

*Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela de Ingeniería Agrícola*  
*Suelos y su Laboratorio, Tomo I*  
*Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal*  
*Costa Rica - 2025*

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
 Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gm](mailto:chavarrivae@gm)

# Dedicatoria y agradecimiento

A Dios sobre todas las cosas que es el dador de toda vida y  
de toda buena dádiva

**(Adquiere sabiduría, adquiere entendimiento y no te  
apartes de los dichos de mi boca. No la abandones para que  
ella te proteja, ámala para que te libre)**

**Proverbios 4: 5 - 6**

**(Presta atención hijo Mío a mis Palabras e inclina tu oído a mi  
discurso, no se aparten de tus ojos; sino guárdalas dentro de  
tu corazón, pues son vida para los que las hallan y salud para  
toda su carne)**

**Proverbios 4: 20 - 22**

*A mi amada esposa Kattia Lorena Moreno Valencia*

A mis amados hijos Jafet y Kemuel  
Chavarría Moreno

A todos aquellos que en algún momento y en  
alguna medida me han ayudado y aconsejado

[CC BY-NC-ND 4.0](#)

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

## Contenido

Índice de Figuras.....	6
Índice de Cuadros .....	10
Normas de seguridad obligatorias en el laboratorio de suelos.....	12
Disposiciones para el uso mesas de trabajo en el laboratorio de suelos y equipos, instrumentos y herramientas dentro del laboratorio o en calidad de préstamo .....	15
Medida .....	18
Introducción.....	18
Medición .....	18
Magnitudes y unidades .....	18
Sistema de unidades.....	18
Magnitudes.....	19
Cifras significativas.....	24
Redondeo.....	24
Patrones .....	40
Calibración .....	40
Método de la calibración.....	41
Incertidumbre .....	41
Medidas estadísticas de tendencia central.....	42
Promedio o media aritmética.....	42
Promedio ponderado.....	42
La varianza y la desviación estándar .....	43
Coeficiente de variación .....	44
Moda .....	45
Razones y proporciones.....	46

**CC BY-NC-ND 4.0**

Conceptos fundamentales.....	50
Muestreo de suelos en el campo .....	56
Objetivo .....	56
Introducción.....	56
Muestra compuesta .....	57
Toma de muestras en perfiles de suelos .....	64
Método .....	70
Identificación .....	71
Instrucciones .....	72
Preguntas .....	74
Preparación de muestras para el análisis .....	75
Objetivo .....	75
Secado.....	75
Mezclado .....	75
Cuarteo .....	76
Almacenamiento .....	77
Preguntas .....	77
Determinar del color del suelo.....	79
Objetivo .....	79
Introducción.....	79
Moteados.....	91
Interpretación del color del suelo.....	94
Materiales.....	108
Procedimiento .....	108

**CC BY-NC-ND 4.0**

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarríavae@gmail.com](mailto:chavarríavae@gmail.com)

## Índice de Figuras

FIGURA 1 EXACTITUD Y PRECISIÓN DONDE SE MUESTRAN LAS SIGUIENTES CONDICIONES A: NI PRECISO NI EXACTO, B: EXACTO Y PRECISO, C: EXACTO PERO NO PRECISO Y D: PRECISO PERO NO EXACTO .....	20
FIGURA 2: CAUSAS DE LA VARIACIÓN EN EL PROCESO DE MEDICIÓN .....	21
FIGURA 3: RELACIÓN ENTRE LA INCERTIDUMBRE RESPECTO A LA TOLERANCIA.....	22
FIGURA 4: EFECTO DE LOS ERRORES ALEATORIO Y SISTEMÁTICO SOBRE UNA MUESTRA Y EL VALOR VERDADERO.....	22
FIGURA 5: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL CONCEPTO DE REPETIBILIDAD .....	23
FIGURA 6: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL CONCEPTO DE REPRODUCIBILIDAD.....	24
FIGURA 7: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LAS UNIDADES ANGULARES .....	39
FIGURA 8: REPRESENTACIÓN DE PERFIL, PEDÓN, POLIPEDÓN Y SOLUM DEL SUELO .....	55
FIGURA 9: CROQUIS DEL TERRENO Y PROPUESTA DEL MUESTREO DE SUELOS .....	58
FIGURA 10: CROQUIS DEL TERRENO .....	59
FIGURA 11: SUBDIVISIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA MUESTREOS.....	59
FIGURA 12: DISEÑO SIMPLE AL AZAR.....	60
FIGURA 13: DISEÑO SISTEMÁTICO EN REJILLA .....	61
FIGURA 14: DISEÑO SISTEMÁTICO EN UNA DIRECCIÓN .....	62
FIGURA 15: DISEÑO SEMI ALINEADO EN ZIGZAG REGULAR E IRREGULAR .....	63
FIGURA 16: CALICATA PROFUNDA PARA DIFERENTES ESTUDIOS DE LOS SUELOS .....	65
FIGURA 17: CALICATA PARA DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DE SUELO (0 - 2,0 M).....	65
FIGURA 18: CALICATA PARA TOMA DE MUESTRAS INDISTURBADAS Y DISTURBADAS .....	66
FIGURA 19: CILINDRO METÁLICO Y MAZO DE MADERA EN CASO DE NO TENER EL EQUIPO COMPLETO DE MUESTREO DE SUELOS PARA MUESTRAS INDISTURBADAS .....	67

**CC BY-NC-ND 4.0**

FIGURA 20: EQUIPO COMPLETO DE MUESTREO DE SUELOS PARA MUESTRAS INDISTURBADAS.....	68
FIGURA 21: MUESTRA DE SUELO INDISTURBADA RECIÉN EXTRAÍDA DEL SUELO.....	68
FIGURA 22: MUESTRA DE SUELO INDISTURBADA RECIÉN EXTRAÍDA DEL SUELO Y PREPARADA PARA LLEVAR A LABORATORIO .....	68
FIGURA 23: INSTRUMENTOS PARA EL MUESTREO .....	70
FIGURA 24: MUESTREO UTILIZADO PRINCIPALMENTE PARA FERTILIDAD DEL SUELO.....	71
FIGURA 25: DISTRIBUCIÓN EN CAMPO DE MUESTREO SEGÚN USO DEL SUELO .....	72
FIGURA 26: MUESTREO EN CAMPO SEGÚN TOPOGRAFÍA.....	73
FIGURA 27: HETEROGENEIDAD DE LOS SUELOS PARA IMPLEMENTAR MUESTREO Y DENSIDAD DE MUESTREO .....	74
FIGURA 28: SECADO DE MUESTRAS DE SUELO .....	75
FIGURA 29: MEZCLADO DE MUESTRAS DE SUELO.....	76
FIGURA 30: CUARTEO DE MUESTRAS DE SUELO .....	76
FIGURA 31: ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS DE SUELO.....	77
FIGURA 32: PREPARACIÓN DE UNA MUESTRA COMPUESTA POR EL MÉTODO DEL CUARTEO PARA DIFERENTES HORIZONTES DENTRO DE UN MISMO PERFIL DEL SUELO .....	78
FIGURA 33: EJEMPLO DE HOJA DE TABLA MUNSELL .....	79
FIGURA 34: EJEMPLO 1 DE COLORES DEL SUELO .....	81
FIGURA 35: EJEMPLO 2 DE COLORES DEL SUELO .....	82
FIGURA 36: EJEMPLO 3 DE COLORES DEL SUELO .....	83
FIGURA 37: EJEMPLO 1 DE CARTAS DE LOS COLORES DEL SUELO.....	85
FIGURA 38: EJEMPLO 2 DE CARTAS DE LOS COLORES DEL SUELO.....	86
FIGURA 39: EJEMPLO 3 DE CARTAS DE LOS COLORES DEL SUELO.....	87

**CC BY-NC-ND 4.0**

FIGURA 40: EJEMPLO 4 DE CARTAS DE LOS COLORES DEL SUELO.....	88
FIGURA 41: EJEMPLO DE HOJA DE TABLA MUNSELL .....	89
FIGURA 42: EJEMPLO DE LA MANERA DE USO DE LA TABLA MUNSELL .....	90
FIGURA 43: EJEMPLO DE LA MANERA DE USO DE LA TABLA MUNSELL .....	91
FIGURA 44: EJEMPLO 1 DE MOTEOS Y CONDICIONES ACUICAS DE RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO.....	92
FIGURA 45: EJEMPLO 2 DE MOTEOS Y CONDICIONES ACUICAS DE RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO.....	93
FIGURA 46 EJEMPLO 3 DE MOTEOS Y CONDICIONES ACUICAS DE RÉGIMEN DE HUMEDAD DEL SUELO.....	93
FIGURA 47: ESTIMACIÓN DE MOTEOS DE COLOR EN EL SUELO.....	94
FIGURA 48: EJEMPLO DE SUELOS QUE PRESENTAN OXIDACIÓN EXPRESADO EN SUS COLORES ROJOS.....	96
FIGURA 49: CONTENIDOS DE CALCIO EN EL SUELO RESPECTO A LOS COLORES DE ÉSTOS .....	97
FIGURA 50: : EJEMPLO DE COLORES CLAROS EN EL PERFIL DEL SUELO.....	99
FIGURA 51: EJEMPLO DE COLORES BLANCOS EN EL PERFIL DEL SUELO .....	100
FIGURA 52: EJEMPLO DE SUELOS QUE PRESENTAN REDUCCIÓN MOSTRADO EN DIFERENTES ÁMBITOS DE COLORES GRISES .....	101
FIGURA 53: EJEMPLO DE COLORES VERDES (PEQUEÑOS MOTEOS) ENN EL PERFIL DEL SUELO.....	102
FIGURA 54: EJEMPLO DE COLORES AZULES EN EL PERFIL DEL SUELO.....	104
FIGURA 55: EFECTO DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LA MATERIA ORGÁNICA Y LOS COLORES DEL SUELO .....	105

**CC BY-NC-ND 4.0**

FIGURA 56: VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA RESPECTO A LOS  
COLORES DEL SUELO ..... 106

FIGURA 57: EJEMPLO DE COLORES OSCUROS EN LOS PRIMEROS CENTÍMETROS DEL  
SUELO..... 107

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Índice de Cuadros

CUADRO 1. UNIDADES FUNDAMENTALES DEL SI, CGS E INGLÉS Y PREFIJOS UTILIZADOS PARA EL SI .....	25
CUADRO 2: PREFICJOS Y SUFIJOS DE LAS UNIDADES FUNDAMENTALES DEL SISTEMA INTERNACIONAL.....	26
CUADRO 3: LAS ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS DE LAS UNIDADES DEL SISTEMA MÉTRICO Y DEL SISTEMA INGLÉS .....	27
CUADRO 4. FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN.....	28
CUADRO 4.1: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE LONGITUD .....	29
CUADRO 4.2: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE ÁREA.....	30
CUADRO 4.3: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE VOLUMEN .....	31
CUADRO 4.4: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE MASA Y PESO .....	32
CUADRO 4.5: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE CAUDAL .....	33
CUADRO 4.6: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE VELOCIDAD LINEAL.....	33
CUADRO 4.7: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE ACELERACIÓN LINEAL.....	34
CUADRO 4.8: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE FUERZA .....	34
CUADRO 4.9: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE VOLUMEN ESPECÍFICO .....	34
CUADRO 4.10: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE DENSIDAD .....	35
CUADRO 4.11: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE TRABAJO, ENERGÍA Y CALOR .....	35
CUADRO 4.12: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA .....	36
CUADRO 4.13: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE ENTALPÍA .....	36
CUADRO 4.14: FACTORES DE CONVERSIÓN DE UNIDADES DE LA ENTROPÍA SEGÚN TEMPERATURA.....	36

### **CC BY-NC-ND 4.0**

CUADRO 4.15: SISTEMA MÉTRICO DECIMAL Y SUS CONVERSIONES .....	37
CUADRO 4.16: SISTEMA MÉTRICO DECIMAL EN UNIDADES DE SUPERFICIE O ÁREA .....	38
CUADRO 4.17: SISTEMA MÉTRICO DECIMAL EN UNIDADES AGRARIAS.....	38
CUADRO 4.18: SISTEMA MÉTRICO DECIMAL EN UNIDADES DE VOLUMEN .....	38
CUADRO 4.19: SISTEMA SEXAGESIMAL .....	39
CUADRO 4.20: UNIDADES DE TEMPERATURA .....	39
CUADRO 5 ORGANIGRAMA PARA EL DISEÑO DE MUESTRAS DE SUELO.....	60
CUADRO 6: CLASIFICACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE LOS MOTEADOS EN EL SUELO .....	92

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

## Normas de seguridad obligatorias en el laboratorio de suelos

En todo laboratorio existen riesgos potenciales de accidentes. Éstos pueden originarse por negligencia en la prevención, por descuido durante los procesos o por circunstancias fuera de control.

Para prevenir y/o actuar después de un accidente es necesario seguir las siguientes normas de seguridad las cuales son de acatamiento obligatorio:

1. No se permite la entrada de personas al laboratorio que se encuentren bajo el efecto de alcohol o drogas permitidas o no, que muestren un deterioro en la actividad motora de un ser humano
2. Se prohíbe fumar, tomar licor, ingerir drogas permitidas o no y consumir alimentos dentro del laboratorio
3. No se debe tocar muestras de cualquier tipo, equipos, herramientas o utensilios de ningún tipo a no ser que estén bajo su responsabilidad específica (no travesear)
4. Limpiar inmediatamente cualquier derrame de suelo, agua o mezclas de ellos y no tirar residuos al piso
5. Después de cada práctica de laboratorio, todo lo utilizado debe quedar completamente limpio y ordenado
6. Se prohíbe sentarse sobre las mesas del laboratorio
7. Tanto los equipos, instrumentos, herramientas y materiales de uso para la prácticas dentro y fuera del laboratorio, deben ser utilizados con el cuidado que éstos requieren. Si no conoce el uso correcto debe consultar con el encargado
8. Lavarse las manos antes de salir del laboratorio
9. Disponer de los residuos en los recipientes destinados para este fin
10. Conocer la localización del botiquín de primeros auxilios del laboratorio, el equipo destinado para lavar ojos y las salidas de emergencia del recinto
11. Utilizar gafas de seguridad en el laboratorio
12. Utilizar las herramientas de corte, a una distancia prudente de la cara y cuerpo, y en dirección contraria a éstos últimos
13. Evitar el contacto con fuentes eléctricas y de calor
14. Utilizar gabacha de laboratorio para evitar el contacto directo de muestras de

**CC BY-NC-ND 4.0**

suelo o algún tipo de sustancia o residuo

15. Usar siempre zapatos apropiados (cerrados). Nunca usar tipos de zapatos abiertos como por ejemplo sandalias
16. Solamente se permite la permanencia en el laboratorio a aquellas personas que deban hacer algún análisis dentro del mismo con previa coordinación del encargado. Como tal se prohíbe tanto la permanencia de personas ajenas al laboratorio como la traída de personas ajenas a las prácticas o trabajos a realizar en el laboratorio
17. No botar los desechos (productos de las reacciones, reactivos sobrantes) en las pilas.
18. Los reactivos deben permanecer en su sitio original, no sobre las mesas de trabajo
19. Al trabaja en el laboratorio la puerta de acceso al mismo deben permanecer completamente abierta. Las puertas de emergencia deben permanecer cerradas a excepción en caso de emergencias
20. Trabajar siempre con el cabello corto o recogido y sin objeto colgante alguno
21. No se pueden realizar prácticas de laboratorio que no han sido previamente autorizados
22. El laboratorio en general y los sitios donde se encuentren los equipos deben permanecer limpios
23. Cualquier accidente debe reportarse al personal a cargo inmediatamente
24. Tener cuidado al manipular recipientes de vidrio calientes ya que éste tiene el mismo aspecto que el vidrio frío
25. No oler los vapores que provienen de recipientes que contienen sustancias volátiles. Cuando se requiera hacerlo, traer los vapores con las manos (con guantes) para percibir el olor
26. Nunca extraer soluciones con una pipeta haciendo succión con la boca. Emplear perillas de succión o cualquier otro instrumento apropiado
27. No calentar líquidos en tubos de ensayo con la salida o boca de los mismos orientada hacia alguna persona
28. No vaciar agua directa y rápidamente a una solución ácida o básica concentrada. Cuando fuere necesario hacer diluciones, llevar a cabo la operación vaciando lentamente

#### **CC BY-NC-ND 4.0**

el agua dentro del recipiente con la solución concentrada utilizando las paredes internas del recipiente que lo contiene y luego la agitación de ser necesario

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

## **Disposiciones para el uso mesas de trabajo en el laboratorio de suelos y equipos, instrumentos y herramientas dentro del laboratorio o en calidad de préstamo**

1. Estas disposiciones son de acatamiento obligatorio
2. Para el uso del laboratorio debe haber tanto una programación del usuario como una coordinación con el encargado del laboratorio para realizar las prácticas así como préstamo, uso y devolución de los equipos, instrumentos y herramientas, tanto en días como en horarios hábiles de trabajo establecidos para el laboratorio de suelos.
3. Todas las mesas de trabajo, equipos, instrumentos y herramientas deben de quedar respectivamente limpios y secos para el regreso a los compartimientos en la bodega del laboratorio de suelos conforme corresponda.
4. Toda práctica y uso de equipo debe ser autorizada por el encargado del laboratorio o en su defecto el superior jerárquico al encargado del laboratorio.
5. Ollas de presión:  
Serán utilizadas por el profesor encargado del laboratorio o en su defecto aquel a quien él asigne. Se prohíbe estrictamente manipularlas o hacer uso de estas ollas a toda persona sin autorización debido a la peligrosidad de este equipo.
6. Cristalería:  
La manipulación de los equipos de vidrio se debe realizar con cuidado para evitar lesiones o accidentes así como pérdidas de los mismos.
7. Hornos y platos de calor (como plantillas eléctricas):  
Se deben de tener todos los cuidados pertinentes para utilizar los hornos y platos de calor para no sufrir quemaduras. Se debe de recordar que todo lo que se encuentre dentro de un horno o encima de un plato de calor, a la hora de extraerlo tiene la temperatura que tiene el equipo con anterioridad fijada. Los hornos se pueden dejar funcionando durante las 24 horas, solo en caso estrictamente necesario. Los platos de calor se deben de usar por el tiempo requerido, apagarse inmediatamente después de su uso y apartarse del mismo. Para el caso de los hornos, una vez que se dejan las muestras en ellos, asegúrese de que éstos queden bien cerrados. Se debe de tener la precaución de no derramar muestras dentro de ellos, por lo que se deben de usar recipientes de mayor tamaño al volumen en evaluación. Después de utilizar los hornos deben de ser apagados y cerrados en total limpieza.

**CC BY-NC-ND 4.0**

#### 8. Balanzas:

Si la balanza se encuentra apagada y desconectada del tomacorriente no se debe conectar inmediatamente, sino; preguntar a cuál tomacorriente se debe conectar. Los tomacorrientes están debidamente identificados con alguno de los dos voltajes existentes que son 110 y 220 voltios.

Para realizar una medición en las balanzas, se debe tener cuidado de no ensuciarlas, para esto utilice un recipiente en el cual se disponga la muestra a la que se le va medir el peso, coloque la muestra en el recipiente fuera de la balanza y tome el peso en la balanza. En caso de no conseguir el peso requerido, aparte la muestra de la balanza y agregue o disminuya el producto que está pesando y vuelva a repetir el procedimiento. No mueva las balanzas del lugar donde se encuentran. En caso de balanzas eléctricas se deben de apagar después de utilizarlas.

#### 9. Batidoras:

No tocar las partes móviles ni meter alguna herramienta cuando estas se encuentran en funcionamiento. Se debe de tener cuidado de no tocar las paredes de la batidora con el vaso que contiene la mezcla al finalizar la utilización.

#### 10. Otros utensilios:

Cuando utilice cilindros o recipientes para contener muestras, estos serán identificados por medio de etiquetas, nunca se marcan o identifican directamente. Las etiquetas deberán ser removidas una vez concluido el uso respectivo y deben devolverse en limpio y buen estado.

#### 11. Muestras de suelo traídas al laboratorio

La persona que trae muestras de suelo o de plantas o de algún otro tipo al laboratorio para aplicarle algún procedimiento, es totalmente responsable de las mismas y como tal; debe hacerse cargo tanto de los residuos que genere como de los sobrantes de muestra.

12. Para préstamos de equipos, instrumentos y herramientas para uso externos al laboratorio de suelos se deberá llenar la boleta respectiva (sin la cual no se prestará el equipo). Terminada la labor con los equipos, instrumentos y/o herramientas, deben ser devueltas inmediatamente.

13. Al devolver los equipos, instrumentos y herramientas que se encuentre en calidad de préstamo tanto externo como interno al laboratorio de suelo, se debe verificar

**CC BY-NC-ND 4.0**

que se encuentra con todas sus partes, en buen estado y limpio conforme se entregó.

14. Todos los equipos, instrumentos y herramientas en calidad de préstamo que se usen en prácticas externas al laboratorio deben de ser devueltas dentro de horas hábiles de trabajo, en el laboratorio y a la persona que hizo la entrega o en su defecto al encargado.

15. En caso de dañar uno o varios equipos, instrumentos y herramientas, el responsable deberá actuar conforme se disponga por las autoridades de la Escuela de Ingeniería Agrícola.

16. El uso del laboratorio se hace en horas hábiles de trabajo y en los horarios de trabajo establecidos para el laboratorio de suelos. Por lo anterior se deben de estructurar los trabajos o prácticas a realizar que requieren de alta cantidad de tiempo.

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

## Medida

### Introducción

Durante las prácticas de laboratorio se tienen que obtener una serie de medidas como, por ejemplo, pesado de muestras, estimado de volúmenes y otros. Realizar bien estas operaciones es importante para la ejecución correcta de las prácticas y para la buena obtención de resultados. Las medidas deben tomarse lo mejor posible.

