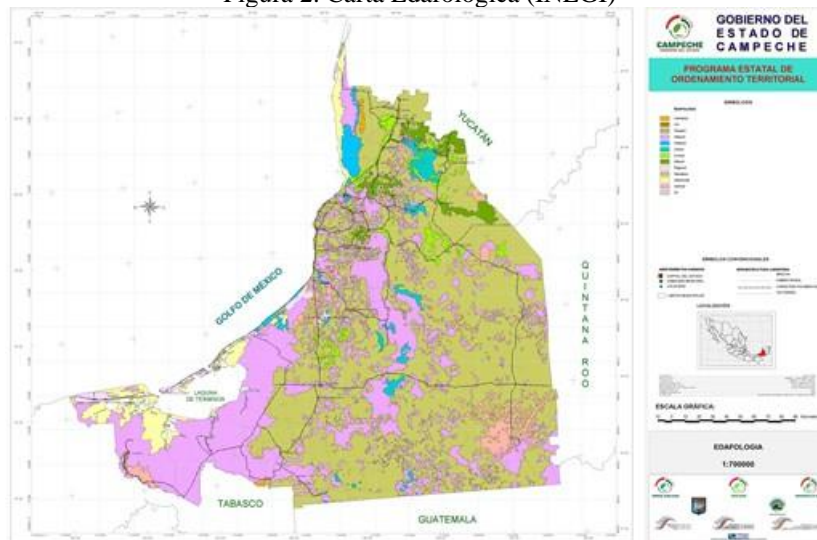
Figura 1 Municipio de Campeche, México.



## 2.2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN Y TRABAJO CARTOGRÁFICO

Se realizó un recorrido general por el área de estudio, para verificar y validar los antecedentes existentes (INEGI,2004) mediante cartas edafológicas proporcionadas por la INEGI (Fig. 2) y así reconocer el estado de las vías de comunicación para planificar el trabajo de prospección edafológica e identificar las unidades de suelo y tener un conocimiento preciso del paisaje, de las unidades geomorfológicas dominantes y del efecto de la actividad humana .

Figura 2. Carta Edafológica (INEGI)



## 2.3 TRABAJO DE CAMPO

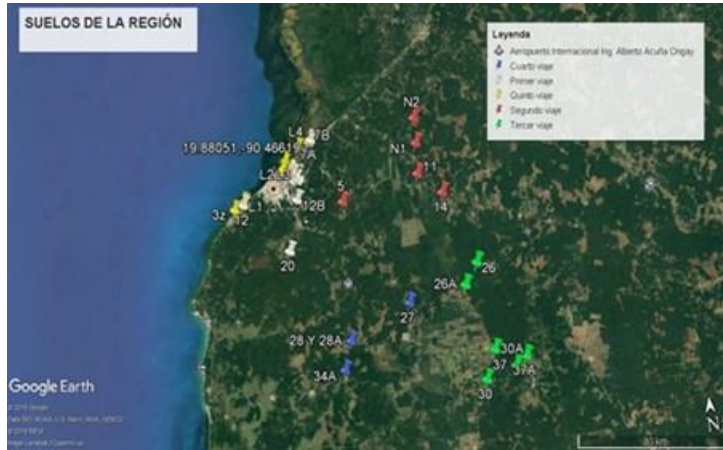
Para realizar el trabajo de campo fue preciso apoyarse en la carta edafológica para establecer una estrategia de búsqueda de muestra en los diferentes tipos de perfiles que se encuentran en el municipio y proponer puntos captura de información.

Figura 3. Carta Edafológica Municipio de Campeche



Se realizaron cinco recorridos o viajes de tomas de muestras quedando establecidas como lo indica las Figura3.