El cálculo de medidas exactas siempre ha supuesto un reto en el que se intentan calcular valores precisos y rigurosos. Es un factor muy importante para cualquier usuario de un instrumento asegurarse de que lo que mide es correcto, ya que de ello dependerá que la práctica esté bien, que se obtengan buenos resultados y que sean de calidad.

### Medición

La medida o medición se define como la operación mediante la cual es posible expresar cuantitativamente (valor numérico) la cantidad en que aparece una magnitud. También se denomina medida al resultado de esta operación. Se verifica comparando la cantidad a medir con otra cantidad de la misma magnitud, elegida arbitrariamente, a la que se denomina unidad o patrón de esa magnitud. Las magnitudes son por ejemplo, la longitud, el tiempo, el peso y cada una de ellas siempre viene representada por unas unidades.

### Magnitudes y unidades

Para hablar de magnitudes y unidades antes hay que saber qué sistema de unidades estamos utilizando para poder clasificarlas, y saber cuáles se van a emplear en cada medición (observar Cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20 y Figura 7).

### Sistema de unidades

Es necesario realizar una elección racional del sistema de unidades y determinar qué magnitudes van a ser consideradas como fundamentales.

En la actualidad, el sistema de unidades más conocido es el Sistema Internacional (SI) de unidades. Pero esto no significa que no hayan existido o existan otros sistemas de unidades anteriormente, ni que algunos se sigan utilizando en la actualidad.

**CC BY-NC-ND 4.0**

El primer sistema coherente de unidades fue establecido en Francia a finales del S.XVIII con el nombre de Sistema Métrico Decimal. Está basado en el metro y el kilogramo, el sistema decimal de múltiplos y submúltiplos y ha sido recogido por el SI.

## Magnitudes

Las propiedades y características que además de observables sean susceptibles de una expresión cuantitativa, reciben el nombre de magnitudes. La altura de un edificio, la distancia entre dos ciudades o el radio de un átomo son longitudes o casos donde se presenta la magnitud de longitud.

Magnitud es un concepto abstracto y general; los casos concretos en que se manifiestan las magnitudes, se denominan cantidades.

Existen dos grupos de magnitudes:

- a) Magnitudes fundamentales o primarias: Son aquellas cuya medición puede realizarse directamente por la relación entre la cantidad a medir y la unidad, sin necesidad de efectuar mediciones de otras magnitudes.
- b) Magnitudes derivadas o secundarias: Son aquellas para cuya medición es preciso recurrir a la medida de las otras magnitudes. Deben estar definidas mediante una relación matemática con las magnitudes fundamentales y debe conocerse dicha ecuación de definición para poder medirlas.
- c) Las características que debemos tener en cuenta a la hora de medir son las siguientes:

C.1. La medida debe ser exacta y precisa (Fig. 1, 2, 3, 4, 5 y 6). Estos dos términos no se distinguen fácilmente, exactitud indica lo cerca que está la medición del valor real de la cantidad medida y precisión se refiere a la concordancia entre un grupo de resultados. Cuando se da un valor de una medida debe acompañarse de la dispersión de los datos (ver medidas estadísticas) obtenidos en varias mediciones para conocer cuál es su posible error aleatorio.

La exactitud se ha entendido a “cómo de cerca está un dato u observación o un conjunto de datos u observaciones al valor real con respecto a una muestral” y por eso sería el grado de concordancia entre un valor obtenido y el valor real en una muestra. Por definición se entiende que es lo inverso con respecto al error de la medida y por ello una medida será más exacta cuanto menor sea el error de la medida.

La precisión se ha entendido como la proximidad o cercanía entre los sucesivos referentes valores medidos con un instrumento dado realizadas en las mismas condiciones cuyos resultados son muy semejantes. Este concepto es completamente diferente al de exactitud donde la precisión no depende del valor verdadero de la variable a medir, sino que depende de los resultados y la distribución que presentan.

**CC BY-NC-ND 4.0**

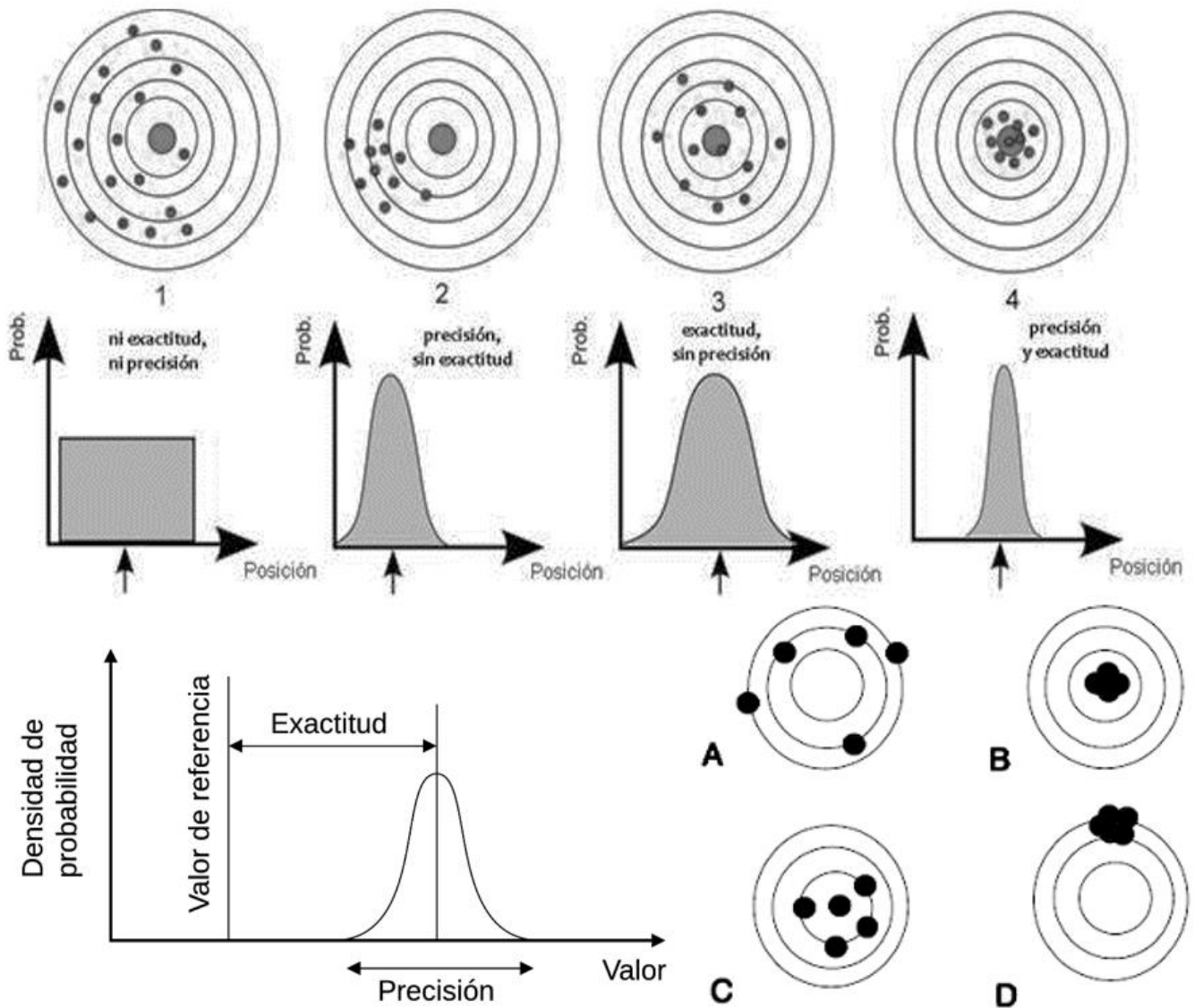


Figura 1 Exactitud y precisión donde se muestran las siguientes condiciones A: Ni preciso ni exacto, B: Exacto y preciso, C: Exacto pero no preciso y D: Preciso pero no exacto  
Tomado de: (Emilio, 2012)

El error se ha entendido como la diferencia entre una medición y el valor verdadero donde normalmente se pueden presentar dos tipos de error que son los errores groseros, sistemáticos y los aleatorios. Se pueden tener tres causas principales de errores que son las naturales (variaciones en la temperatura, presión, humedad y otros) los instrumentales (imperfecciones en la construcción o ajustes de éstos) y personales (limitaciones en los sentidos humanos como vista o tacto y otros)

El error grosero se presenta principalmente por descuidos y desconocimientos que generan fuertes o magnas equivocaciones

El error sistemático es aquel que en medidas repetidas permanece constante o varía de

**CC BY-NC-ND 4.0**

manera predecible el cual, no se puede quitar en su totalidad pero si puede ser reducido si se identifican sus causas (tamaños de piezas de metal cuando se mide a diferentes temperaturas). También al error sistemático se le llama “sesgo” el cual se puede entender como la tendencia sistemática a subestimar o sobreestimar el valor de interés por las causas que fueren

El error aleatorio se refiere a aquellos que quedan fuera del control del observador cuyos factores no se han manejado por alguna razón o porque no son manejables y por ello, son fluctuaciones impredecibles que surgen sin un patrón fijo.



Figura 2: Causas de la variación en el proceso de medición

Tomado de: (Díaz, 2018)

La incertidumbre es un valor que muestra la dispersión de los valores obtenidos en las mediciones que viene a ser el rango de valores que se podría obtener con respecto al valor real con una determinada probabilidad también se podría entender como el intervalo en torno al valor de medición en lo que se puede esperar que esté el valor verdadero de una magnitud con una probabilidad predeterminada.

Tolerancia se refiere al error total permitido en la medida de un elemento y por ello se anota un valor o magnitud con un “+” o “-” y por ello la tolerancia se utiliza para establecer un error aceptable.

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

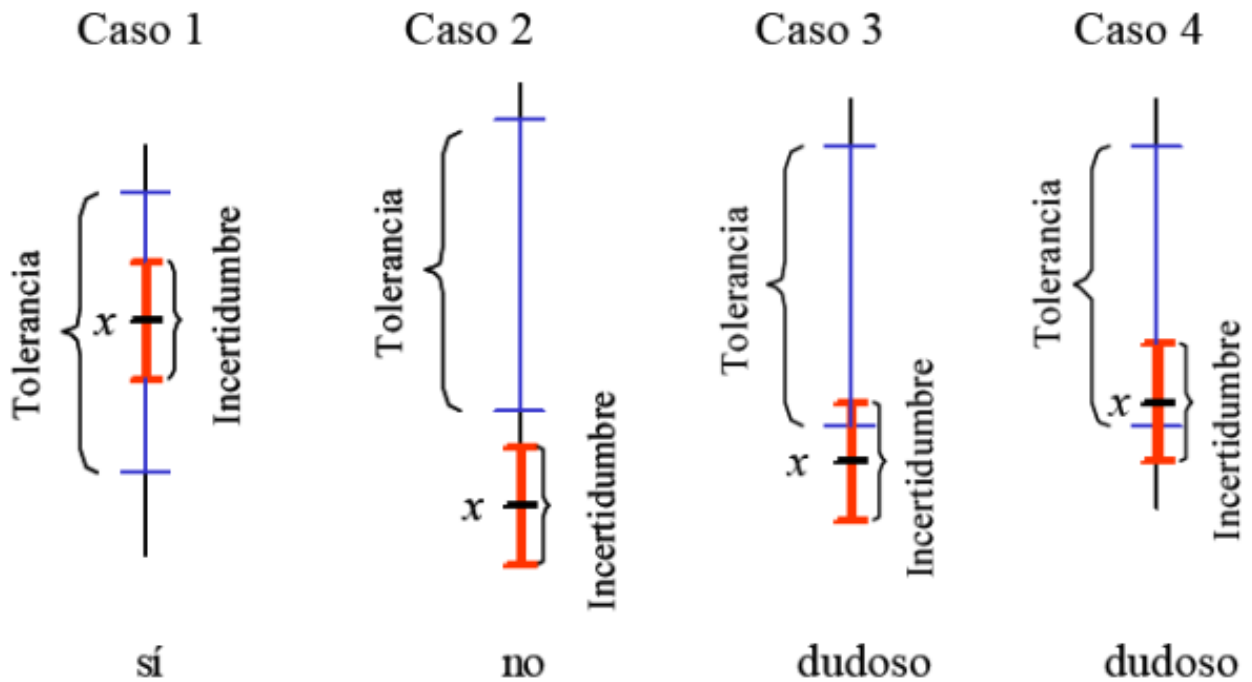


Figura 3: Relación entre la incertidumbre respecto a la tolerancia  
Tomado de: (Todo Ingeniería Industrial)

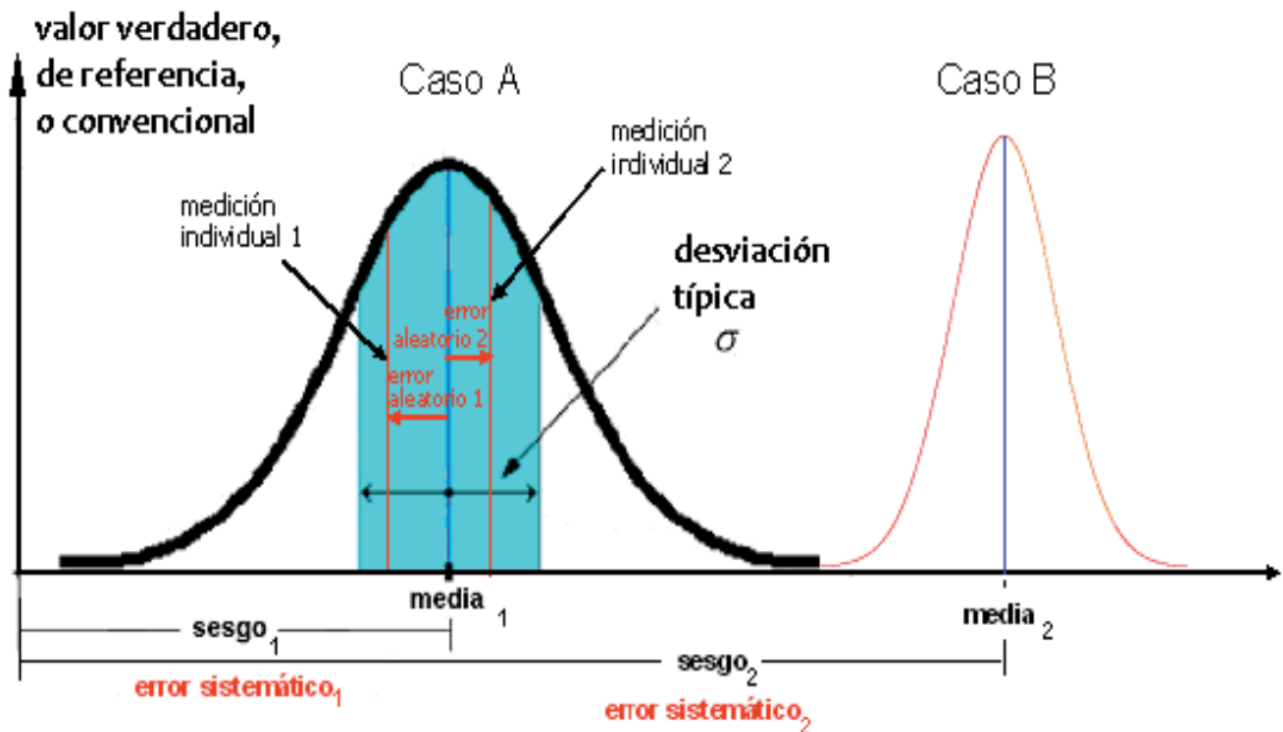


Figura 4: Efecto de los errores aleatorio y sistemático sobre una muestra y el valor verdadero

Tomado de: (Emilio, 2012)

**CC BY-NC-ND 4.0**

C.2. Para dar una medida también debe tenerse en cuenta la resolución y el rango del instrumento.

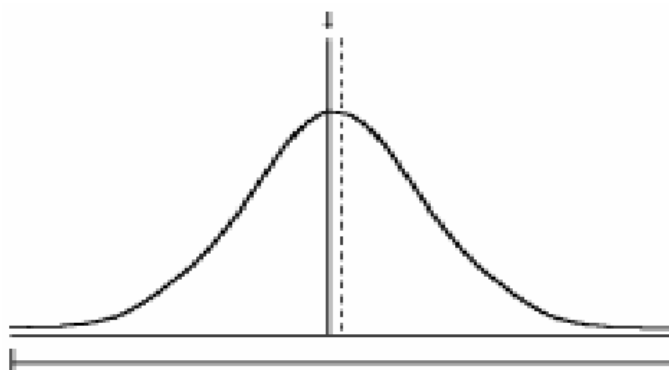
C.3. Resolución es el nivel de detalle en el que pueden aparecer las medidas o los resultados, y el rango indica el intervalo de medidas en el que resulta fiable. Es muy importante no ofrecer más cifras significativas de las que ofrece el instrumento cuando realizamos operaciones con los resultados y mantenerse en el rango de medida para dar resultados correctos. A parte de la exactitud y precisión, otra de las cualidades importantes de los instrumentos es la sensibilidad. Un instrumento es tanto más sensible cuanto más claramente acusa pequeñas variaciones en el valor de la magnitud que medimos.

C.4. Cuando se realiza una medida o se obtiene un resultado es muy importante tener en cuenta las cifras significativas, porque de ello dependerá la precisión del resultado.

C.5. Las cifras significativas son todos los dígitos que son seguros más uno que tiene algo de inexactitud (valor que nos hace alejarnos del valor real). Deben aparecer las necesarias, evitándose redondeos en procesos intermedios de cálculo para no arrastrar errores.

Al realizar medidas en cualquier sistema se debe de tener en cuenta los conceptos de repetibilidad y reproducibilidad ya que son propiedades de los sistemas de medición que caracterizan la dispersión o variabilidad del proceso y que en la práctica son causadas por el operador y/o el método empleado para medir los cuales se definen y se representan a continuación:

La repetibilidad consiste en la proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones sucesivas de lo que se está midiendo pero siempre bajo las mismas condiciones de medición y a estas condiciones son a las que se les llama condiciones de repetibilidad (mismo método de medición, mismos observadores, mismos instrumentos de medición, mismas condiciones de medida, el mismo lugar de medida, el mismo tiempo de medida y otros)



## **Repetibilidad**

Figura 5: Representación gráfica del concepto de repetibilidad

Tomado de (Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración del acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025, 2007)

**CC BY-NC-ND 4.0**

La reproducibilidad que consiste en la proximidad de concordancia entre los resultados de las mediciones sucesivas de lo que se está midiendo bajo condiciones de medición cambiantes. Como ejemplo podemos citar la variabilidad introducida por medidas con diferentes operarios usando diferentes herramientas, medidas a diferentes horas del día y midiendo el mismo producto (método de medición, persona que mide, instrumento de medición, patrón de referencia, el lugar, el tiempo y otros)

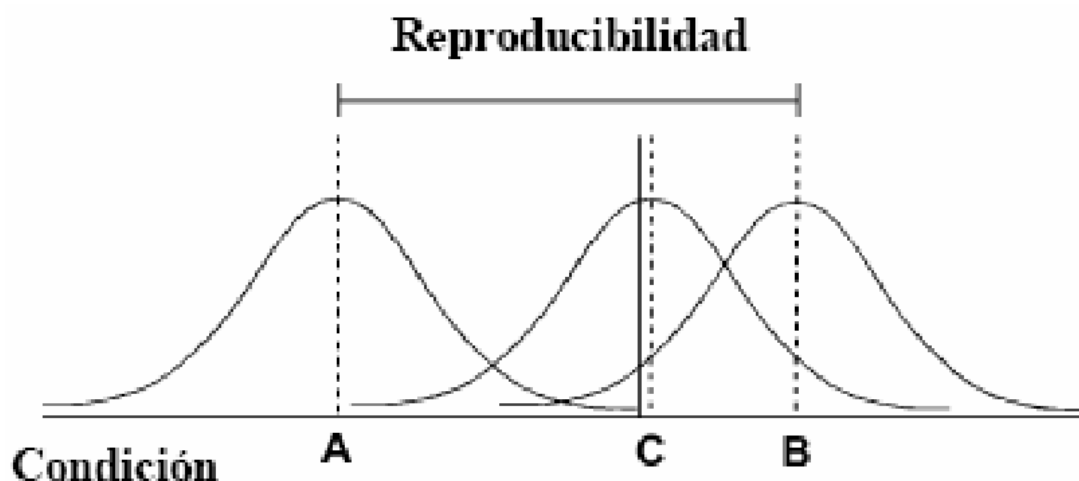


Figura 6: Representación gráfica del concepto de reproducibilidad

Tomado de (Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración del acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025, 2007)

## Cifras significativas

### Redondeo

El redondeo consiste en ir realizando cálculos y según lo que se va obteniendo, hacer aproximaciones de los números. Esto no se debe hacer en procesos intermedios porque puede dar lugar a errores.

Para redondear un número se deben seguir los siguientes pasos:

- Si el último decimal es igual a 5, se quita y se aumenta en una cifra el número anterior de izquierda a derecha.
- Si el último decimal es mayor de 5, se quita y aumenta una cifra al número anterior de izquierda a derecha.
- Si el último decimal es menor de 5 se deja igual la cifra del número anterior de izquierda a derecha.

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Ejemplo:

45,95 → 46; 77,77 → 77,8; 87,63 → 87,6; 3,765 → 3,77; 8,749 → 8,7; 8,749 → 8,75

Cuadro 1. Unidades fundamentales del SI, CGS e Inglés y prefijos utilizados para el SI

Magnitud	SI	CGS	Inglés
Longitud	metro (m)	centímetro (cm)	Pie
Masa	kilogramo (kg)	gramo (g)	libra (lb)
Tiempo	segundo (s)	segundo (s)	segundo (s)
Área o Superficie	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	pie <sup>2</sup>
Volumen	m <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	pie <sup>3</sup>
Velocidad	m/s	cm/s	pie/s
Aceleración	m/s <sup>2</sup>	cm/s <sup>2</sup>	pie/s <sup>2</sup>
Fuerza	kg m/s <sup>2</sup> = Newton	g cm/s <sup>2</sup> = dina	libra pie/s <sup>2</sup> = Poundal
Trabajo y Energía	(N)(m) = Joule	(dina)(cm) = ergio	(poundal)(pie)
Presión	N/m <sup>2</sup> = Pascal	dina/cm <sup>2</sup> = baria	poundal/pie <sup>2</sup>
Potencia	joules/s = watt	ergio/s	(poundal)(pie)/s

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 2: Prefijos y Sufijos de las Unidades fundamentales del Sistema Internacional

Nombre	Símbolo	Valor	
yotta	Y	$10^{24}$	= 1 000 000 000 000 000 000 000 000
zetta	Z	$10^{21}$	= 1 000 000 000 000 000 000 000
exa	E	$10^{18}$	= 1 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15}$	= 1 000 000 000 000 000
tera	T	$10^{12}$	= 1 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	= 1 000 000 000
mega	M	$10^6$	= 1 000 000
kilo	k	$10^3$	= 1 000
hecto	h	$10^2$	= 100
deca	da	$10^1$	= 10
deci	d	$10^{-1}$	= 0,1
centi	c	$10^{-2}$	= 0,01
mili	m	$10^{-3}$	= 0,001
micro	$\mu$	$10^{-6}$	= 0,000 001
nano	n	$10^{-9}$	= 0,000 000 001
pico	p	$10^{-12}$	= 0,000 000 000 001
femto	f	$10^{-15}$	= 0,000 000 000 000 001
atto	a	$10^{-18}$	= 0,000 000 000 000 000 001
zepto	z	$10^{-21}$	= 0,000 000 000 000 000 000 001
yocto	y	$10^{-24}$	= 0,000 000 000 000 000 000 000 001

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 3: Las abreviaturas y símbolos de las unidades del sistema métrico y del sistema inglés

atm	atmósfera	hp	horse power	lb/in <sup>2</sup>	libras por pulgada cuadrada
brit	británico	in	pulgada (inch)	m	metros
btu	british thermal unit	in <sup>2</sup>	pulgada cuadrada	mi	millas
btu/ft <sup>3</sup>	btu por pie cúbico	in <sup>3</sup>	pulgada cúbica	mi/h	millas por hora
btu/lb	btu por libra	in Hg	pulgadas de mercurio	mi/min	millas por minuto
°C	grado Celsius (centígrado)	in <sup>3</sup> /lb	pulgadas cúbicas por libra	mi naut	milla náutica
cal	caloría	kcal	kilocaloría	min	minutos
cc	centímetros cúbicos = cm <sup>3</sup> =ml	kcal/kg	kilocaloría por kilogramo	ml	mililitro =cc = cm <sup>3</sup> (de líquido)
cm	centímetro	kcal/m <sup>3</sup>	kilocaloría por metro cúbico	mm	milímetros
cm <sup>2</sup>	centímetro cuadrado	kg	kilogramo	mm Hg	milímetros de mercurio
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico	kg/cm <sup>2</sup>	kilogramo por centímetro cuadrado	m <sup>3</sup> /s	metros cúbicos por segundo
cm <sup>3</sup> /g	centímetros cúbicos por gramo	kg/h	kilogramo por hora	oz	onza (avoirdupois)
cSt	centiStoke	kg f	kilogramo fuerza	oz t	onza troy
cv	caballo de vapor (métrico)	kg/m <sup>2</sup>	kilogramo por metro cuadrado	psi	libras por pulgada cuadrada
d gal	galón seco	kg/m <sup>3</sup>	kilogramo por metro cúbico	psia	libras por pulg <sup>2</sup> absoluta
dm	decímetro	kg/s	kilogramos por segundo	psig	libras por pulg <sup>2</sup> manométrica
°F	grado fahrenheit	km	kilometros	qt	cuarto (de galón)
ft	pies (feet)	km <sup>2</sup>	kilometros cuadrados	s	segundo
ft <sup>2</sup>	pies cuadrados	km/h	kilometros por hora	St	Stoke
ft <sup>3</sup>	pies cúbicos	l	litros	ton	tonelada
ft <sup>3</sup> /lb	pies cúbicos por libra	l/kg	litros por kilogramo	Torr	Torricelli = mm Hg
g	gramo	l/min	litros por minutos	T.R.	ton de refrigeración standard comercial
gal	galón	lb	libras	U.S.A	estadounidense

Tomado de: (Ramos)

Ejemplo del valor de la presión atmosférica al nivel del mar es como sigue:

Sistema Internacional = 101,325 Pa o kiloPascales = 101.325 kPa

Sistema Métrico = 1.033 kg/cm<sup>2</sup> = 760 mm Hg.

Sistema Inglés = 14.696 psi = 29.92 in Hg.

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 4. Factores de conversión de unidades de presión

<b>kiloPascales (kPa)</b>	x 0.010197 = kg/cm <sup>2</sup>	<b>mm Hg (Torr)</b>	x 0.13333 = kPa
	x 0.14504 = lb/in <sup>2</sup> (psia)		x 0.00136 = kg/cm <sup>2</sup>
	x 7.5 = mm Hg abs.		x 0.01934 = lb/in <sup>2</sup> (psi)
	x 0.2953 = in Hg abs.		x 0.03937 = in Hg
	x 0.01 = bar		x 0.001333 = bar
	x 0.00987 = atmósferas		x 0.00136 = atm
	x 10,000 = barye (μb)		x 1,000 = micrones (μ)
<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	x 98.064 = kPa	<b>in Hg (pulg. Hg)</b>	x 3.3864 = kPa
	x 14.2234 = lb/in <sup>2</sup> (psi)		x 0.03453 = kg/cm <sup>2</sup>
	x 735.514 = mm Hg		x 0.49115 = lb/in <sup>2</sup> (psi)
	x 28.9572 = in Hg		x 25.4 = mm Hg
	x 0.987 = bar		x 0.03386 = bar
	x 0.96778 = atmósferas		x 0.03342 = atm
<b>lb/in<sup>2</sup> (psia)</b>	x 6.89474 = kPa	<b>atmósfera (atm)</b>	x 25,400 = micrones (μ)
	x 0.07031 = kg/cm <sup>2</sup>		x 101.325 = kPa
	x 51.715 = mm Hg		x 1.03329 = kg/cm <sup>2</sup>
	x 2.036 = in Hg		x 14.6969 = lb/in <sup>2</sup>
	x 0.06895 = bar		x 760 = mm Hg
	x 0.0604 = atm		x 29.9212 = in Hg
<b>1 psig</b> = 15.696 psia = 108.22 kPa			x 1.01325 = bar
<b>0 psig</b> = 14.696 psia = 101.325 kPa			x 33.9 = pies de agua

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 4.1: Factores de conversión de unidades de longitud

<b>kilómetros (km)</b>	x 0.62137 = millas	<b>yardas (yd)</b>	÷ 1,093.61 = kilómetros	
	x 0.5399 = millas náuticas		x 0.9144 = metros	
	x 198.838 = rods		x 3 = pies	
	x 546.8 = fathoms (braza)		x 36 = pulgadas	
	x 1,094 = yardas		x 91.44 = centímetros	
	x 3,281 = pies		<b>pies (ft)</b>	x 0.3048 = metros
	x 1,000 = metros			x 0.3333 = yardas
<b>millas (mi)</b>	x 320 = rods	<b>pulgadas (in)</b>	x 12 = pulgadas	
	x 1,760 = yardas		x 30.48 = centímetros	
	x 5,280 = pies		x 0.0254 = metros	
	x 1,609.35 = metros		x 0.02777 = yardas	
	x 1.60935 = kilómetros		x 0.08333 = pies	
<b>milla náutica (mi naut)</b>	x 1.85325 = kilómetros	<b>centímetros (cm)</b>	x 2.54 = micrones	
	x 1.15155 = millas		x 25.4 = centímetros	
	x 368.497 = rods		x 25,400 = milímetros	
<b>metros (m)</b>	x 1,853.25 = metros	<b>milímetros (mm)</b>	÷ 30.48 = pies	
	x 1.093613 = yardas		÷ 2.54 = pulgadas	
	x 3.28083 = pies	÷ 25.4 = pulgadas		
	x 39.37 = pulgadas	÷ 304.8 = pies		
	÷ 1,609.35 = millas	x 1,000 = micrones		
x 0.19884 = rods	<b>micrones</b>	÷ 25,400 = pulgadas		
<b>1 rod</b> x 5.03 = metros				

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.2: Factores de conversión de unidades de área

<b>millas cuadradas (mi<sup>2</sup>)</b>	x 2.59	= km <sup>2</sup>	<b>metros cuadrados (m<sup>2</sup>)</b>	x 0.0001	= hectáreas
	x 640	= acres		x 0.19599	= yd <sup>2</sup>
	x 259	= hectáreas		x 10.7639	= ft <sup>2</sup>
	x 2'589,999	= m <sup>2</sup>		x 1,549.99	= in <sup>2</sup>
<b>kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>)</b>	x 0.3861	= mi <sup>2</sup>	<b>pies cuadrados (ft<sup>2</sup>)</b>	x 10,000	= cm <sup>2</sup>
	x 100	= hectáreas		x 0.092903	= m <sup>2</sup>
	x 247.104	= acres		x 0.11111	= yd <sup>2</sup>
	x 1'000,000	= m <sup>2</sup>		x 144	= in <sup>2</sup>
<b>acres</b>	x 0.001563	= mi <sup>2</sup>	<b>pulgadas cuadradas (in<sup>2</sup>)</b>	x 929.03	= cm <sup>2</sup>
	x 4,840	= yd <sup>2</sup>		x 6.4516	= cm <sup>2</sup>
	÷ 247.104	= km <sup>2</sup>		÷ 144	= ft <sup>2</sup>
	x 4,046.86	= m <sup>2</sup>		x 645.16	= mm <sup>2</sup>
	x 43,560	= ft <sup>2</sup>		÷ 1,296	= yd <sup>2</sup>
<b>hectáreas (ha)</b>	÷ 259	= mi <sup>2</sup>	<b>centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>)</b>	x 0.155	= in <sup>2</sup>
	x 0.01	= km <sup>2</sup>		÷ 929.03	= ft <sup>2</sup>
	x 2.47104	= acres		x 100	= mm <sup>2</sup>
	x 10,000	= m <sup>2</sup>		x 0.0001	= m <sup>2</sup>
	x 11,959.9	= yd <sup>2</sup>			

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.3: Factores de conversión de unidades de volumen

<b>metro cúbico (m³)</b>	x 1.30795 = yd³ x 35.31447 = ft³ x 28.38 = bushels U.S. x 220 = gal (brit.) x 264.1728 = gal (U.S.) x 1,000 = litros (dm³)	<b>Bushel (U.S.)</b>	x 35.2393 = litros (dm³) x 2,150.42 = in³ x 1.24446 = ft³ x 9.3092 = gal liq (U.S.) x 8.0 = gal seco (U.S.) x 0.035239 = m³
<b>pies cúbicos (ft³)</b>	x 0.028317 = m³ x 28.317 = dm³ x 1,728 = in³ x 0.80356 = bushels U.S. x 7.48055 = gal (U.S.) x 6.230 = gal (brit.)	<b>galón líquido (gal)</b>	x 3.78543 = litros x 8.34 = libras de agua x 0.13368 = ft³ x 231 = in³ x 4.0 = cuartos (liq) x 8.0 = pintas x 128 = onzas (fluidos)
<b>litros (l)</b>	x 1,000 = cm³ ó ml x 61.0234 = in³ x 0.227 = gal seco (brit.) x 0.26418 = gal liq (U.S.) x 0.035314 = ft³ x 2.1142 = pintas x 4.54374 = galón imperial x 1.05668 = cuartos liq. x 33.8135 = onzas fluidas (U.S.) x 35.1988 = onzas fluidas (brit)	<b>galón seco (d gal)</b>	x 4.4049 = litros x 0.15556 = ft³ x 268.803 = in³ x 4.0 = cuartos (secos)
<b>barril</b>	x 42 = gal (petróleo)	<b>centímetros cúbicos (cm³ ó cc)</b>	x 0.001 = litros (dm³) x 0.061024 = in³ x 1.0 = ml x 0.03381 = onzas fluidas (U.S.) x 0.03519 = onzas fluidas (brit)
<b>pinta</b>	x 16 = oz fluidas x 0.473 = litros	<b>pulgadas cúbicas (in³)</b>	x 16.387 = cm³ ÷ 1,728 = ft³ x 0.016387 = dm³ (litros) x 16,387 = mm³
<b>cuarto (qt)</b>	x 2.0 = pintas x 32.0 = onzas x 0.946 = litros		

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 4.4: Factores de conversión de unidades de masa y peso

<b>Tonelada (ton)</b>	X 1,000 = kg	<b>Libras (troy) (lb t)</b>	X 0.37324 = kg
	X 1.10231 = ton corta (U.S.)		X 12.0 = oz (troy)
	X 0.98421 = ton larga (brit)		X 5,760 = granos
	X 2,204.58 = lb		X 373.24 = g
<b>Tonelada Corta (U.S.)</b>	X 2,000 = lb (avoir)	<b>Libras (avoir) (lb)</b>	X 0.82286 = lb (avoir)
	X 0.9072 = ton		X 13.1657 = oz (avoir)
	X 0.89286 = ton larga		X 0.45359 = kg
	X 907.185 = kg		X 16.0 = oz (avoir)
<b>Tonelada Larga (brit)</b>	X 2,240 = lb (avoir)	<b>Kilogramos (kg)</b>	X 7,000 = granos
	X 1.01605 = ton		X 453.59 = g
	X 1.12 = ton corta		X 1.21528 = lb (troy)
	X 1,016.05 = kg		X 2.204585 = lb (avoir)
<b>Gramos (g)</b>	X 0.001 = kg	<b>Onzas (avoir) (oz)</b>	X 2.67923 = lb (troy)
	X 0.03527 = oz (avoir)		X 1,000 = g
	X 0.03215 = oz (troy)		X 35.2734 = oz (avoir)
	X 15.432 = granos		X 32.1507 = oz (troy)
	X 20.0 = gotas agua		X 15,432.4 = granos
<b>Onzas (troy) (oz t)</b>	X 31.10 = g	<b>Onzas (troy) (oz t)</b>	X 28.35 = g
	X 1.09714 = oz (avoir)		X 0.9115 = oz (troy)
	X 480.0 = granos		X 437.5 = granos

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.5: Factores de conversión de unidades de caudal

EN BASE A LA MASA			EN BASE AL VOLUMEN		
<b>kg/s</b>	X 0.001	= g/s	<b>m³/s</b>	X 60	= m³/min
	X 3,600	= kg/h		X 3,600	= m³/h
	X 3.6	= ton/h		X 60,000	= l/min
	X 7,936.5	= lb/h		X 35.3147	= ft³/s
	X 2.20462	= lb/s		X 2,118.87	= ft³/min
		X 15,850.4		= gal/min (USA)	
		X 13,199		= gal/min (brit)	
EN BASE A LA MASA POR ÁREA			<b>ft³/min</b>	X 0.02832	= m³/min
<b>kg/sm²</b>	X 3,600	= kg/h m²		X 28.32	= l/min
	X 0.2048	= lb/s ft²		X 7.482	= gal/min (USA)
	X 737.35	= lb/h ft²		X 6.228	= gal/min (brit)
	X 5.12	= lb/h in²			
			<b>gal/min (USA)</b>	X 0.2271	= m³/h
				X 3.78543	= l/min
				X 8.019	= ft³/h
				X 0.8326	= gal/min (brit)
			<b>l/min</b>	X 0.06	= m³/h
				X 2.1186	= ft³/h
				X 0.2642	= gal/min (USA)
				X 0.22	= gal/min (brit)

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.6: Factores de conversión de unidades de velocidad lineal

<b>Pies/seg (ft/s)</b>	X 0.3048	= m/s	<b>Metros/seg (m/s)</b>	X 3.28083	= ft/s
	X 30.48	= cm/s		X 2.23693	= mi/h
	X 1.097283	= km/h		X 3.6	= km/h
	X 0.68182	= mi/h		X 39.37	= in/s
	X 12.0	= in/s		X 1.94254	= nudos
	X 0.59209	= nudos			
<b>Millas/Hora (mi/h)</b>	X 1.60935	= km/h	<b>(km/h)</b>	X 0.27778	= m/s
	X 0.44704	= m/s		X 0.62137	= mi/h
	X 26.8217	= m/min		X 0.53959	= nudos
	X 1.46667	= ft/s		X 0.91134	= ft/s
	X 0.86839	= nudos		X 16.6667	= m/min

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.7: Factores de conversión de unidades de aceleración lineal

<b>ft/s<sup>2</sup></b>	X 0.3048 = m/s <sup>2</sup>	<b>m/s<sup>2</sup></b>	X 3.2808 = ft/s <sup>2</sup>
	X 12.0 = in/s <sup>2</sup>		X 100 = cm/s <sup>2</sup>
	X 30.48 = cm/s <sup>2</sup>		X 39.37 = in/s <sup>2</sup>
	X 0.68182 = mi/hs		X 3.6 = km/hs
	X 1.09728 = kg/hs		X 2.237 = mi/hs

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.8: Factores de conversión de unidades de fuerza

<b>Newton (N)</b>	X 100,000 = dinas	<b>kgf</b>	X 980,665 = dinas
	X 0.001 = sthène (sn)		X 9.80665 = N
	X 0.2248 = lb f		X 0.000981 = sthène
	X 7.233 = poundal		X 2.20458 = lbf
	X 0.10197 = kgf		

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.9: Factores de conversión de unidades de volumen específico

<b>Pies cúbicos/lb (ft<sup>3</sup>/lb)</b>	X 1,728 = in <sup>3</sup> /lb	<b>Metros cúbicos/kg (m<sup>3</sup>/kg)</b>	X 16.018647 = ft <sup>3</sup> /lb
	X 62.427 = l/kg=(dm <sup>3</sup> /kg)		X 119.842 = gal/lb (liq)
	X 62.427 = cm <sup>3</sup> /g		X 2,768 = in <sup>3</sup> /lb
	X 0.062427 = m <sup>3</sup> /kg		X 1,000 = l/kg=dm <sup>3</sup> /kg
	X 7.48055 = gal/lb (liq)		X 1,000 = cm <sup>3</sup> /g
<b>Pulgada cúbicos/lb (in<sup>3</sup>/lb)</b>	÷ 1,728 = ft <sup>3</sup> /lb	<b>Centímetros cúbicos/g (cm<sup>3</sup>/g)</b>	X 0.001 = m <sup>3</sup> /kg
	X 0.03613 = l/kg=dm <sup>3</sup> /kg		X 1.0 = l/kg=dm <sup>3</sup> /kg
	X 0.03613 = cm <sup>3</sup> /g		X 27.68 = in <sup>3</sup> /lb
	÷ 27,700 = m <sup>3</sup> /kg		X 0.0160186 = ft <sup>3</sup> /lb
	÷ 231 = gal/lb (liq)		X 0.11983 = gal/lb (liq)
<b>gal/lb (liq)</b>	X 8.3454 = l/kg=dm <sup>3</sup> /kg	<b>Partes por millón (ppm)</b>	X 20.0 = gotas de agua
	X 0.13369 = ft <sup>3</sup> /lb		X 1.0 = mg/l = mg/kg
	X 0.008345 = m <sup>3</sup> /kg		X 0.058416 = granos/gal
	÷ 231.0 = in <sup>3</sup> /lb		X 0.007 = granos/lb

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 4.10: Factores de conversión de unidades de densidad

<b>lb/pie cúbico (lb/ft<sup>3</sup>)</b>	X 16.018646	= kg/m <sup>3</sup>	<b>kg/metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	X 0.062427	= lb/ft <sup>3</sup>
	X 0.0160186	= g/cm <sup>3</sup> = kg/l		÷ 27,700.8	= lb/in <sup>3</sup>
	X 1,728	= lb/in <sup>3</sup>		X 1,000	= g/cm <sup>3</sup> = kg/l
	X 0.13368	= lb/gal (liq)		÷ 119.826	= lb/gal (liq)
<b>libras/galón (lb/gal)</b>	X 7.48052	= lb/ft <sup>3</sup>	<b>Gramos/cm<sup>3</sup> (g/cm<sup>3</sup>)</b>	X 1.0	= g/l
	÷ 231.0	= lb/in <sup>3</sup>		X 1,000	= kg/m <sup>3</sup> = g/l
	X 0.119826	= g/cm <sup>3</sup> = kg/l		X 0.03613	= lb/in <sup>3</sup>
	X 119.826	= kg/m <sup>3</sup>		X 62.4283	= lb/ft <sup>3</sup>
				X 1.0	= kg/l

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.11: Factores de conversión de unidades de trabajo, energía y calor

<b>btu (medio)</b>	X 1.05587	kJ	<b>Joules (J)</b>	X 0.1019716	kgf·m
	X 107.558	kgf·m		X 0.73756	lbf·ft
	X 0.252	kcal		÷ 4,184	kcal
	X 778.1	lbf·ft		÷ 1,055.06	btu
	X 0.2931	W·h		X 10	ergs
	÷ 2,510	Cv·h		÷ 3,600	W·h
<b>kilocalorías (kcal)</b>	÷ 2,544.7	hp·h	<b>kgf·m</b>	X 9.80665	W·h
	X 3.96832	btu		X 7.233	lbf·ft
	X 4.184	kJ		X 0.002724	W·h
	X 426.9	kgf·m		X 0.002642	kcal
	X 3,087.77	lbf·m	X 0.009296	btu	
	X 0.001559	hp·h	<b>lbf·ft</b>	X 1.35573	J
	X 0.001581	Cv·h		X 0.13826	kgf·m
X 1.163	W·h				

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 4.12: Factores de conversión de unidades de potencia