Figura 3. Ubicación de zonas muestreadas



Punto	LONGITUD	LATITUD
L1	-90.59818	19.80296
7A	-90.46334	19.88373
5	-90.41766	19.77816
14	-90.2332	19.76972
20	-90.5261	19.71306
26	-90.18682	19.65167
26A	-90.2123	19.61871
27	-90.3191	19.60319
30	-90.19498	19.4643
37	-90.1387	19.4643
7B	-90.46619	19.88051
28		
28A	-90.43465	19.55694
L2	-90.52068	19.84482
L3	-90.51355	19.85794
L4	-90.48705	19.87733
11		
12	-90.60092	19.79625
12B	-90.50117	19.79234
34A	-90.45216	19.51211
37A	-90.11794	19.49261
32	-90.61731	19.79218
N1		
N2	-90.26882	19.89359
30A	-90.17314	19.50968

## 2.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras fueron tomadas y trasladadas al laboratorio de Ingeniería Civil del Instituto Tecnológico de Campeche para proceder a realizarle los ensayos que permitirán clasificar el suelo (Tabla 1) y que se realizaron en base a las siguientes normas (Juárez,1997) :

Tabla 1. Normas y especificaciones

NORMA	LIBRO	PARTE	TITULO
M-MMP-1-02/03	MMP. Método de muestreo y prueba de materiales	1. Suelos y materiales para terracerías	02 Clasificación de Fragmentos de roca y suelos
M-MMP-1-03/03			03 Secado, Disgregado y cuarteo de muestras
M-MMP-1-06/03			06 Granulometría de materiales compactables para terracerías
M-MMP-1-07/07			07 Límites de consistencia

De igual manera, las muestras de suelo se analizaron la textura (arena, limo y arcilla) de las muestras de suelo y los parámetros fisicoquímicos de pH, conductividad, humedad y densidad aparente.

## 3 PRUEBAS Y RESULTADOS

### 3.1 RESUMEN DE RESULTADOS

Con la conclusión del presente trabajo, se está proporcionando un apoyo en la toma de decisiones al momento de proponer una cimentación de un edificio o al menos se tendría un conocimiento

preliminar de las características que posee el terreno donde se va a desplantar. Apoyado en la norma M-MMP-1.02/03 se tienen los resultados mostrados en la Figura 5

Según la metodología propuesta se tomaron aspectos importantes con los cuales se ha llegado a una zonificación final. El suelo superficial es aquel que subyace a la capa orgánica y supera 1m de espesor y el predominante es aquel que se presenta con mayor espesor en cada muestra. Teniendo en cuenta la diferencia entre los dos, al momento de clasificar los suelos según el estrato predominante, de acuerdo al SUCS, y el estrato superficial se dio la tendencia que el suelo que predomina es el mismo que subyace, solo en algunos sitios se encontraron suelos en donde el primer estrato difería del predominante, por este motivo para la zonificación final solo se tiene en cuenta el suelo predominante (Prieto, 2007). Decimos entonces que entre los suelos más representativos se observaron arenas arcillosas con gravilla, arenas limosas producto de mezclas de arena y limo, arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad y también arcillas con grava y arcillas arenosas.

Figura 5. Tipos de Suelo encontrados en el Municipio de Campeche



En el plano, se ubicaron los sondeos que se realizaron así como la ubicación exacta, se hizo la diferenciación del tipo de suelo que se encontró en cada uno de los sitios, dando como resultado el plano de zonificación según el estrato predominante.

El Municipio de Campeche, al ubicarse a una altura relativamente baja con respecto al nivel del mar se considerada en su mayor parte plana, por eso los suelos se clasificaron conforme con su capacidad como materiales de cimentación.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de los suelos analizados se reportan en la tabla 2, en los que se puede observar la textura y los parámetros fisicoquímicos de los mismos. Respecto a la

textura, los suelos se suelen clasificar en tres grupos importantes de acuerdo a su contenido en arcilla (menor al 10% en arenoso, entre 10 y 30% en franco y mayor al 30% de arcilla en arcilloso); esta característica influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos porque la capacidad de intercambio iónico dependerá del tipo de suelo, así un suelo arcilloso presenta la mayor capacidad de intercambio de cationes con un valor promedio de 20 meq/100g. La característica de los suelos arcillosos son que retienen agua y los nutrientes con mucha fuerza, mientras que los francos presentan una adecuada retención de agua y nutrientes, los suelos arenosos retienen poca humedad y tienden a secarse; por ello las características de un suelo franco sería mejor para el cultivo y sería más fértil. La mayoría de los suelos colectados presenta la característica de arcilloso (6 suelos) y solamente uno fue franco.