<b>kiloWatt (kW)</b>	x 859.8 = kcal/h	<b>horse power (hp)</b>	X 1.01387 = cv
	X 3,412.14 = btu/h		X 745.65 = W
	X 1.359 = cv		X 550.0 = lbf-ft/s
	X 1.341 = hp		X 76.04 = kgf-m/s
	X 101.97 = kgf-m/s		X 2,544.66 = btu/h
	X 737.4 = lbf-ft/s		X 641.232 = kcal/h
	X 1,000 = W		X 4.716 = T.R.
<b>Caballo de vapor (cv)</b>	X 0.28435 = T.R.	<b>kgf-m/s</b>	X 9.8066 = W
	X 0.7355 = kW		X 7.233 = lbf-ft/s
	X 0.9863 = hp		X 8.4312 = kcal/h
	X 75.0 = kgf-m/s	<b>lbf-ft/s</b>	X 33.48 = btu/h
	X 542.475 = lbf-ft/s		X 1.3558 = W
	X 632.48 = kcal/h		X 0.13826 = kgf-m/s
	X 2,509.85 = btu/h		X 1.1653 = kcal/h
X 4.781 = T.R.	X 4.626 = btu/h		

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.13: Factores de conversión de unidades de entalpía

EN BASE A LA MASA			EN BASE AL VOLUMEN		
<b>kJ/kg</b>	X 0.239 = kcal/kg	<b>kJ/m<sup>3</sup></b>	X 0.239 = kcal/m <sup>3</sup>		
	X 0.43 = btu/lb		X 0.026839 = btu/ft <sup>3</sup>		
<b>kcal/kg</b>	X 4.184 = kJ/kg	<b>kcal/m<sup>3</sup></b>	X 4.184 = kJ/m <sup>3</sup>		
	X 1.8 = btu/lb		X 0.11236 = btu/ft <sup>3</sup>		
<b>btu/lb</b>	X 2.3244 = kJ/kg	<b>btu/ft<sup>3</sup></b>	X 37.2589 = kJ/m <sup>3</sup>		
	X 0.5556 = kcal/kg		X 8.9 = kcal/m <sup>3</sup>		

Tomado de: (Ramos)

Cuadro 4.14: Factores de conversión de unidades de la entropía según temperatura

<b>kJ/kg K</b>	X 0.239 = kcal/kg °C
	X 0.23885 = btu/lb °F
<b>kcal/kg °C</b>	X 1.0 = btu/lb °F
	X 4.184 = kJ/kg K
<b>btu/lb °F</b>	X 4.1868 = kJ/kg K
	X 1.0 = kcal/kg °C

Tomado de: (Ramos)

**CC BY-NC-ND 4.0**

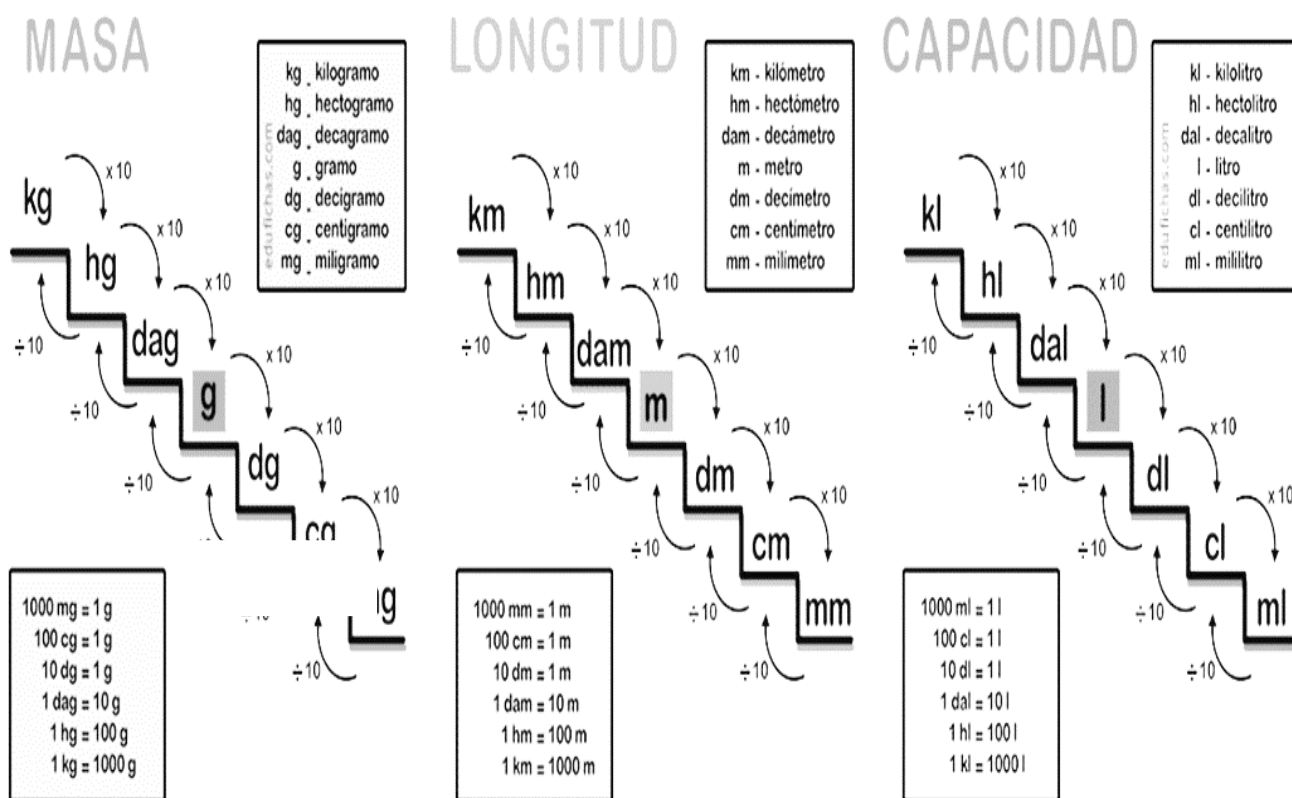
## El Sistema Métrico Decimal

El Sistema Métrico Decimal es un sistema de unidades en el cual los múltiplos y submúltiplos de una unidad de medida están relacionadas entre sí por múltiplos o submúltiplos de 10 (en las unidades de longitud, capacidad y peso), de 100 (en las de superficie) o de 1 000 (en las de volumen).

El Sistema Métrico Decimal lo utilizamos para medir las siguientes magnitudes:

- Longitud: para medir la distancia existente entre dos puntos. La unidad básica es el metro
- Capacidad: para medir la cantidad de contenido líquido de un recipiente. La unidad básica es el litro
- Masa: para medir la cantidad de materia de un cuerpo determinado. La unidad básica es el kilogramo.

Cuadro 4.15: Sistema métrico decimal y sus conversiones



Tomado de: (Sistema métrico decimal: longitud, masa, capacidad, superficie y volumen)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.16: Sistema métrico decimal en unidades de superficie o área

<b>Denominación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Equivalencia</b>
<b>Kilómetro cuadrado</b>	<b>km<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>6</sup> m<sup>2</sup></b>
<b>Hectómetro cuadrado</b>	<b>hm<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>4</sup> m<sup>2</sup></b>
<b>Decámetro cuadrado</b>	<b>dam<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>2</sup> m<sup>2</sup></b>
<b>Metro cuadrado</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1 m<sup>2</sup></b>
<b>Decímetro cuadrado</b>	<b>dm<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup></b>
<b>Centímetro cuadrado</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup></b>
<b>Milímetro cuadrado</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>	<b>10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup></b>

Tomado de: (Math Quick Reference Card)

Cuadro 4.17: Sistema métrico decimal en unidades agrarias

<b>Denominación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Equivalencia</b>
<b>Hectárea</b>	<b>ha</b>	<b>1 hm<sup>2</sup></b>
<b>Área</b>	<b>a</b>	<b>1 dam<sup>2</sup></b>
<b>Centiárea</b>	<b>ca</b>	<b>1 m<sup>2</sup></b>

Tomado de: (Math Quick Reference Card)

Cuadro 4.18: Sistema métrico decimal en unidades de volumen

<b>Denominación</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Equivalencia</b>
<b>Kilómetro cúbico</b>	<b>km<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>9</sup> m<sup>3</sup></b>
<b>Hectómetro cúbico</b>	<b>hm<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>
<b>Decámetro cúbico</b>	<b>dam<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>3</sup> m<sup>3</sup></b>
<b>Metro cúbico</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>1 m<sup>3</sup></b>
<b>Decímetro cúbico</b>	<b>dm<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup></b>
<b>Centímetro cúbico</b>	<b>cm<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup></b>
<b>Milímetro cúbico</b>	<b>mm<sup>3</sup></b>	<b>10<sup>-9</sup> m<sup>3</sup></b>

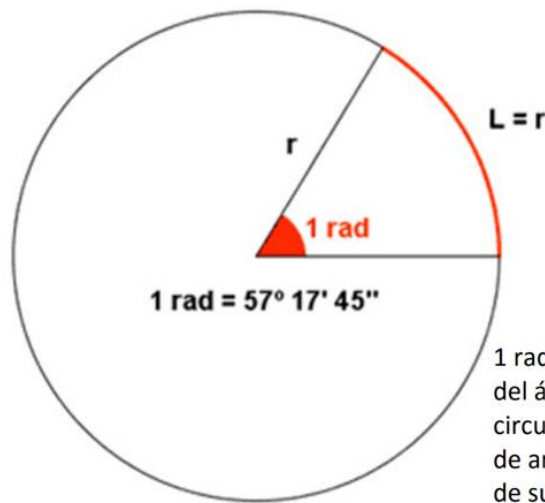
Tomado de: (Math Quick Reference Card)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Cuadro 4.19: Sistema sexagesimal

Denominación	Símbolo	Equivalencia
Grado	°	$1^\circ = \frac{1 \text{ R}}{90} = 60' = 3\,600''$
Minuto	'	$1' = \frac{1^\circ}{60} = 60''$
Segundo	''	$1'' = \frac{1'}{60} = \frac{1^\circ}{3\,600}$

Tomado de: (Math Quick Reference Card)



1 radián ( 1 rad ) es la medida del ángulo central de una circunferencia cuya longitud de arco es igual a la longitud de su radio.

Figura 7: Representación gráfica de las unidades angulares

Tomado de: (Math Quick Reference Card)

Cuadro 4.20: unidades de temperatura

Grado Celsius (°C) ; Grado Fahrenheit (°F) ; Grado Kelvin (K)

	Kelvin	Grado Celsius	Grado Fahrenheit
Kelvin	$K = K$	$K = C + 273,15$	$K = (F + 459,67) \frac{5}{9}$
Grado Celsius	$C = K - 273,15$	$C = C$	$C = (F - 32) \frac{5}{9}$
Grado Fahrenheit	$F = K \frac{9}{5} - 459,67$	$F = C \frac{9}{5} + 32$	$F = F$

Tomado de: (Math Quick Reference Card)

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Patrones

Los patrones son medidas materializadas, instrumentos de medida, materiales de referencia o sistemas de medida destinados a definir una unidad o un valor de una magnitud para servir de referencia.

Los materiales de referencia son materiales o sustancias en los que uno o más valores de una propiedad son suficientemente homogéneos y bien definidos como para ser utilizados para calibrar instrumentos, evaluar métodos o asignar valores a otros materiales.

Los métodos de referencia son métodos en los que se dan descripciones claras y exactas sobre las condiciones y procedimientos necesarios para la determinación exacta de uno o más valores de una magnitud.

Ejemplos de tipos de patrones según su origen

- Medida materializada: 1 kg, 1 m, 1 s, 1 amp
- Instrumento de medida: balanza digital
- Método de referencia: Bouyoucos

## Calibración

La calibración es el conjunto de operaciones que permiten establecer en determinadas condiciones experimentales la relación que existe entre los valores indicados por el equipo, el sistema de medida, los valores representados por un material de medición o un material de referencia y los correspondientes valores obtenidos con los patrones.

Es decir, se considera que un instrumento está bien calibrado cuando, en todos los puntos de su campo de medida, la diferencia entre el valor real de la variable y el valor indicado o registrado está comprendida entre los límites determinados por la precisión del instrumento.

La información resultante de una calibración tiene una validez limitada; todo equipo está sometido a factores de influencia de su entorno y de sus propias características. Estos efectos múltiples son poco conocidos y es casi imposible precisar de antemano la evolución de un equipo. Es preciso calibrar cada cierto tiempo.

La calibración es la única garantía para controlar el funcionamiento de los equipos de trabajo. Aunque la calibración no garantiza el buen funcionamiento de un instrumento, por lo general indica si su funcionamiento puede satisfacer o no las especificaciones de precisión y rango en las que se va a utilizar.

Medir es siempre comparar, para lo cual hay que disponer de patrones adecuados que sirven de referencia y el calibrado es la materialización de dicha comparación. Alrededor del calibrado existen otras actividades relacionadas, como el mantenimiento y la verificación. Es importante definir estos conceptos:

Mantenimiento: Se realiza a todos los equipos o instrumentos y consiste en un conjunto de

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -**

**Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

operaciones que, de una forma periódica, se realizan a los equipos analíticos encaminados a conseguir una larga vida en perfecto estado de funcionamiento.

Verificación: Se realiza en todos los equipos y es el conjunto de operaciones periódicas que se realizan a un equipo de medida para asegurar que conserva su calibración y especificaciones de funcionamiento. No se hacen correcciones sobre los equipos.

### **Método de la calibración**

Cada vez que se calibra un instrumento se calcula su incertidumbre, que debe ser menor o igual que el límite de error probable. Para decidir la periodicidad inicial de las frecuencias de calibración se debe tener en cuenta:

- Recomendaciones del fabricante
- Frecuencia de utilización
- Condiciones ambientales
- Condiciones de utilización
- Exactitud de la medida buscada

### **Incertidumbre**

Como se había mencionado, es un parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que pueden atribuirse al valor real. No se puede asociar la incertidumbre con error porque la incertidumbre no es una equivocación que cometemos en nuestras mediciones, es más bien lo contrario, es ser capaces de estimar el margen de variabilidad que tienen dichas mediciones, con lo cual supone un mayor conocimiento sobre aquello que medimos y sobre las herramientas de medida que hemos utilizado.

El resultado analítico se representa de la siguiente manera:  $m \pm n$ , donde  $m$  es la mejor estimación de aquello que se mide y  $n$  representa la incertidumbre que afecta al resultado o su nivel de variabilidad. Las normas ISO definen la incertidumbre como el intervalo dentro del cual se espera encontrar el valor real de aquello que se mide.

Dentro de un proceso analítico la incertidumbre se tiene en cuenta en herramientas metrológicas, en equipos de medida y en etapas del proceso, es decir, en el muestreo, preparación de la muestra, materiales de referencia, calibración instrumental, análisis, tratamiento de los datos, presentación de los resultados e interpretación de los resultados.

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Medidas estadísticas de tendencia central

### Promedio o media aritmética

Se considera que es un número artificial creado para representar un conjunto de números. Se define en términos de cálculo como la suma de todos los valores numéricos que se tienen (ya sea de la población o de una muestra de la población) dividida entre el número de valores para obtener un número que pueda representar de la mejor manera a todos los valores del conjunto.

La media aritmética, o promedio (llamada media) de  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  está dada por:

$$x_p = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n}$$

donde:

$x_p$  = promedio o media aritmética

$x$  = cada uno de los datos

$n$  = número total de datos

### Promedio ponderado

Es una forma de obtener promedios pero dando más importancia a algunos valores que normalmente son más representativos de la población debido principalmente a sus mayores frecuencias de aparición en los datos con respecto a otros. La fórmula general sería:

$$P_p = \frac{(P_1 * N_1 + P_2 * N_2 + P_3 * N_3 + \dots + P_n * N_n)}{(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}$$

donde:

$P_p$  = promedio ponderado

$P_n$  = el valor del dato  $n$

$N$  = el número de veces que se repite el dato  $P_n$

Ejemplo: Se tienen valores del producto interno bruto por habitante de tres países diferentes. Los promedios ponderado y general de los 3 países son los siguientes:

País	Producto interno bruto Per cápita	Población (millones)
Jamaica	8032	5
Puerto Rico	9560	4
Malasia	2136	60

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cálculo del promedio ponderado:

$$P_p = \frac{(8032*5 + 9560*4 + 2136*60)}{(5+4+60)} = \frac{206560}{69} = 2993,62$$

69

Cálculo del promedio

$$X_p = \frac{8032 + 9560 + 2136}{3} = \frac{19728}{3} = 6576$$

Se logra observar que el promedio ponderado da como resultado un valor más ajustado o representativo de la realidad con respecto a los datos.

### La varianza y la desviación estándar

La desviación típica o desviación estándar (S) es una medida de centralización o dispersión de los datos o mide cuánto se separan los datos. Se define como la raíz cuadrada de la varianza ( $S^2$ ).

La varianza representa la media aritmética de las desviaciones con respecto a la media que son elevadas al cuadrado.

Si atendemos a la colección completa de datos (la población en su totalidad) obtenemos la varianza poblacional; y si por el contrario prestamos atención sólo a una muestra de la población, obtenemos en su lugar la varianza muestral. Las expresiones de estas medidas son las que aparecen a continuación.

Expresión de la varianza muestral:

$$s^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n-1)} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}$$

$$S = (S^2)^{1/2}$$

donde:

$S^2$  = varianza

S = desviación estándar

$X_{1,2,\dots,n}$  = cada uno de los datos

$\bar{X}$  = promedio de todos los datos  $X_1 \dots X_n$

Calculando la desviación estándar del promedio

$$S^2_{xp} = \frac{(8032-6576)^2 + (9560-6576)^2 + (2136-6576)^2}{3-1} = \frac{2119936 + 8904256 + 19713600}{2} = \frac{30737792}{2} = 15368896$$

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

$$S_{xp} = (15368896)^{(1/2)} = 3920,3$$

Calculando la desviación estándar del promedio ponderado

$$S_{pp}^2 = \frac{(8032-2993,62)^2+(9560-2993,62)^2+(2136-2993,62)^2}{3 - 1}$$

$$S_{pp}^2 = = \frac{25385273+43117346+735512}{2} = \frac{69238131}{2} = 34619065$$

$$S_{pp} = (34619065)^{(1/2)} = 5884$$

Se logra observar que la desviación estándar del promedio ponderado es mucho mayor que la desviación estándar del promedio general lo cual refleja que los datos tienen un comportamiento de mayor dispersión de lo que realmente se podría pensar en el caso de utilizar la desviación estándar del promedio general.

### **Coefficiente de variación**

El coeficiente de variación se define como el cociente entre la desviación estandar y el valor absoluto de la media aritmética

$$CV = \frac{s}{|\bar{x}|}$$

Calculando el coeficiente de variación del promedio general tenemos:

$$CV = \frac{S_{xp}}{X_{xp}}$$

$$CV = \frac{3920,3}{6576} = 0,6 \text{ es del } 60\% \text{ la variación de los datos respecto al promedio}$$

Calculando el coeficiente de variación del promedio ponderado tenemos:

$$CV = \frac{S_{pp}}{X_{pp}}$$

**CC BY-NC-ND 4.0**

$CV = \frac{5884}{2993,62} = 1,97$  es de alrededor del 197% la variación de los datos respecto al promedio ponderado lo cual refleja una mucho mayor variación en los datos que por el otro procedimiento la variación queda no mostrada o escondida.

CV representa el número de veces que la desviación típica contiene a la media aritmética y por lo tanto cuanto mayor es CV mayor es la dispersión. Se logra observar que los datos son muy variables y que utilizando el promedio ponderado se refleja mejor la variación de los datos.

## Moda

La moda es el valor que tiene mayor frecuencia absoluta. Se representa por Mo. Se puede hallar la moda para variables cualitativas y cuantitativas.

Hallar la moda de la distribución:

2, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 5; Mo= 4

Si en un grupo hay dos o varias puntuaciones con la misma frecuencia y esa frecuencia es la máxima, la distribución es bimodal o multimodal, es decir, tiene varias modas.

1, 1, 1, 4, 4, 5, 5, 5, 7, 8, 9, 9, 9; Mo= 1, 5, 9

Cuando todas las puntuaciones de un grupo tienen la misma frecuencia, no hay moda.

2, 2, 3, 3, 6, 6, 9, 9

Si dos puntuaciones adyacentes tienen la frecuencia máxima, la moda es el promedio de las dos puntuaciones adyacentes.

0, 1, 3, 3, 5, 5, 7, 8; Mo = 4

Cálculo de la moda para datos agrupados donde todos los intervalos tienen la misma amplitud

$$Mo = Li + \frac{f_i - f_{i-1}}{(f_i - f_{i-1}) + (f_i - f_{i+1})} * a_i$$

Li: límite inferior de la clase modal

$f_i$ : frecuencia absoluta de la clase modal

$f_{i-1}$ : frecuencia absoluta inmediatamente inferior a la en clase modal

## **CC BY-NC-ND 4.0**

$f_{i+1}$ : frecuencia absoluta inmediatamente posterior a la clase modal

$a_i$ : amplitud de la clase

Ejemplo de la moda para datos agrupados:

Ordenamos los datos en sentido creciente.

9, 10, 13, 13, 14,14, 15, 15, 16, 16, 17, 17, 17, 17, 18,18, 19, 19, 19, 19, 20, 20, 20, 20, 22, 22, 23, 23, 23, 24, 24, 24, 24, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31.

Los agrupamos en cinco clases y completamos las columnas necesarias para el cálculo

Clase	$f_i$
9 – 13	4
14 – 18	12
19 – 23	13
24 – 28	9
29 – 33	2
Total =	40

$$Mo = 19 + \frac{(13 - 12)}{(13 - 12) + (13 - 9)} * 4$$

$$Mo = 19 + \frac{1}{1 + 4} * 4$$

$$Mo = 19,8$$

## Razones y proporciones

Se llama razón entre dos números “a” y “b” (con  $b \neq 0$ ) al cociente de la división de “a” entre “b”

$$\frac{a}{b} \rightarrow a : b$$

Decir que hay 1 tensiómetro por cada 20 estudiantes equivale a decir que existen 3 tensiómetros por cada 60 estudiantes o también de 5 a 100. A la igualdad de dos razones se llama proporción:

$$\frac{1}{20} = \frac{3}{60}$$

### **CC BY-NC-ND 4.0**

donde genéricamente

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad a : b :: c : d$$

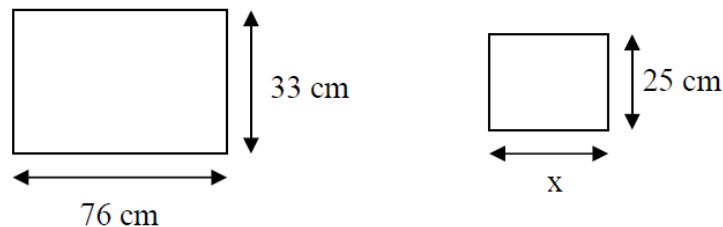
Se lee “a” es a “b” como “c” es a “d”. “a” y “d” se llaman extremos de la proporción y “b” y “c” se llaman medios de la proporción. A esta proporcionalidad se le llama directa (comúnmente llamada regla de 3) donde si una magnitud aumenta, la otra también aumenta obteniendo que el cociente permanece constante:

$$\text{“x” y “y” está en proporcionalidad directa si } \frac{x}{y} = k$$

En toda proporción el producto de los extremos es igual al producto de los medios.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad a : b :: c : d \rightarrow a * d = b * c$$

Ejemplo: Un rectángulo mide de ancho 33 cm y de largo 76 cm. Qué medida debe tener el largo de otro rectángulo de ancho 25 cm



Se puede plantear de las siguientes maneras:

$$\frac{x \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = \frac{76 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} \rightarrow x = \frac{76 \text{ cm} * 25 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} = 57,57 \text{ cm}$$

$$\frac{33 \text{ cm}}{76 \text{ cm}} = \frac{25 \text{ cm}}{x \text{ cm}} \rightarrow x = \frac{25 \text{ cm} * 76 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} = 57,57 \text{ cm}$$

$$\frac{25 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} = \frac{x \text{ cm}}{76 \text{ cm}} \rightarrow x = \frac{76 \text{ cm} * 25 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} = 57,57 \text{ cm}$$

La proporcionalidad inversa se presenta cuando la magnitud de una variable aumenta pero la otra variable disminuye. Dos variables están en proporcionalidad inversas si su producto permanece constante. Las variables “x” y “y” está en proporcionalidad directa si  $x * y = k$

**CC BY-NC-ND 4.0**

Suponemos que varios vehículos recorren una distancia de 120 km y que cada vehículo viaja a una velocidad constante y se presentan las siguientes situaciones:

Velocidad	Tiempo
Km/h	h
30	4,0
40	3,0
80	1,5
100	1,2

Las magnitudes de velocidad y tiempo no están en una relación de proporcionalidad directa; por el contrario al aumentar los valores de una, disminuyen los de la otra y viceversa. Si se observa que se mantienen constante es el producto entre pares de valores correspondientes:

$$\begin{aligned}30 * 4 &= 120 \\40 * 3 &= 120 \\80 * 1,5 &= 120 \\100 * 1,2 &= 120\end{aligned}$$

Otro ejemplo podemos citar que la relación entre el número de obreros y la construcción de un canal ya que si trabajan más obreros, entonces se demoran menos tiempo en terminar el trabajo.

Ejemplo:

15 obreros demoran 8 días en construir un canal, cuántos días demorarían 24 obreros. Como el producto entre las variables es constante entonces tenemos:

$$15 * 8 = 24 * x$$

$$x = \frac{15 * 8}{24}$$

$$x = 5 \text{ días}$$

Proporcionalidad compuesta es aquella que permite relacionar mediante proporcionalidad directa y/o proporcionalidad inversa. Para resolver ejercicios de este tipo primero se debe de dilucidar qué proporcionalidad existe entre cada par de variables. Después, se debe determinar la constante de proporcionalidad que nos permitirá determinar si son proporcionales o inversamente proporcionales.

Como ejemplo: Se necesitan 20 obreros para pavimentar 2 km de camino en 5 días. ¿Cuántos obreros pavimentarán 5 km en 10 días?

Obreros	Distancia	Días
20	2	5
x	5	10

**CC BY-NC-ND 4.0**

Primero se determina qué tipo de proporcionalidad existe en las variables de obreros y longitud del camino:

obreros : O - longitud del camino: L

Estas dos variables O y L están en proporcionalidad directa ya que entre más obreros, más km de camino se pavimentan, por lo que

$$\frac{O}{L} = \text{constante}$$

Las variables obrero (O) y tiempo (T) están en proporcionalidad inversa respecto a la cantidad de km por pavimentar ya que entre más obreros, menos tiempo se demoran en pavimentar el camino, por lo que:

$$O * T = \text{constante}$$

De estas dos relaciones proporcionales establecidas la podemos hacer en una cómo podemos ver a continuación:

$$\frac{O * T}{L} = \text{constante}$$

Se aplica esta constante de proporcionalidad a los datos, tenemos:

$$\frac{O * T}{L} \rightarrow \frac{20 * 5}{2} = \frac{X * 10}{5}$$

$$X = \frac{20 * 5 * 5}{2 * 10}$$

$$X = 25 \text{ obreros}$$

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Conceptos fundamentales

Adaptabilidad del suelo: la aptitud de un tipo dado de suelo para una clase específica de uso del mismo.

Calicata: excavación de 1,50 m de largo, 1,0 m de ancho y 1,5 m de profundidad, en la cual se describe el suelo, sus capas u horizontes y se toman diversas muestras para su análisis en laboratorio, para conocer sus características y clasificarlo bajo un sistema taxonómico.

Carbono orgánico: se presenta en suelos originados de materiales orgánicos e inorgánicos; la mayor parte se encuentra en la materia orgánica y en los minerales carbonatados. El carbono orgánico interacciona con las arcillas del suelo mejorando la actividad biológica, la estructuración, la aireación, la infiltración, la penetración radicular y la resistencia a la erosión.

Conductividad eléctrica específica: la conductividad eléctrica de un extracto de suelo saturado, normalmente expresada en milimhos por centímetro.

Conductividad hidráulica: el factor de proporcionalidad en la ley de Darcy aplicado al flujo viscoso del agua en el suelo saturado, esto es, el flujo de agua por unidad de gradiente de potencial hidráulico.

Consistencia:

La resistencia de un material a la deformación o ruptura.

El grado de cohesión o adhesión de la masa de suelo

Acidez por iones hidrógeno: medida de la actividad de los iones hidrógeno en un suelo húmedo, se expresa como valores reducidos de pH.

Análisis del suelo: prueba física, química o microbiológica que estima alguna de las fracciones que constituyen al suelo.

Anión: ion con carga eléctrica negativa, resultado de la ganancia de electrones en su estructura.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): es la suma de cationes intercambiables adsorbidos por un suelo, expresados en miliequivalentes por cada 100 g de suelo ( $\text{meq}/100\text{g}_{\text{suelo}}$  o  $\text{meq}/\text{ml}_{\text{suelo}}$ ) secado al horno y actualmente en  $\text{cmol}(+)/\text{kg}$  o en  $\text{cmol}(+)/\text{L}$ .

Capacidad de intercambio aniónico (CIA): es la suma de aniones intercambiables adsorbidos por un suelo, expresados en miliequivalentes por cada 100 g de suelo ( $\text{meq}/100\text{g}_{\text{suelo}}$  o

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarriavae@gmail.com](mailto:chavarriavae@gmail.com)

meq/ml<sub>suelo</sub>) secado al horno y actualmente en cmol(+)/kg o en cmol(+)/L.

Catión: ion cargado positivamente, debido a la pérdida de electrones. Los cationes más comunes del suelo son: calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, hidrógeno, aluminio, hierro, y manganeso.

Clasificación taxonómica de suelos: agrupación sistemática de los suelos dentro de un grupo o una categoría teniendo como base sus características.

Clasificación interpretativa de suelos: agrupación de suelos previamente cartografiados con un propósito específico.

Conductividad eléctrica: propiedad de un material que le permite conducir el flujo de la electricidad.

Densidad aparente: masa por unidad de volumen de un suelo que se ha secado a un peso constante a 105°C. Comúnmente se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm<sup>3</sup>).

Estudio de suelos: se refiere al estudio de los suelos de una región o área determinada a nivel general, semidetallado o detallado, que examina sistemáticamente los suelos en el campo y laboratorio para clasificarlos de acuerdo a un sistema taxonómico definido, cartografiar las diferentes clases de suelos e interpretar el uso y manejo de acuerdo con su comportamiento.

Erosión de suelos: es el proceso de remoción, transporte y depósito de sedimentos o partículas de suelo, inducido por agentes erosivos como la escorrentía superficial, el viento y la labranza.

Extracto de saturación: la solución del suelo obtenida cuando el suelo se encuentra en su punto de saturación con agua.

Extracto de suelo: la solución del suelo separada del mismo por filtración, centrifugación, succión o presión.

Fertilidad: la cualidad que permite a un suelo proporcionar los compuestos apropiados, en las cantidades debidas y en el balance adecuado para el crecimiento de plantas específicas cuando otros factores, tales como la luz, temperatura y condiciones físicas del suelo, son favorables.

Horizonte (Figura 8): capa aproximadamente paralela a la superficie del suelo diferenciable de otras capas adyacentes por propiedades o características propias de cada capa. Estas propiedades o características distintivas son producto de los procesos físicos, químicos y

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

biológicos, de formación del suelo.

Horizonte diagnóstico de suelo: horizontes conceptualizados a partir de un conjunto de parámetros cuantitativos de las propiedades del suelo, con utilidad básica en la Clasificación de Suelos.

Mapa de suelo: es la forma de representar la distribución de los suelos en un área determinada; consta de polígonos con un límite preciso, cada uno etiquetado con un nombre y descrito posteriormente en la leyenda explicativa, así como los puntos que muestran los sitios de muestreo en el terreno para cada suelo identificado.

Micronutrimiento: elementos que son esenciales para el desarrollo de la planta pero que se requieren sólo en cantidades usualmente menores a 50 mg/kg o ppm (partes por millón) de tejido; tales como hierro, cobre, zinc, manganeso, molibdeno, cloro, boro, cobalto y níquel.

Muestra simple (submuestra): la muestra colectada en un tiempo y en un lugar particular es llamada muestra simple. Esta representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectada.

Muestra compuesta: es aquella constituida por un conjunto de muestras simples (submuestras), convenientemente mezcladas, las cuales son llevadas al laboratorio para su correspondiente análisis, siendo el resultado un valor analítico medio de la propiedad o compuesto analizado. El

número de submuestras depende de la variabilidad del suelo en estudio, y tiene la ventaja de permitir un muestreo mayor sin aumentar el número de muestras a analizar.

Muestra a profundidad: es la muestra obtenida de los horizontes de suelo o capas del suelo en donde se ubica.

Muestreo: procedimiento para obtener una o más muestras representativas de un terreno.

Nutrimientos intercambiables: conjunto de iones que están absorbidos sobre la superficie de las arcillas mediante un mecanismo de atracción electrostática.

Pasta de saturación: mezcla particular entre suelo y agua donde la pasta tiene la propiedad de reflejar la luz, la mezcla fluye y que tiende a unirse cuando es cortada con una espátula.

Perfil: es una exposición vertical de la porción superficial de la corteza terrestre.

Pedón (Figura 8): representa el cuerpo de menor tamaño de un mismo suelo, el cual es lo suficientemente grande como para mostrar la naturaleza, el arreglo de los horizontes y su

**CC BY-NC-ND 4.0**

variabilidad además de otras propiedades morfológicas. En profundidad se extiende hasta la roca parental o hasta 2 m, lo que sea más superficial. En la superficie tiene entre 1 y 10 m<sup>2</sup> dependiendo de la variabilidad del suelo.

Polipedón (Figura 8): corresponde a una unidad de clasificación, un cuerpo suelo, que es homogéneo al nivel de una Serie de suelos y la suficientemente grande como para exhibir todas las características consideradas en la descripción y clasificación de los suelos.

Perfil de suelo: corte vertical de un suelo que exhibe todos los horizontes genéticos que lo integran y parte del material subyacente relativamente inalterado.

pH: logaritmo negativo de la actividad de los iones de hidrógeno en el suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo, expresado en términos de la escala de pH, de 0 a 14.

Plan de muestreo: documento que contiene la información y programación relacionada con cada una de las actividades que conforman el muestreo, el cual señala los criterios para la toma de muestras, de acuerdo a los objetivos del mismo.

Porcentaje de saturación de bases: proporción de la superficie absorbente de un suelo que es saturada con cationes intercambiables diferentes al hidrógeno y al aluminio. Se expresa como un porcentaje de la capacidad total de intercambio catiónico.

Porcentaje de sodio intercambiable: porcentaje de sodio absorbido sobre la superficie de las arcillas en proporción a la concentración de los cationes intercambiables.

Reacción del suelo: grado de acidez o alcalinidad de un suelo, expresada en términos del valor de pH.

Salinidad: concentración de sales en el perfil del suelo que puede afectar el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Semi-calicata: observaciones de identificación o detalladas que se realizan para establecer las características necesarias, conocer y clasificar el suelo y para establecer los límites de variación de las unidades taxonómicas al nivel categórico seleccionado. Son excavaciones rectangulares, cuadradas de 40 a 50 cm de lado o 50 cm de diámetro y con profundidad suficiente para estudiar hasta el horizonte B, si existe, o para describir los primeros 40 ó 50 cm de perfil; se complementa hasta 120 cm o más mediante un barreno.

Solución del suelo: el agua del suelo que contienen los iones en solución.

Suelo: colección de cuerpos naturales formados por sólidos (minerales y orgánicos), líquidos

**CC BY-NC-ND 4.0**

y gases, sobre la superficie de los terrenos. Presenta, ya sea, horizontes o capas, que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones, y transformaciones de energía y materia; o por la habilidad de soportar raíces de plantas en un ambiente natural.

Suelos ácidos: un suelo ácido es aquel que tiene una concentración de iones  $H^+$  mayor de  $10^{-7}$ . Sin embargo, la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas, por su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes y concentración de sustancias tóxicas, solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5.5.

Suelo enterrado: si existe un manto superior de nuevo material que tiene un espesor de 50 cm o más.

Solum (Figura 8): conjunto de horizontes relacionados a través del mismo ciclo de procesos pedogénicos (procesos de formación y desarrollo del suelo). Se consideran como parte del Solum los horizontes A, E, B y sus horizontes transicionales y algunos horizontes O. Solum y suelo no son sinónimos. Algunos suelos incluyen capas que no están afectadas por procesos de formación de suelos.

Sequum: horizonte B en conjunto con cualquier horizonte aluvial superior. Un sequum se considera como el producto de una combinación específica de procesos de formación de suelos.

Suelo calcáreo: suelo que contiene suficiente carbonato de calcio como para que haga efervescencia cuando se trata con ácido clorhídrico al 10% o que contiene más de 2% de carbonato de calcio.

Suelo fértil: es un suelo con propiedades químicas, físicas o biológicas en las proporciones óptimas o ligeramente arriba o debajo de los contenidos más adecuados.

Suelos minerales: suelos desarrollados a partir de materiales de rocas minerales los cuales tienen bajos contenidos de materia orgánica.

Suelos genéricos: denominación de los suelos que por su aptitud o uso actual se denominan como forestales, cafetaleros, bananeros, agrícolas y otros.

Suelo orgánico: suelo turbosos con más del 20% de carbono orgánico o más de un 35 % de materia orgánica en todo el perfil de suelo.

Suelo productivo: suelo en el cual las condiciones físicas, químicas y biológicas le favorecen para la producción potencial de los cultivos adecuados a una región en particular.

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -**

**Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarriavae@gmail.com](mailto:chavarriavae@gmail.com)**

**Suelo salino:** suelo que contiene suficientes sales solubles como para reducir el crecimiento de las plantas, con conductividad eléctrica (CE) en la pasta de saturación igual o mayor a 4 dS / m.

**Suelo salino sódico:** suelo que contiene suficiente sodio intercambiable para interferir con el crecimiento de la mayoría de los cultivos y que contiene cantidades apreciables de sales solubles. El porcentaje de sodio intercambiable (PSI = %SI) es mayor de 15, la conductividad del extracto de saturación mayor de 4 dS/m.

**Suelo sódico:** suelo en el cual el porcentaje de sodio intercambiable es de 15 o más, o el que contiene el sodio suficiente como para afectar adversamente las propiedades físicas y la permeabilidad.

**Textura del suelo:** la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla. Las cuales al combinarse generan las clases texturales.

**Tierra:** es una porción de la corteza terrestre que involucra el suelo, el subsuelo, los organismos y la atmosfera cercana, así como los procesos naturales e inducidos y los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes que tienen un efecto en el comportamiento de la misma

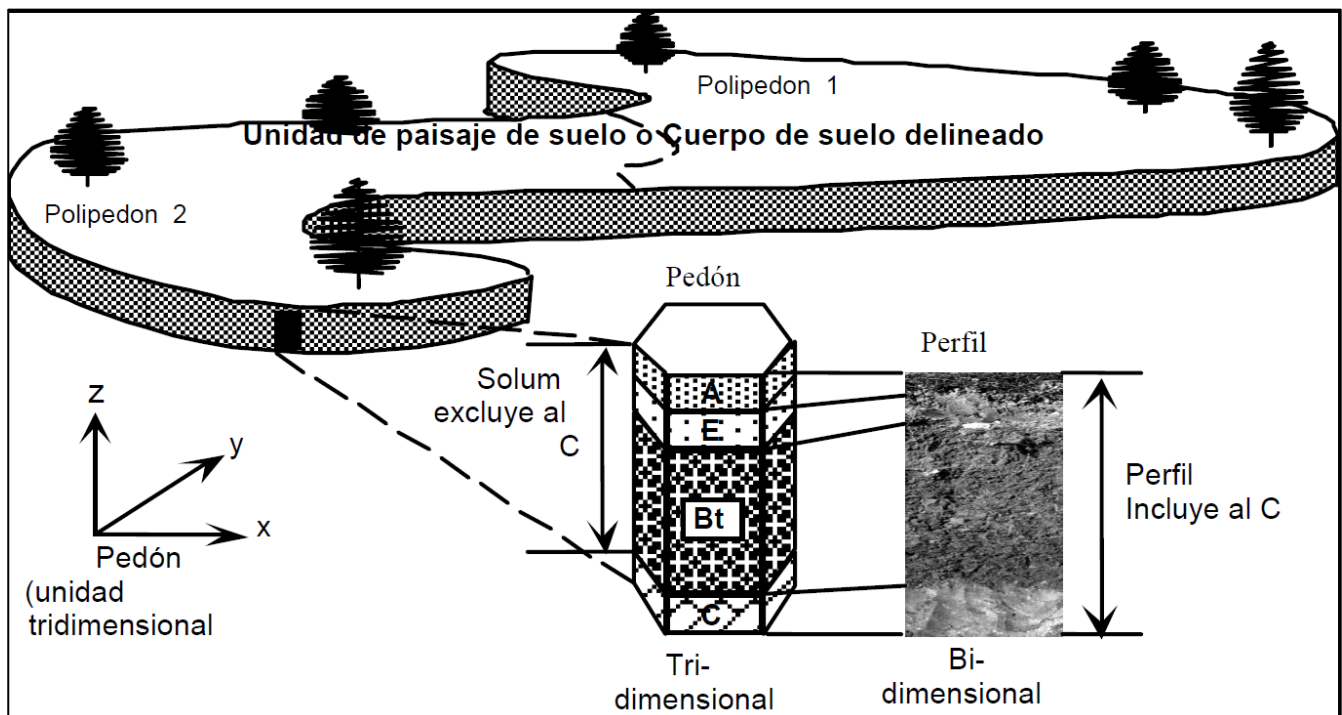


Figura 8: Representación de perfil, pedón, polipedón y Solum del suelo  
Tomado de: (Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Ingeniería en Suelos., 2004)

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Muestreo de suelos en el campo

### Objetivo

1. Identificar las variaciones originadas por topografía, profundidad, posición y tipo de cultivo que tienen influencia en la toma de muestras de suelo.
2. Aplicar métodos para el muestreo de suelos.

### Introducción

Cuando se envían muestras de suelo a un laboratorio se esperan diversos resultados analíticos para tomar decisiones respecto al manejo del suelo. Sin embargo, tales resultados del laboratorio son útiles y contribuyen a decisiones acertadas sólo si reflejan las condiciones que representan adecuadamente a la superficie de suelo que se quiere manejar.

El resultado de un análisis de suelos no sirve si ha sido realizado sobre una muestra que no es representativa del área que se quiere analizar.

Debido a la variabilidad de los suelos, es importante mencionar metodologías de toma de muestras que tengan validez general y los detalles acerca del modo de realizarlos.

El suelo experimenta variación no sólo con respecto al sitio elegido con respecto a otros, sino; dentro del mismo perfil del suelo con respecto a la profundidad que se tome la muestra dentro del perfil.

La muestra del suelo debe de ser referida a un volumen y no a un área (o superficie) del mismo porque el suelo tiene profundidad. Se debe recordar que al arar o cultivar el suelo se maneja un volumen de la misma que es el producto del área cultivada por la profundidad del surco. A pesar de esto, se encuentra que los resultados de los análisis químicos vienen muchas veces expresados en unidades como kilogramos de nitrógeno por hectárea (N kg/ha) y otros.

Para pasar estos resultados de área a peso es necesario tener en cuenta la densidad aparente del suelo, así como la profundidad a la que se está trabajando.

Densidad aparente de un suelo: (más adelante se tratará el tema con mayor profundidad) es la densidad del mismo incluyendo los espacios porosos, o sea, es la masa de suelo seco expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$  o  $\text{kg/litro}$  o  $\text{kg/m}^3$ ).

El análisis químico de suelos se debe realizar cada uno o dos años, con suficiente antelación para poder definir las medidas de manejo del cultivo. Se recomienda unos dos meses antes

**CC BY-NC-ND 4.0**

de la siembra o de cada fertilización.