De acuerdo con Duque (2002), el pH es un parámetro fisicoquímico de gran ayuda para caracterizar los suelos porque su valor influye en las solubilidades de los nutrientes, influye sobre el desarrollo y crecimiento de microorganismos y sobre la capacidad de adsorción de cationes; los suelos con pH ácido (menor a 7.00) son desfavorables para el desarrollo radicular, suelen ser pobres en iones calcio, magnesio y potasio y reduce la actividad antimicrobiana; en contraste, un suelo básico (mayor a 7.00) tiene alto contenido en calcio y magnesio, pero la presencia de carbonato de calcio bloquea la asimilación de hierro, manganeso y zinc. La neutralidad (pH=7.00) es la condición ideal para el desarrollo de la mayoría de los cultivos y para la asimilación de la mayoría de nutrientes. En general, de acuerdo a su pH los suelos pueden clasificarse en muy ácidos (pH menor a 5.5), ácidos (pH entre 5.6 y 6.5), neutros (pH entre 6.6 y 7.5), básico (pH entre 7.6 y 8.5) y alcalino (pH mayor a 8.6). De las muestras analizadas, solamente una tuvo un pH neutro y el resto exhibieron un pH alcalino, esto concuerda con lo esperado debido a que los suelos de la península de Yucatán tiende a ser alcalinos debido a la presencia de carbonato de calcio que es de carácter básico.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y de textura de los suelos

Parámetro	L-1	L-2	L-3	3Z	28 A	12 B	L-A	0L-A	7B
Arena	15.42	19.42	26.96	13.42	31.42	10.96	38.96	44.96	36.24
Limo	14.82	10.82	33.28	2.82	18.82	13.28	23.28	29.28	19.76
Arcilla	69.76	69.76	39.76	83.76	49.76	75.76	37.76	25.76	44
Textura	<b>ARCILLOSO</b>	<b>ARCILLOSO</b>	<b>ARCILLA FRANCA</b>	<b>ARCILLOSO</b>	<b>ARCILLOSO</b>	<b>ARCILLOSO</b>	<b>ARCILLA FRANCA</b>	<b>FRANCO</b>	<b>ARCILLOSO</b>
pH	7.81 (LA)	7.92 (LA)	7.94 (LA)	7.84 (LA)	7.63 (LA)	7.84 (LA)	7.67 (LA)	8.56 (AL)	7 (N)
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	0.8 (B)	0.85 (B)	0.92 (B)	0.58 (B)	0.84 (B)	1.83 (AD)	2.41 (A)	1.12 (AD)	1.13 (AD)
%Humedad	7	5	5	4	8	5	5	9	7
Densidad aparente (g/mL)	1.29 (AD)	1.07 (AD)	1.27 (AD)	1.3 (AD)	1.22 (AD)	1.28 (AD)	1.22 (AD)	1.19 (AD)	1.33(AD)

LA ligeramente alcalino, AL alcalino, N neutro, AD adecuado, B bajo, M medio, A alto, MA muy alto

La conductividad eléctrica (CE) sirve para determinar la salinidad del suelo, este parámetro estima el conjunto de todas las sales solubles. Los principales cationes que determinan la salinidad del suelo son sodio, potasio, calcio y magnesio, además los principales aniones que contribuyen a la conductividad eléctrica de los suelos son sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos. De acuerdo a su CE los suelos se clasifican en no salino (menor a 0.35 dS/m), ligeramente salino (entre 0.35 y 0.65 dS/m), salino (entre 0.65 y 1.15 dS/m) y muy salino (superior a 1.15 dS/m). las muestras de suelos estudiadas poseen una conductividad baja (1-5), muy alta (6,8 y 9) y una normal (7); esto representa la salinidad y junto con los valores de pH obtenidos se puede inferir el tipo de iones, tanto cationes como aniones involucrados; un pH alto y una conductividad eléctrica alta se asociaría a la presencia de carbonatos porque estos aniones tienen características básicas, un pH neutro y una conductividad alta indica una alta salinidad pero de especies iónicas neutras tales como cloruros, sulfatos, sodio, potasio. Un pH demasiado bajo o elevado causaría daños a los cultivos porque solubiliza iones tóxicos como el aluminio que a pH ácido se encuentra en forma soluble como ion aluminio, pero que precipita a pH neutros como hidróxido de aluminio que evita que sea absorbido por las plantas pero que pH alcalinos se redissuelve por formar ion aluminato.