En forrajes en producción, después de un período de pastoreo intensivo o después del corte. No se debe muestrear después de realizar una quema (en casos en que se practique), aplicar fertilizantes o encalar, ya que alteraría el resultado. En cultivos intensivos, la frecuencia debería ser anual. Se aconseja muestrear cuando el suelo tiene un contenido de humedad equivalente a capacidad de campo (un día después de lluvia o riego intenso) para poder mezclar las submuestras y obtener una muestra compuesta homogénea.

Conviene que las submuestras sean tomadas a una misma profundidad. En cultivos anuales de 0-20 cm; para forrajes, de 0-15 cm y en caso de frutales o forestales se proponen dos profundidades de muestreo, por la profundidad de sus raíces: de 0-20 cm y de 20-40 cm.

### **Fuente de variación que influye en el resultado de un análisis de suelos**

Las principales fuentes de variación para un suelo determinado son:

1. Error en la toma de muestras
2. Error analítico

La fuente principal de errores es debida a la toma de muestras, cuyo error se considera que es unas tres veces mayor que el analítico, aun cuando se tomen toda clase de precauciones en el campo para reducir este error.

Según lo anterior, siendo mayor la variación debida a la toma de muestras para obtener un valor analítico representativo del volumen de suelo en estudio deberán tomarse varias muestras del suelo que serán reunidas después formando una muestra compuesta.

Cuando las muestras del suelo se extraen se deben de identificar o rotular, que nos indique de donde fue extraída tanto de la finca como en la profundidad del perfil del suelo, para esto se puede utilizar un código alfabético, numérico o alfanumérico que mejor se adapte según conocimiento de las condiciones in situ del que está realizando el muestreo.

### **Muestra compuesta**

Una muestra compuesta ideal debe cumplir los siguientes requisitos:

Cada una de las muestras originarias deben de ser del mismo volumen y representar la misma sección transversal del volumen total. El volumen total seleccionado para hacer de él una muestra compuesta debe ser homogéneo para el objetivo que se persigue. Este requisito es importante y obliga a subdividir el campo en varias parcelas si se observa heterogeneidad en topografía, color, crecimiento de las plantas y otros (Fig. 9, 10 y 11). En este caso se toman

**CC BY-NC-ND 4.0**

muestras compuestas de cada una de las parcelas por separado y se analizan independientemente.

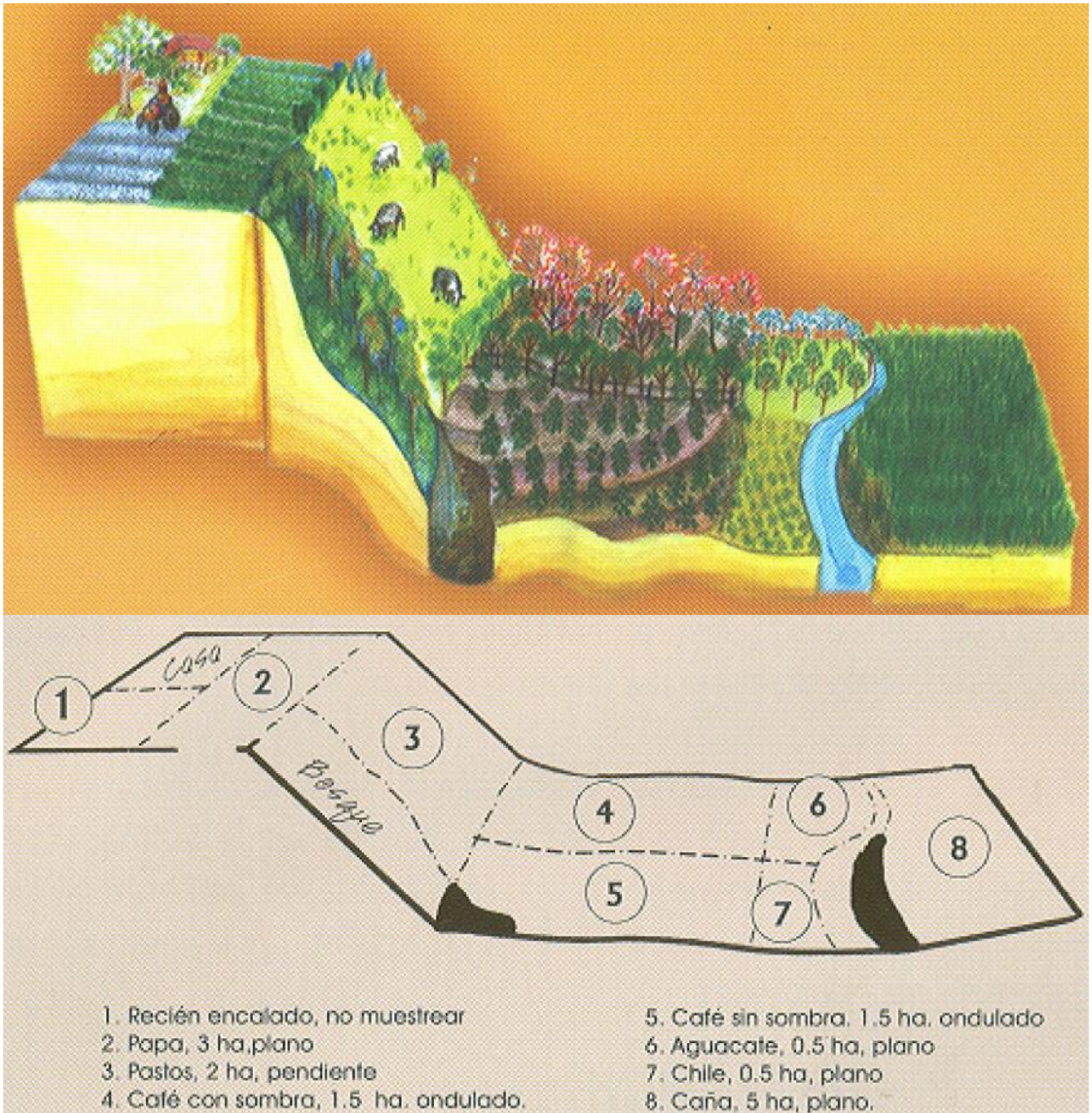


Figura 9: Croquis del terreno y propuesta del muestreo de suelos  
Tomado de: (Ramírez, 2005)

**CC BY-NC-ND 4.0**

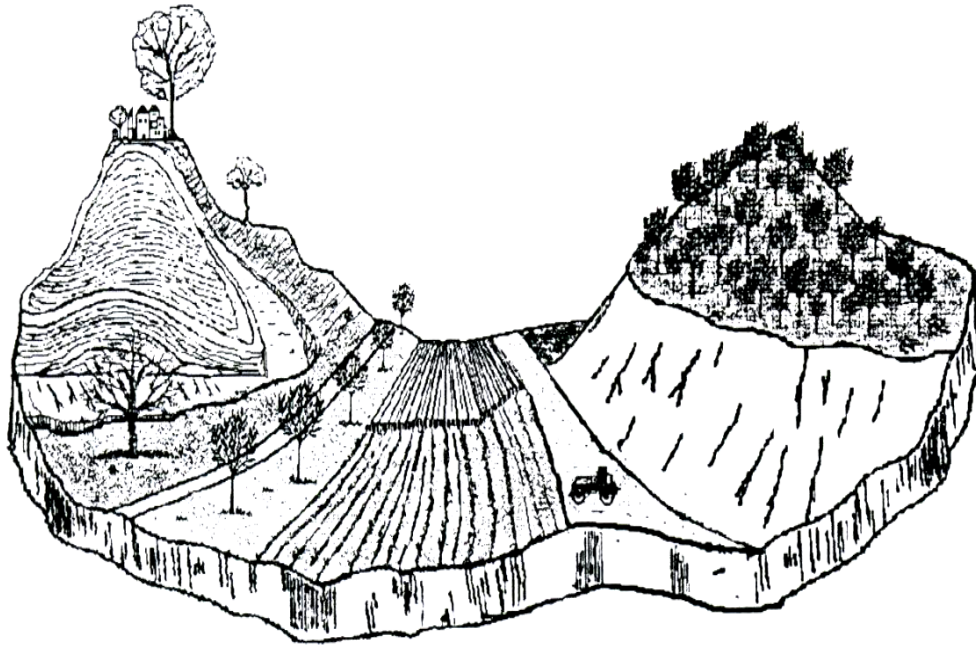


Figura 10: Croquis del terreno

Tomado de: (Chavarría, 2009)

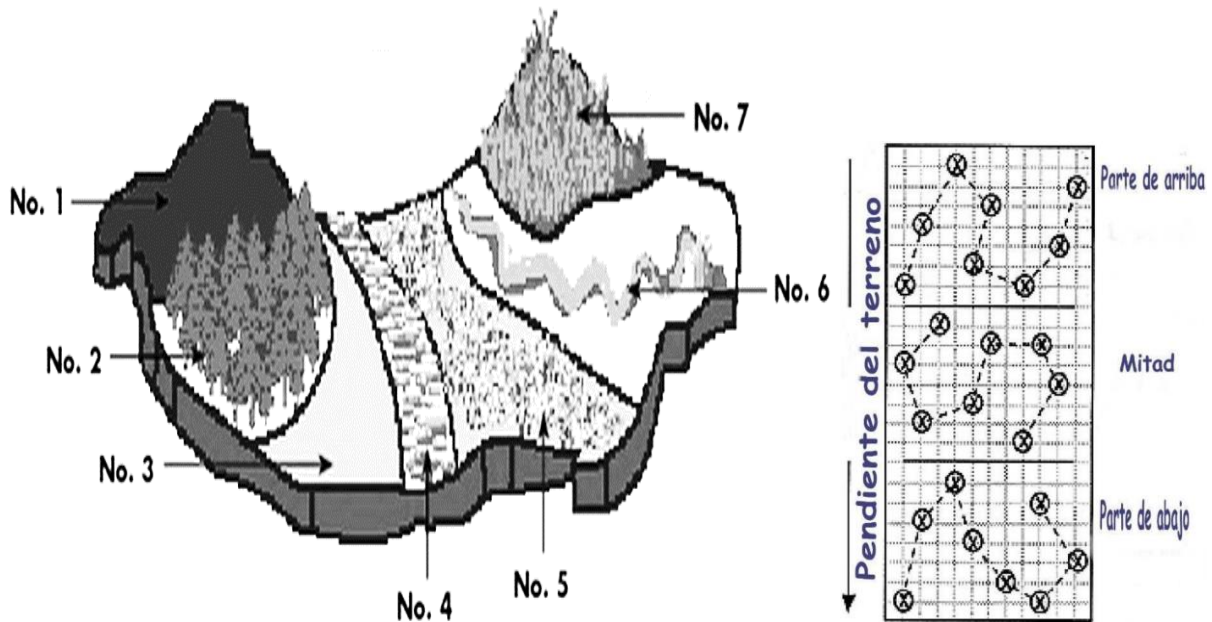


Figura 11: Subdivisión de la zona de estudio para muestreos

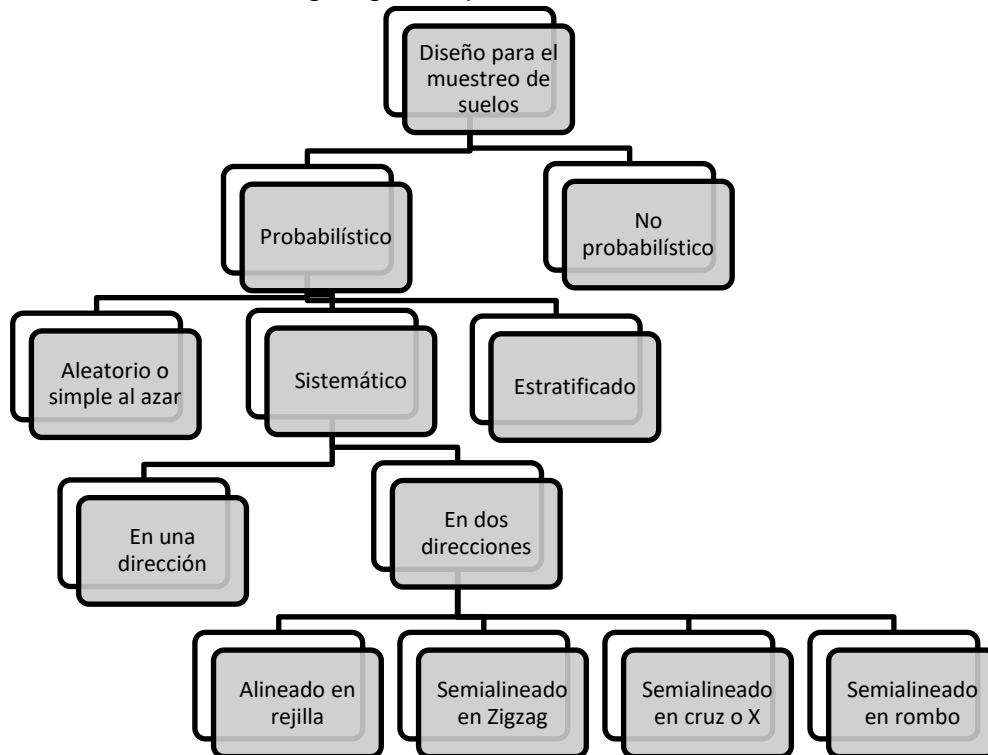
Tomado de: (Chavarría, 2009)

- La muestra debe ser tomada al azar con respecto al volumen en estudio y se puede escoger como se muestra en el siguiente organigrama (Cuadro 5):

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
 Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Cuadro 5 Organigrama para el diseño de muestras de suelo



Tomado de: (Chavarría, 2009)

Algunos sistemas probabilísticos se muestran en las figuras 12, 13, 14 y 15:

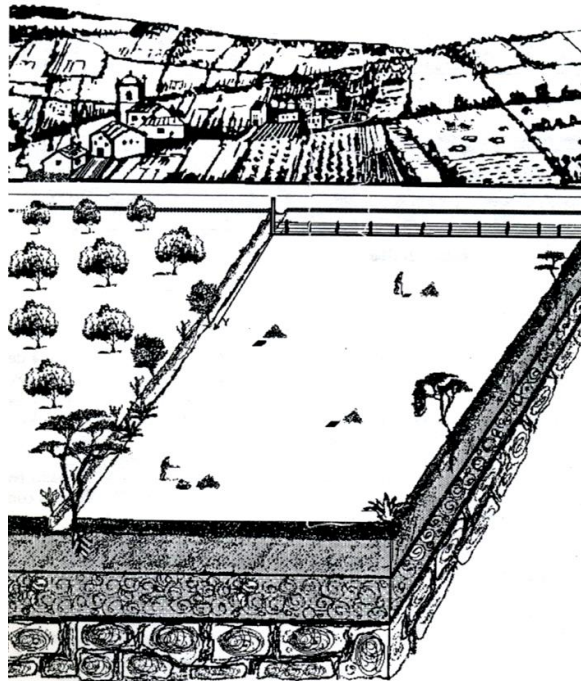


Figura 12: Diseño simple al azar

Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**

El diseño simple al azar o muestreo al azar: Es probablemente el más simple de todos. La selección de las muestras se deja completamente al azar y no hay relación con ninguna variación observada en el suelo. Es un método por el que cada muestra o propiedad de un suelo tiene la misma probabilidad de ser tomada y considerada. En un campo homogéneo es un método satisfactorio. Se utiliza para áreas homogéneas menores de cinco hectáreas y existen puntos de referencia fácilmente visibles.

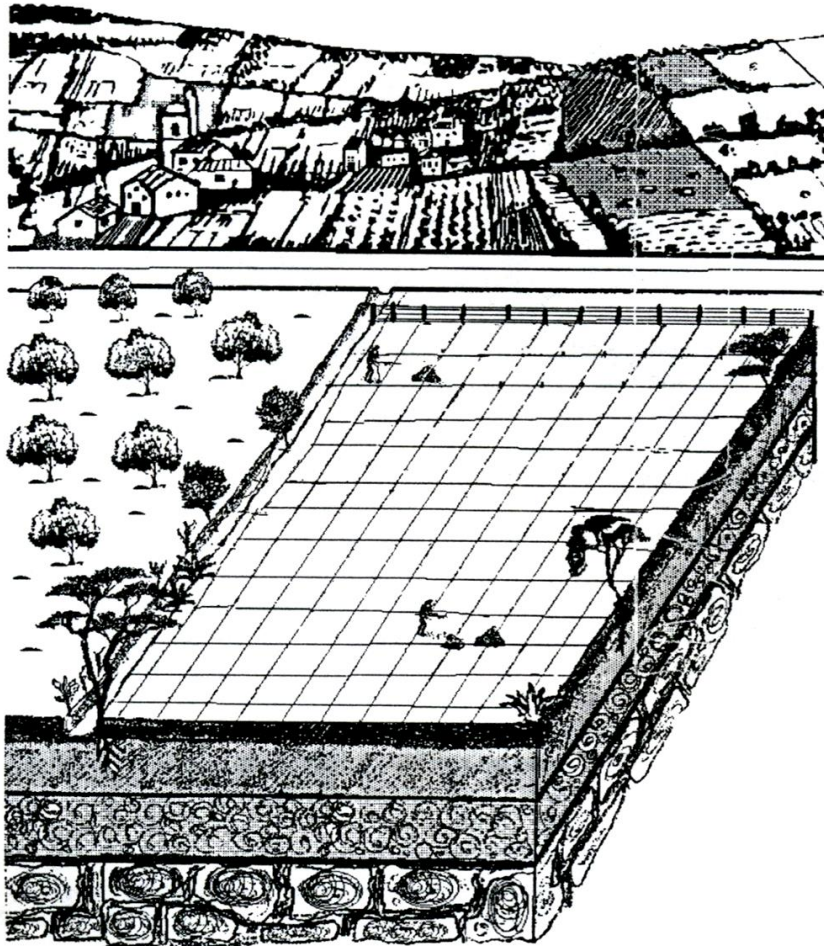


Figura 13: Diseño sistemático en rejilla

Tomado de: (Chavarría, 2009)

El diseño sistemático o muestreo sistemático: Como el propio nombre indica, el muestreo debe ser hecho sistemáticamente. Por ejemplo, a intervalos fijos o sólo en laderas y cimas de montes, o para una finca el suelo que está bajo cada árbol y otros. Este tipo de muestreo se puede combinar con el anterior al azar. Las posiciones de las tomas de muestras deben localizarse previamente en un mapa (tanto las sistemáticas, como las al azar) y se pueden elegir todas o sólo una de cada dos, por ejemplo.

También se pueden establecer cuadrículas y tomar la muestra en el centro de cada cuadrado,

**CC BY-NC-ND 4.0**

o alternativamente uno de cada dos, o en los vértices de cada cuadrado y otros. La malla depende del área a muestrear y de la exactitud y representatividad que se quiere conseguir.

Este muestreo sistemático da resultados más exactos que el muestreo al azar, porque las muestras se distribuyen más regularmente en toda la población. Sin embargo, si la población presenta una variación periódica (sistemática) de una propiedad, o si el intervalo entre muestras sucesivas coincide con el ritmo de variación, se obtendrán muestras sesgadas, por lo que antes de proceder a este tipo de muestreo se recomienda hacer un estudio preliminar para conocer la naturaleza y variabilidad del suelo.

Como ejemplo en muestreo sistemático en rejillas se utiliza en áreas homogéneas menores de 2 hectáreas.

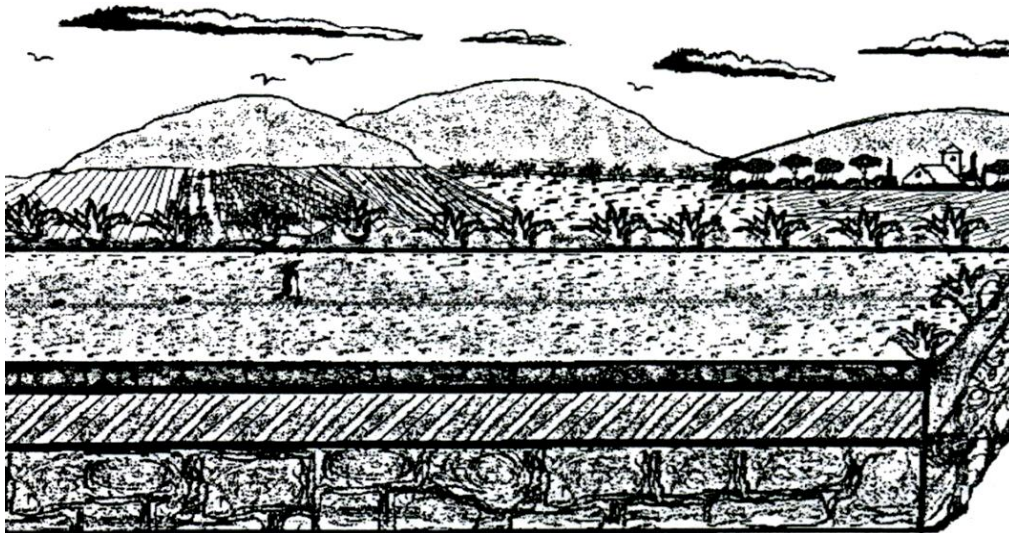


Figura 14: Diseño sistemático en una dirección  
Tomado de: (Chavarría, 2009)

El sistema de diseño sistemático se utiliza en áreas no surcadas, muy largas y homogéneas sin importar su extensión. También se pueden realizar los diseños sistemáticos en dos direcciones en zigzag, cruz o rombo; pudiendo ser semi-alineado irregular o semi-alineado regular.

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 15: Diseño semi alineado en zigzag regular e irregular  
Tomado de: (Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 2017)

Se debe tomar suficiente número de muestras originales el cual depende del tamaño de área a muestrear para que representen todo el volumen que se quiere analizar (por ejemplo de 10 a 30, usualmente unas 12 por cada muestra compuesta)

A continuación se describe la toma de muestras en perfiles de suelos (para construcción de mapas) y en campos de experimentación o en fincas (para recomendaciones de fertilidad de suelos).

El muestreo estratificado se emplea normalmente en áreas heterogéneas. Para ello, se divide el área en partes relativamente homogéneas, a las que se denomina “estratos” y en cada una de ellas se realiza un muestreo sistemático o al azar, tomando un número de muestras proporcional al área que representan respecto al total.

Muestreo compuesto: Se trata de mezclar las muestras tomadas en un área determinada para obtener una sola que presumiblemente representa al total. Tiene la ventaja de que permite un muestreo mayor sin aumentar el número de análisis. Este tipo de muestreo es válido si:

**CC BY-NC-ND 4.0**

- 1) el volumen de la muestra representa a una población homogénea,
- 2) en la muestra compuesta contribuyen por igual cada una de las muestras individuales,
- 3) no se han efectuado cambios durante la manipulación para obtener la muestra compuesta, que pudieran afectar a los resultados analíticos, y
- 4) el único objetivo es estimar unos valores medios sin ningún tipo de riesgos.

Este tipo de muestreo se realiza cuando la media es más importante que la variabilidad. El número de muestras para mezclar oscila entre 4 y 16 (máximo 25), y como regla general, el área representada por una muestra compuesta no debería ser superior a 25 ha (500 x 500 m). Este límite puede ser mayor (hasta 50 ha) si la zona a investigar es razonablemente homogénea, o sea si la zona puede considerarse como un todo.

### **Toma de muestras en perfiles de suelos**

El muestreo de perfiles de suelos debe realizarse con gran cuidado puesto que estas muestras pueden servir para clasificar el mismo.

En el caso de cultivos con especies arbóreas tiene también gran importancia este tipo de toma de muestras, puesto que las condiciones físicas y químicas del suelo presentan interés a profundidades mayores que en el caso de cultivos anuales por el mayor espacio radical que ocupan.

La profundidad para la toma de muestras y el tipo de muestras, sean estas disturbadas (muestra de suelo que no representa el suelo con sus condiciones de estructura) o indisturbadas (muestra de suelo que representa el suelo con sus condiciones de estructura) depende del estudio que se quiere realizar como pueden ser para fertilidad, para clasificación de suelo, para cimentaciones y otros.

Para el caso de muestras indisturbadas elegido los sitios adecuados al azar y localizado en el mapa si existe, o en su defecto decidido en el terreno a muestrear si no existe información, convenientemente se recoge la materia orgánica superficial sin descomponer por separado (unos 2 litros) y se determina el espesor aproximado de éste (horizonte O). Luego se confecciona una calicata (Figuras 16, 17 y 18) que consiste en abrir un hoyo de 1,0 m de ancho, 1,5 m de largo y 1,5 m de profundidad, de forma que la luz ilumine uniformemente al medio día la parte vertical de la misma que queda en frente de los escalones si es que se realiza con escalones.

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 16: Calicata profunda para diferentes estudios de los suelos  
Tomado de: (Agrositio, 2023)

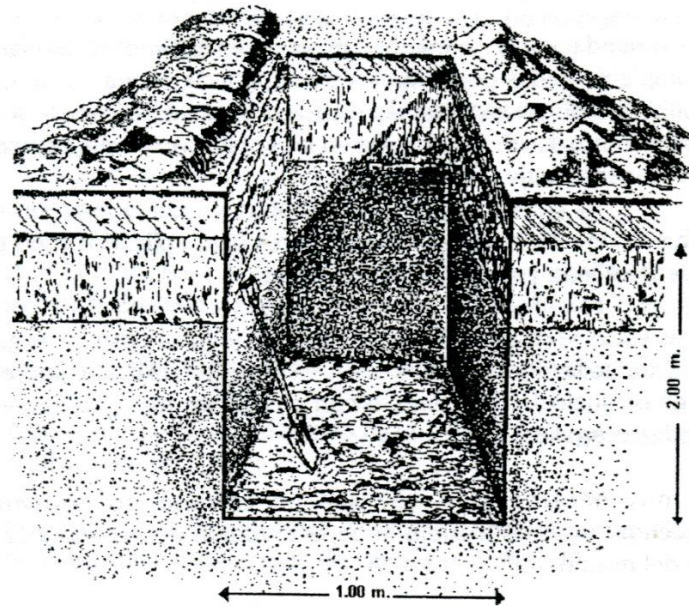


Figura 17: Calicata para descripción del perfil del suelo (0 - 2,0 m)  
Tomado de: (Chavarría, 2009)

Los pedregales de la misma dejarán expuesta la parte superior de cada horizonte y deberán describirse estos indicando su profundidad, color, textura, estructura, consistencia, morfología

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

y avenamiento (o drenaje).

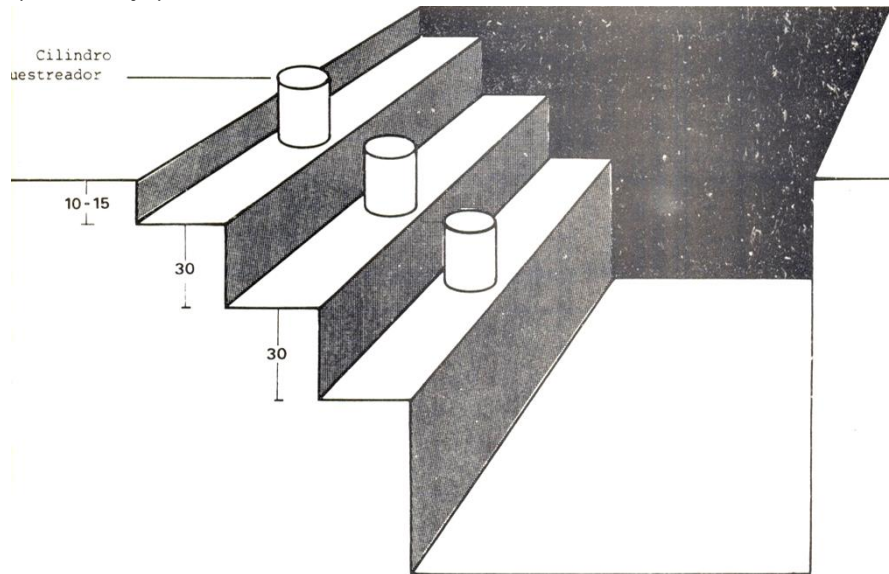


Figura 18: Calicata para toma de muestras indisturbadas y disturbadas  
Tomado de: (Chavarría, 2009)

**Profundidad de muestreo:** La profundidad de muestreo dependerá principalmente del objetivo del estudio y la profundidad donde se prevén cambios fuertes en la física, química, biología y combinaciones de las anteriores del suelo o en su defecto donde se prevén cambios fuertes en la temática del estudio. Los muestreos en profundidad se pueden hacer ya sea por horizontes o por profundidad. Si el muestreo es por horizontes, se recomienda previamente establecer los límites entre los horizontes a fin de considerar los cambios. Si el criterio es efectuar el muestreo por profundidades o capas fijas, se debe prestar atención en no incluir en una misma capa o profundidad de muestreo, cambios que incluyan dos o más horizontes.

Usualmente los muestreos con mayor detalle o donde se pretenden capturar mayor información de la dinámica en estudio en el suelo, se realiza mediante una combinación de ambos tipos de muestreos siendo estos por horizontes y por profundidades. Como ejemplo podemos citar que se quieren estudiar variaciones en los depósitos de materiales orgánicos hasta la profundidad de 50 cm (la profundidad es un criterio fijado en función de los objetivos del estudio) y se tiene un suelo con un primer horizonte "Ap" de los 0 – 32 cm (profundidad de laboreo), un segundo horizonte "Bw" de los 32 - 45 cm de profundidad y un tercer horizonte "Bw<sub>2</sub>" de los 45 – 62 cm, por lo cual se recomienda para realizar el muestreo, separar las siguientes capas dentro del horizonte "Ap": 0 – 5 cm (por mayor variación); 5 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm, dentro del horizonte Bw las siguientes capas: 33 – 38 cm y 39 – 44 cm; y dentro del horizonte "Bw<sub>2</sub>" la capa de los 46 – 50 cm o ligeramente mayor de 50 cm. Es bueno hacer notar que se llega hasta los 50 cm de profundidad porque el estudio según sus objetivos se definió previamente a esa profundidad, pero es recomendable continuar hasta la

**CC BY-NC-ND 4.0**

profundidad donde termina el horizonte “Bw<sub>2</sub>” para poder identificar la dinámica de las variaciones de los depósitos en los materiales orgánicos en dicho horizonte de manera completa; aunque se conoce que en los primeros 30 cm de la gran mayoría de suelos con horizontes que son labrados se dan las mayores concentraciones y dinámicas de los depósitos de materiales orgánicos así como las mayores respuestas y cambios de uso y gestión del suelo; a no ser de que se realicen prácticas de labranza profunda con incorporaciones de materia orgánica.

En la descripción del perfil del suelo se deberá de describir la vegetación, altitud, lluvia anual, temperatura y todos los datos que tienen valor en la descripción del mismo.

Realizada la excavación que deje al descubierto el perfil del suelo se tomarán las muestras indisturbadas necesarias previamente definidas y de muestras disturbadas de un litro o un kilogramo aproximadamente de los horizontes y dentro de los horizontes dependiendo de las necesidades del estudio que se esté realizando. Se puede tomar muestras de horizontes más profundos que la calicata usando un barreno en el fondo de la misma si se necesitara.

Los criterios de clasificación y la nomenclatura para cada una de las características que se presentan en el perfil del suelo vienen especificadas en los manuales para levantamiento de mapas de suelo de cada país o en su defecto se utiliza alguna norma internacional como puede ser la publicada en los Estados Unidos el “Soil Survey Manual” U.S. Department of Agriculture Handbook”.

La toma de muestras indisturbadas de cada horizonte se lleva a cabo con cilindros metálicos o plásticos, en los cuales, uno de los bordes están afilados del borde interno del cilindro hacia el borde externo del mismo con un ángulo aproximado de 20° de inclinación, que puede introducirse en el suelo usando un mazo y un bloque de madera como se muestra en las siguientes figuras 19, 20, 21 y 22.

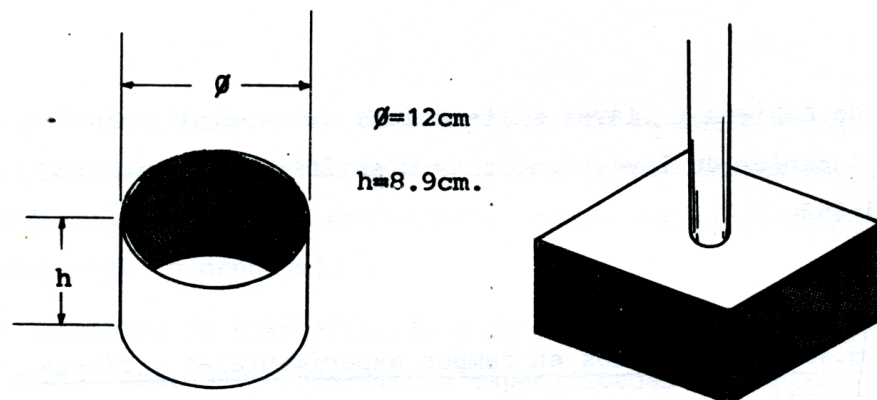


Figura 19: Cilindro metálico y mazo de madera en caso de no tener el equipo completo de muestreo de suelos para muestras indisturbadas

Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 20: Equipo completo de muestreo de suelos para muestras indisturbadas  
Tomado de: (Chavarría, 2009)



Figura 21: Muestra de suelo indisturbada recién extraída del suelo  
Tomado de: (Chavarría, 2009)



Figura 22: Muestra de suelo indisturbada recién extraída del suelo y preparada para llevar a laboratorio

Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Equipo para realizar muestreos disturbados de suelos (Fig. 15):

- Taladro para muestreo de suelo
- Barreno
- Pala recta
- Pico
- Pala curva
- Tubo o cilindro muestreador
- Cuchara de albañil
- Espátula
- Navaja
- Martillo de geólogo
- Bolsas de polietileno
- Cubetas
- Sacos
- Etiquetas adheribles
- Cinta adhesiva
- Cinta métrica
- Lápiz
- Lapicero
- Marcador permanente
- Ligas
- Libreta de anotaciones
- Tabla Munsell
- Altímetro
- Brújula
- Estacas

**CC BY-NC-ND 4.0**

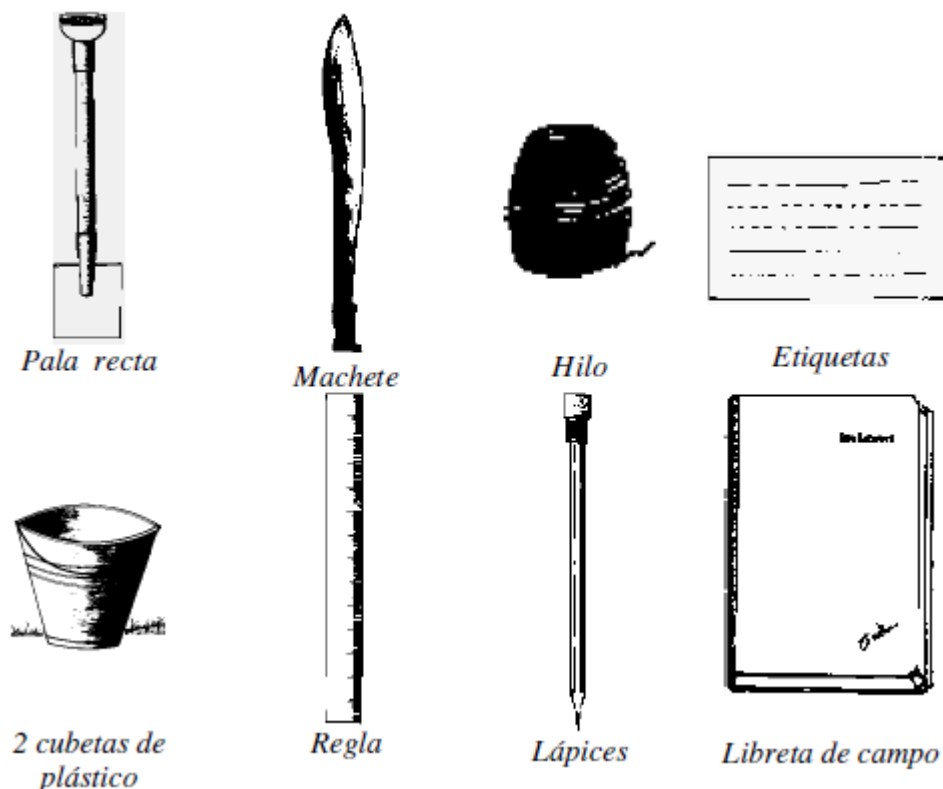


Figura 23: Instrumentos para el muestreo

Tomado de: (Colegio de postgraduados - Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, 2006)

## Método

- a- Se delimitan las zonas a muestrear dependiendo de: 1- topografía, 2- tipo de cultivo, 3- manejo de las áreas de la finca, 4- fertilizaciones previas y 5- otros (Figuras 8, 9, 10, 11 y 25).
- b- Se determina el número de muestras a tomar. Dependiendo del área, las sub-muestras que forman una muestra compuesta no debe ser menor de 6 ni mayor de 12.
- c- En cada punto de muestreo se elimina lo que se encuentra en la superficie hasta dejar el suelo desnudo y se extrae la muestra en porción uniforme a la profundidad establecida (como ejemplo: 0-23, 23-52) etc.

Al utilizar palín (Figuras 24 y 25), este debe ser plano, estrecho y de lados paralelos para obtener lonjas o láminas de tamaño uniforme de 1 o 2 cm de grosor y 15 o 20 cm de profundidad.

**CC BY-NC-ND 4.0**

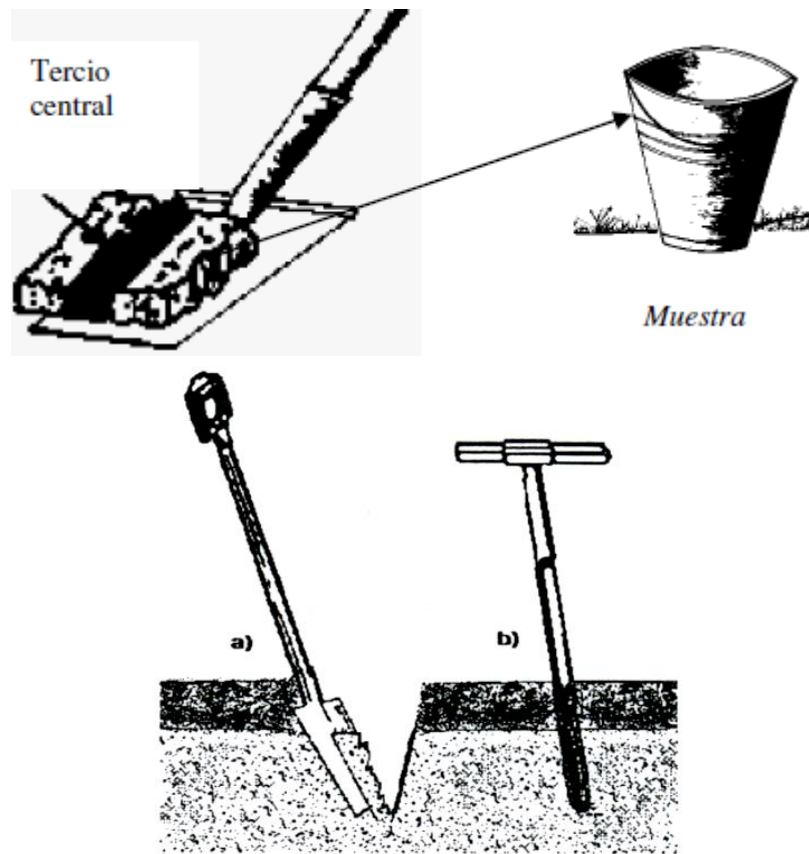


Figura 24: Muestreo utilizado principalmente para fertilidad del suelo  
 Tomado de: (Colegio de postgraduados - Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, 2006)

La muestra se empaca en bolsas plásticas dentro de cajas de cartón.

### Identificación

Se coloca una colilla con los datos de:

- Propietario de la finca
- Número de lote, fecha
- Número de muestra
- Topografía, fertilización (si o no)
- Tipo de cultivo
- Características especiales: pedregocidad, anegamiento, etc.
- Definir el nivel de estudio a realizar y levantar croquis de puntos a muestrear (Figuras 26 y 27)

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Instrucciones

Organizar grupos de 3 ó 4 estudiantes para la toma de muestras de suelo en una zona heterogénea y dentro de cada grupo nombrar un coordinador.

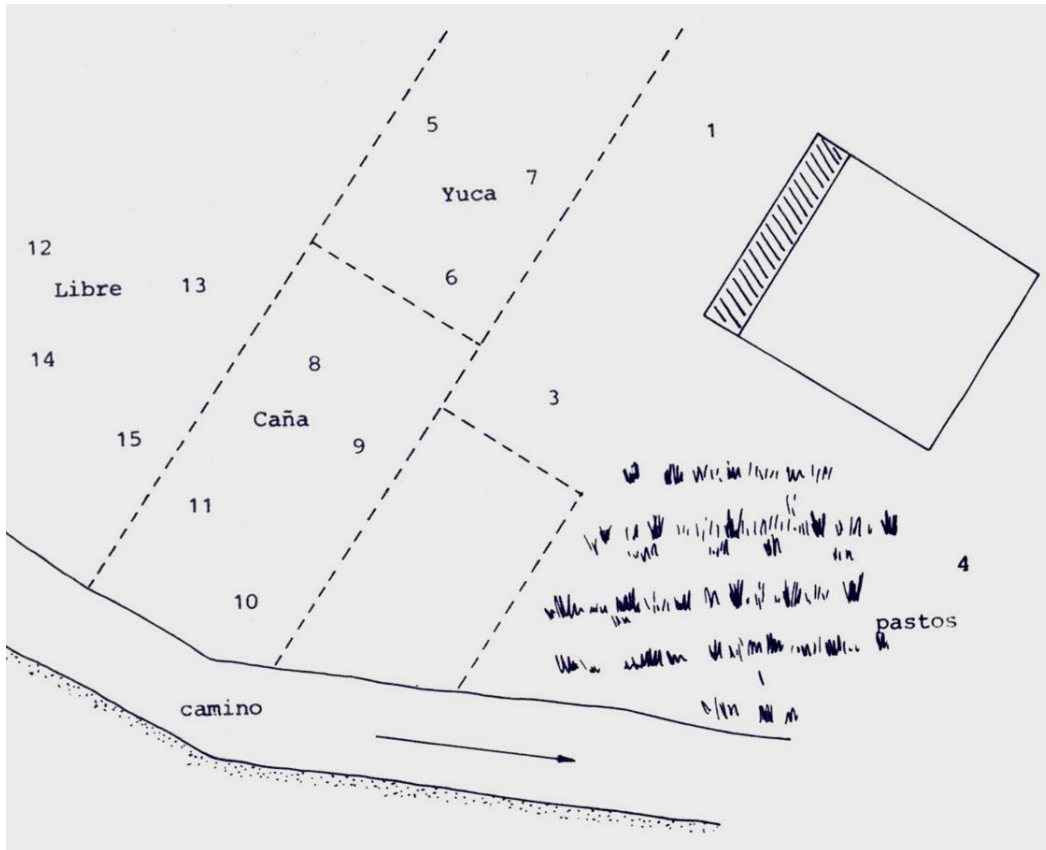
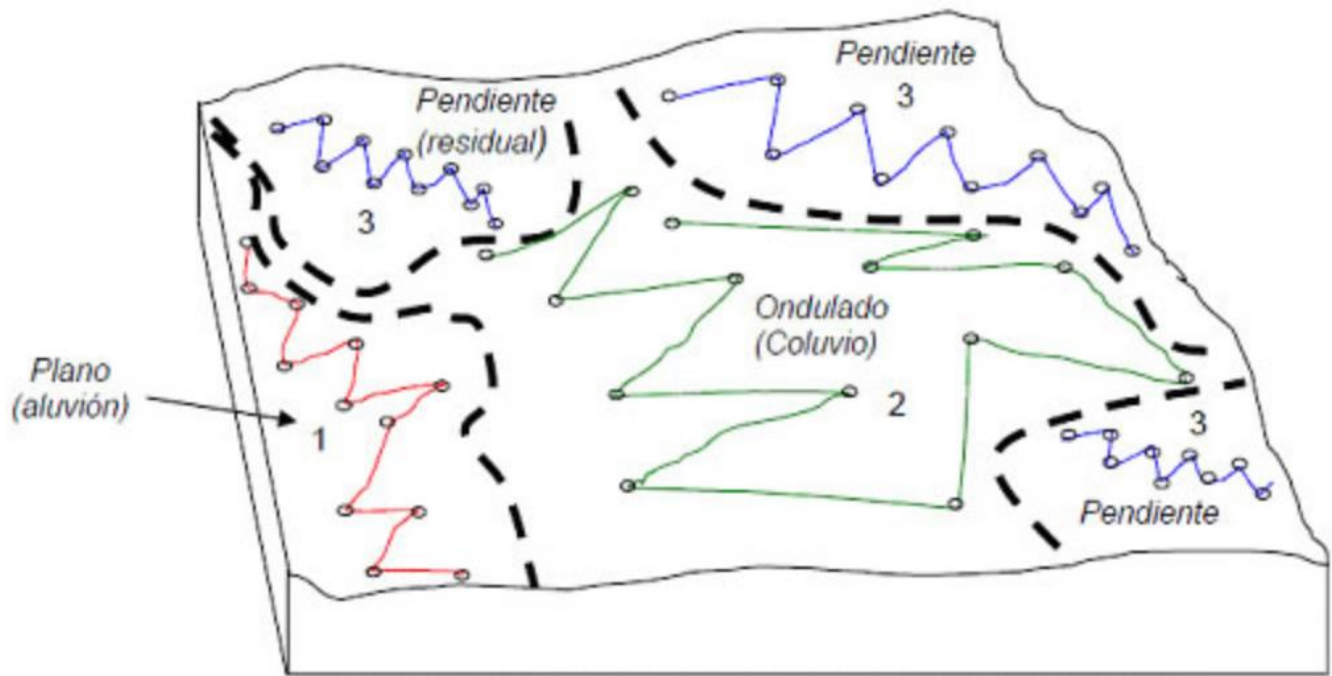