La humedad es un parámetro que sirve para estimar el contenido de agua y materia volátil presente en la muestra de suelo, está relacionada a su capacidad de retención de agua debido a la textura y los materiales tanto inorgánicos como orgánicos. La densidad aparente también estará relacionada con el tipo de componente del suelo, que tienen a ser mayor al valor del agua, es decir, los suelos se hunden al mezclarse con agua. La densidad de los suelos como cuerpos porosos que son dependerá de cómo se haga la determinación de este parámetro, así la densidad aparente es el peso del material y el volumen ocupado pero que esto considera el espacio poroso del material; si se golpea el suelo entonces se compacta y se obtendría la densidad real que es la media de la densidad de sus partículas sólidas; la densidad de los componentes del suelo varía: el humus (que es la materia orgánica en descomposición y el que hace fértil al mismo) y el yeso es cerca de 1.5 g/mL, mientras que las arcillas, cuarzo, feldspatos, calcitas y micas tienen una densidad entre 2.5 y 3.0, las limonitas, piroxenos, olivinos, las hematitas y magnetitas superior son componentes de mayor densidad.

#### 4 CONCLUSIONES

La zonificación por caracterización geotécnica permite evaluar el comportamiento de las diferentes zonas del municipio, se encuentran presentes cinco zonas que se clasificaron teniendo como base las propiedades mecánicas y físicas que arrojaron los ensayos de laboratorio.

Una zona intermedia debido a la característica de sus materiales (mayor rigidez), es la zona localizada sobre la parte centro y norte del Municipio, se diferencia por sus suelos medianamente



duros a duros con niveles freáticos no tan profundos. Se encuentran suelos que pertenecen a la Formación Real del Terciario, son suelos granulares generalmente duros y con niveles freáticos con profundidades mayores a 10m.

La confianza y utilidad que se le puede dar a un mapa geotécnico influye en gran parte al número de reconocimientos puntuales que se pueden efectuar, por tal razón los resultados obtenidos pueden servir como gran orientación y no reemplazarán a los estudios ya definidos.

La Zonificación propuesta no es definitiva y necesariamente debe complementarse, recomendando a la oficina de planeación municipal realizar seguimientos y actualizaciones.

Una zonificación geotécnica no se hace para no hacer estudios de suelos, sino para saber el tipo de análisis geotécnico que se debe realizar.

### **RECOMENDACIONES**

En las zonas de alta susceptibilidad se debe evitar la construcción de nuevas viviendas y se deben realizar obras de tratamiento de laderas, consistentes en: perfilado de taludes, zanjas colectoras y canales.

Se recomienda realizar una evaluación de impactos y riesgos geotécnicos de las obras y actividades de construcción, así como también identificar las características de los materiales sobre los cuales se localizan las obras civiles, esto hará que no tengan ninguna dificultad en su vida utilitaria.

## REFERENCIAS

- Duque Escobar, Gonzalo y Escobar, Carlos Enrique., En: “Notas del Curso Mecánica de Suelos”. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. 2002.
- INEGI, A. E. D. Y., SEDESOL, D. D. L. Z. M., & de México, M. (2004). Instituto Nacional de estadística. *Geografía e Informática, México, DF*.
- Juarez Badillo, Eulalio y Rico Rodriguez, Alfonso. “Mecánica de suelos Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos”. Editorial Limusa. México, 1997.
- Peck, Ralph, Hanson, Walter E. y Thornburn, Thomas H. “Ingeniería de cimentaciones”. Talleres de imprenta técnica de Azafrán. México, 1982.
- Prieto-García, F. Lucho-Constantino, C. A., Poggi-Valardo, H., Alvarez- Suárez, M., Barrado-Esteban, E. Caracterización fisicoquímica y extracción secuencial de metales y elementos trazas en suelos de la región Actopan-Ixmiquilpan del distrito de riego 03, Valle de Mezquital, Hidalgo, México. *Ciencia Ergo Sum*, vol. 14, núm. 1, marzo-junio, 2007, pp. 69-80.
- Terzaghi, Karl y Peck Ralph B. “Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica”. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Editorial El Ateneo S.A. España, 1980.