Figura 25: Distribución en campo de muestreo según uso del suelo  
Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**



submuestra

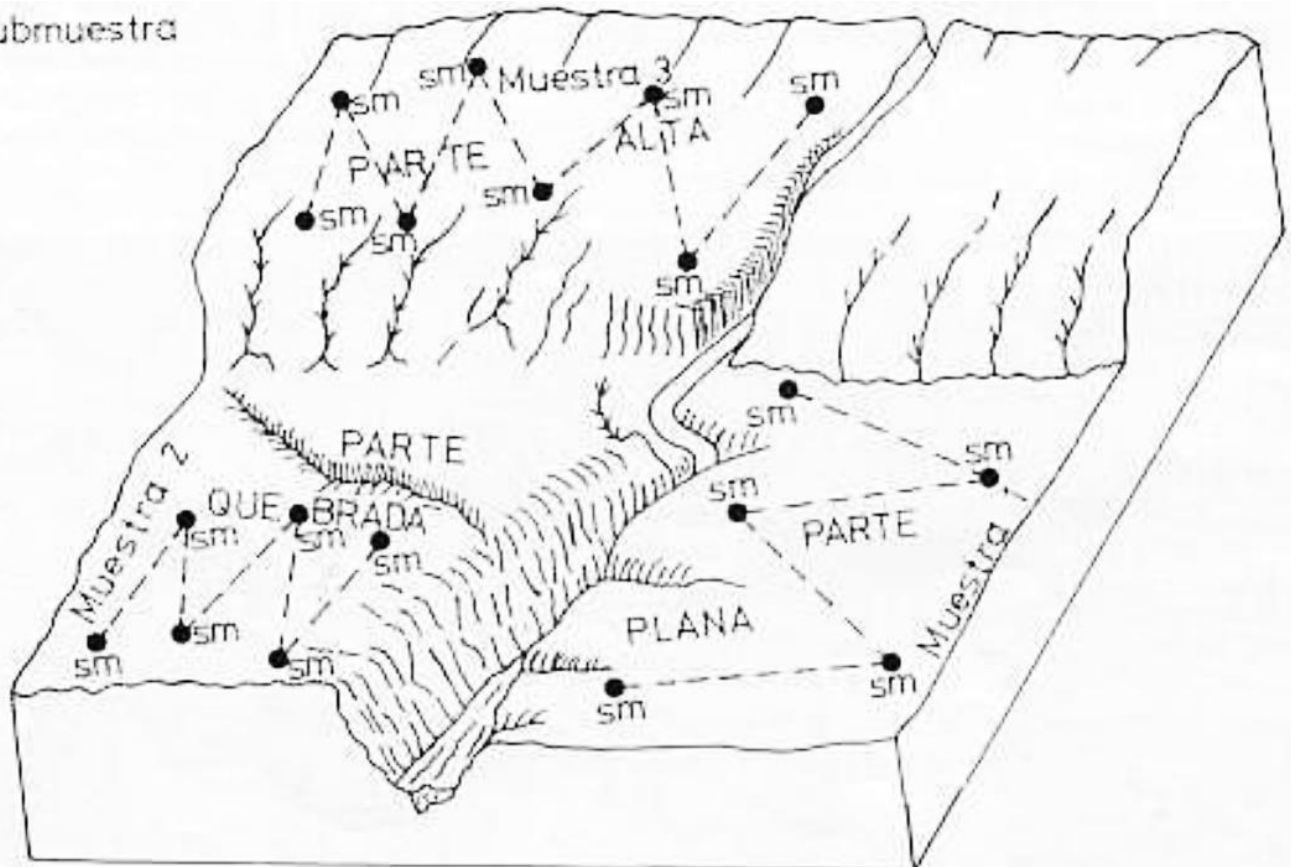


Figura 26: Muestreo en campo según topografía  
 Tomado de: (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria) y (Rodríguez & Tenías, 1982)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Tipo de mapa	Escala	Densidad de muestras por km <sup>2</sup>				Limite tolerable (m)
		Calicata	Sondeo (barrenadas)	Total	Análisis de lab.	
Muy Detallado (primer orden), nivel experimental	Ortofotos 1:1,000	40	160	200	160	4 a 10
	1:2,000	50	200	250	200	
	1:5,000	100	400	500	400	
Detallado (segundo orden); planificación urbana y agricultura	1:5,000	5	20	25	20	20
	1:10,000	10	40	50	40	
	1:15,000	20	80	100	80	
Semi detallado (3er orden); planificación en microcuencas o comunitaria	1:20,000	1	2	3	4	100 a 20
	1:15,000	1	2	3	4	
	1:30,000	2	8	10	8	
Reconocimiento (4to orden); uso y manejo de la tierra ; municipal/ departamental	1:20,000	1	1	2	4	200 a 500
	1:15,000	1	0	1		
	1:30,000	1	0	1		
Exploratorio (5to orden); planificación regional (departamental, nacional)	Imagen de satélite 1:40,000 1:30,000					50 a 1000

Fuente: Soil Survey Staf, 142 Documents, USDA - [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_050993.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_050993.pdf)

Figura 27: Heterogeneidad de los suelos para implementar muestreo y densidad de muestreo recomendado por el USDA

## Preguntas

1. Explique cuáles son las fuentes de error en la toma de muestras de suelo
2. ¿Qué significa, estadísticamente muestra representativa?
3. ¿Qué significa homogeneidad del suelo?
4. ¿Qué es heterogeneidad en los suelos de una finca?
5. ¿Afecta la heterogeneidad de suelos los resultados de los análisis? ¿Por qué?

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Preparación de muestras para el análisis

### Objetivo

Preparar y conservar la muestra para análisis posteriores.

### Secado

Antes de secar las muestras de suelo debe de tenerse presente que algunos análisis es mejor realizarlos con las muestras húmedas inmediatamente después de recogidas. Entre estos están la acidez, potasio intercambiable, fósforo extraíble por ácidos, nitratos, amonio, hierro intercambiable y potencial redox y otros.

La muestra se seca al aire extendiéndola en una mesa del laboratorio sobre papel limpio (la habitación debe de estar bien ventilada) o debajo de una serie de reflectores de gran potencia o en su defecto en bandejas (Figura 28).



Figura 28: Secado de muestras de suelo

Tomado de: (Chavarría, 2009)

El secado a 105 °C en estufa se realiza con el fin de expresar todos los resultados del análisis en tantos por ciento (%), por mil (‰), o partes por millón (ppm) del suelo seco. Cuando los análisis se realicen sobre suelo húmedo deben hacerse las correcciones oportunas desecando aparte una muestra de suelo.

### Mezclado

El mezclado de la muestra se realiza colocándola sobre una pieza cuadrada de tela fuerte y agarrando ésta por dos esquinas en diagonal se lleva una sobre otra despacio procurando que el suelo se " enrolle". Se repite la operación con las otras esquinas (unas 10 veces en total). También se puede realizar en baldes (Figura 29).

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)



Figura 29: Mezclado de muestras de suelo

Tomado de: (Chavarría, 2009)

### Cuarteo

Si el material mezclado es más del necesario para los propósitos del trabajo se debe reducir el tamaño haciendo un montón cónico con el suelo mezclado, aplastándole un poco y cortando en dos por el centro con una espátula o pala y luego en cuatro partes haciendo otro corte perpendicular al anterior. Se mezclan 1 cuartos opuestos y descartar los otros tres. Se repiten las operaciones de tamizado, mezclado y desechado hasta que se tenga el tamaño de muestra deseado (Figuras 30 y 32).



Figura 30: Cuarteo de muestras de suelo

Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Almacenamiento

La mayoría de las muestras se recogen para realizar una serie de ensayos en ellas y pueden descartarse después de analizadas y haberse comprobado que no hubo errores en los resultados. Algunas muestras pueden valer la pena conservarlas como por ejemplo suelos en los que se han realizado análisis mineralógicos o de numerosos elementos. Estas deben de guardarse en frascos de vidrio de boca grande (de unos dos litros) con una etiqueta en su interior indicando número de suelo y nombre así como otra igual engomada en el exterior del frasco o en su defecto en bolsas plásticas fuertes y de cierre hermético (Figura 31). Una estantería permitirá tener un gran número de ellos a mano y un libro de registro indicará además del número y nombre del suelo, las características del mismo y resultado de los análisis realizados en él.



Figura 31: Almacenamiento de muestras de suelo

Tomado de: (Chavarría, 2009)

## Preguntas

1. ¿Por qué razón se mezcla la muestra de suelo antes de cuartearla?

**CC BY-NC-ND 4.0**

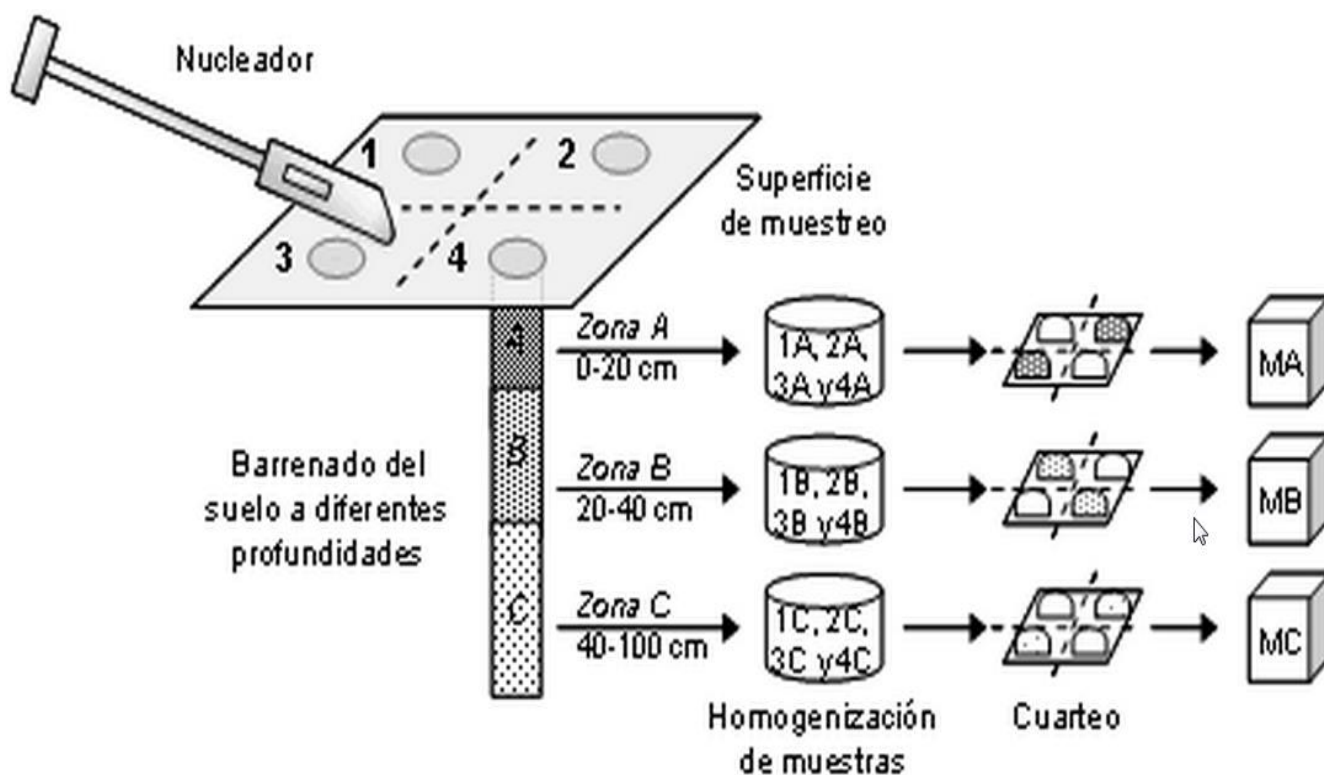


Figura 32: Preparación de una muestra compuesta por el método del cuarteo para diferentes horizontes dentro de un mismo perfil del suelo

Tomado de: (Chavarría, 2009)

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Determinar del color del suelo

### Objetivo

Adquirir por comprobación experimental el concepto de color del suelo, sus variaciones y describir las razones de esa variación.

### Introducción

El color del suelo es una característica del suelo que comúnmente se olvida, sin embargo es una de las más obvias y usadas para describir el suelo, así también para reconocer y describir los diferentes grupos genéticos, de hecho, las primeras clasificaciones de los suelos, de hace cerca de 100 años, se basaban principalmente en el color y en la vegetación.

El color del suelo es una propiedad física relacionada con la longitud de onda del espectro visible que el suelo refleja al recibir los rayos de luz (Figura 33). El tono y la intensidad de los colores del suelo superficial y de sus horizontes permiten hacer inferencias sobre sus características y procesos pedogenéticos.

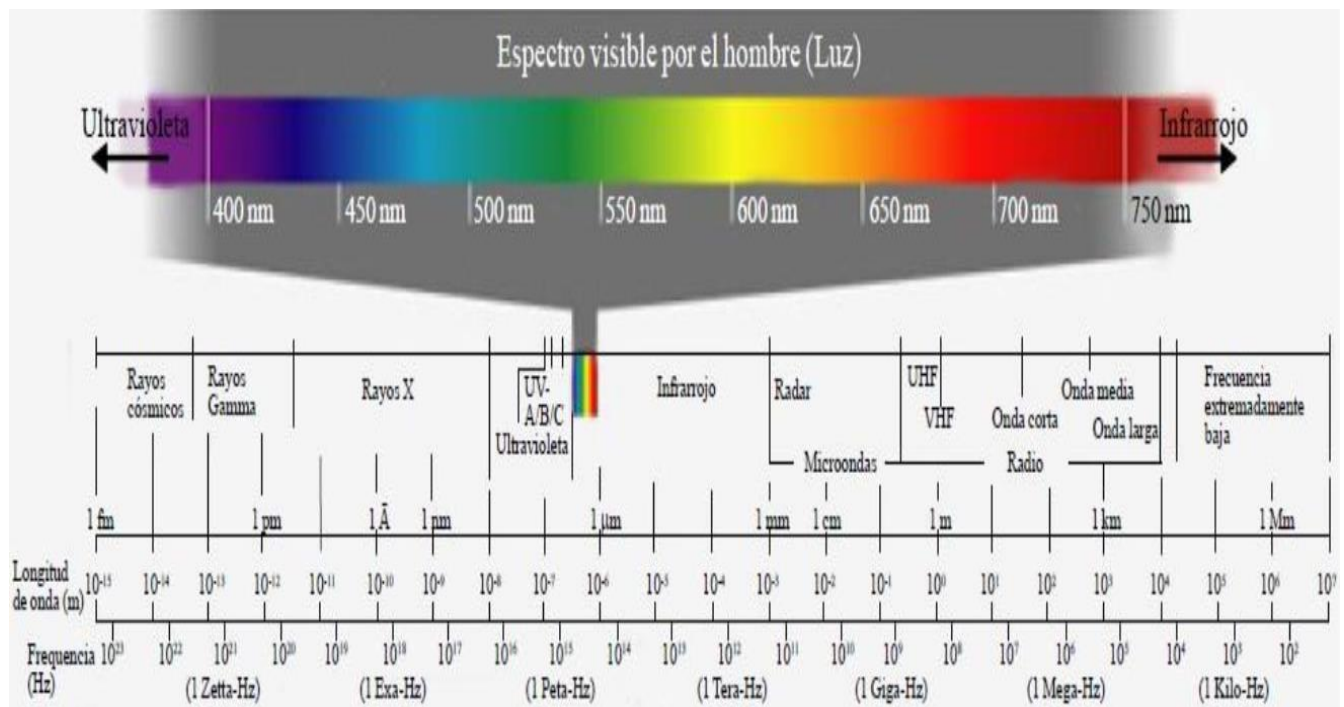


Figura 33: Ejemplo de hoja de tabla Munsell

Tomado de: (Castro, 2018)

El color del suelo es un indicador del material dominante en el suelos, puede servir para

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

determinar el grado de intemperización, la intensidad de los procesos de oxido-reducción el contenido de materia orgánica y estado de lixiviación o acumulación de compuestos químicos en el suelo.

El color del suelo está determinado principalmente por:

- 1- la cantidad y estado de los minerales de hierro y/o manganeso y calcio. El estado de oxidación del hierro (Fe) y manganeso (Mn) del suelo afectan el color. Colores rojos, amarillos, marrones y cafés rojizos son característicos de buenas condiciones de oxidación (aireación). Por ello el clima tiene una relación directa con los colores del suelo
- 2- contenido de materia orgánica afecta el color (en general son más oscuros) por causa del humus principalmente las huminas. Estos suelos oscuros absorben mayor cantidad de calor (energía solar incidente) pero si el color se debe a efectos de alto contenido de materia orgánica retienen también mayor humedad. En consecuencia un suelo oscuro y mal drenado puede que no se caliente tan rápido como uno de color claro, bien drenado, debido al alto calor específico del agua.
- 3- drenaje interno y estado de aireación del suelo. La existencia de procesos de oxidación o reducción. Los colores grises, celestes y azules predominan en suelos mal aireados, lo que es útil para relacionar con condiciones de drenaje.

El color del suelo afecta, indirectamente, la temperatura y la humedad, a través de su efecto sobre la energía radiante. Un suelo de color oscuro, bajo la misma cantidad de energía radiante, se secará más rápidamente que uno de color claro, debido a que el suelo oscuro absorberá mayor cantidad de energía radiante y por tanto; tendrá mayor cantidad de energía calorífica disponible para un mayor grado de evaporación. Una cubierta vegetal o de residuos de cultivo, reducirá estos efectos.

Los suelos con drenaje imperfectos usualmente presentan bandas y moteados en proceso de reducción que indican aireación deficiente y afecta al crecimiento de las plantas.

Ejemplos visuales de colores del suelo se pueden observar en las figuras 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 y 43:

**CC BY-NC-ND 4.0**

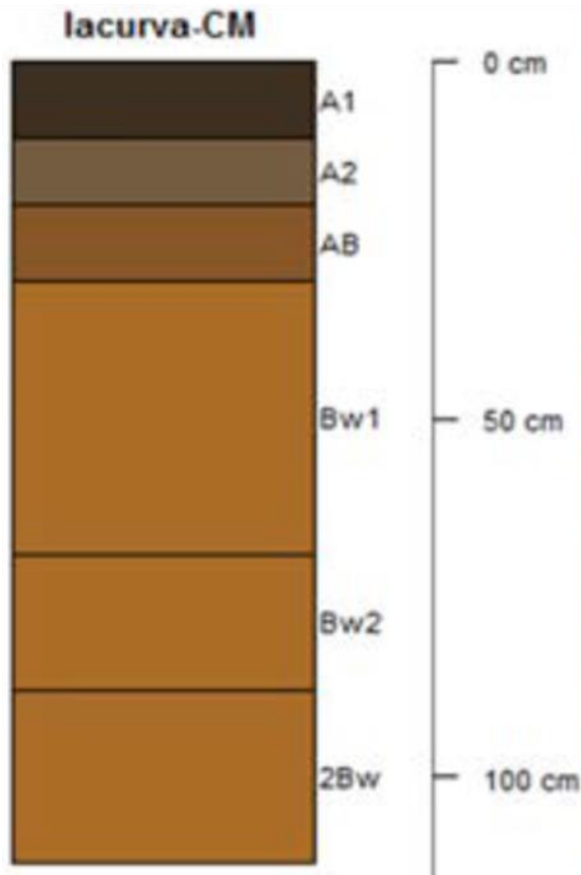


Figura 34: Ejemplo 1 de colores del suelo  
 Tomado de: (Coordinación de planeación para el uso de la biodiversidad (CONABIO), 2017)

**CC BY-NC-ND 4.0**

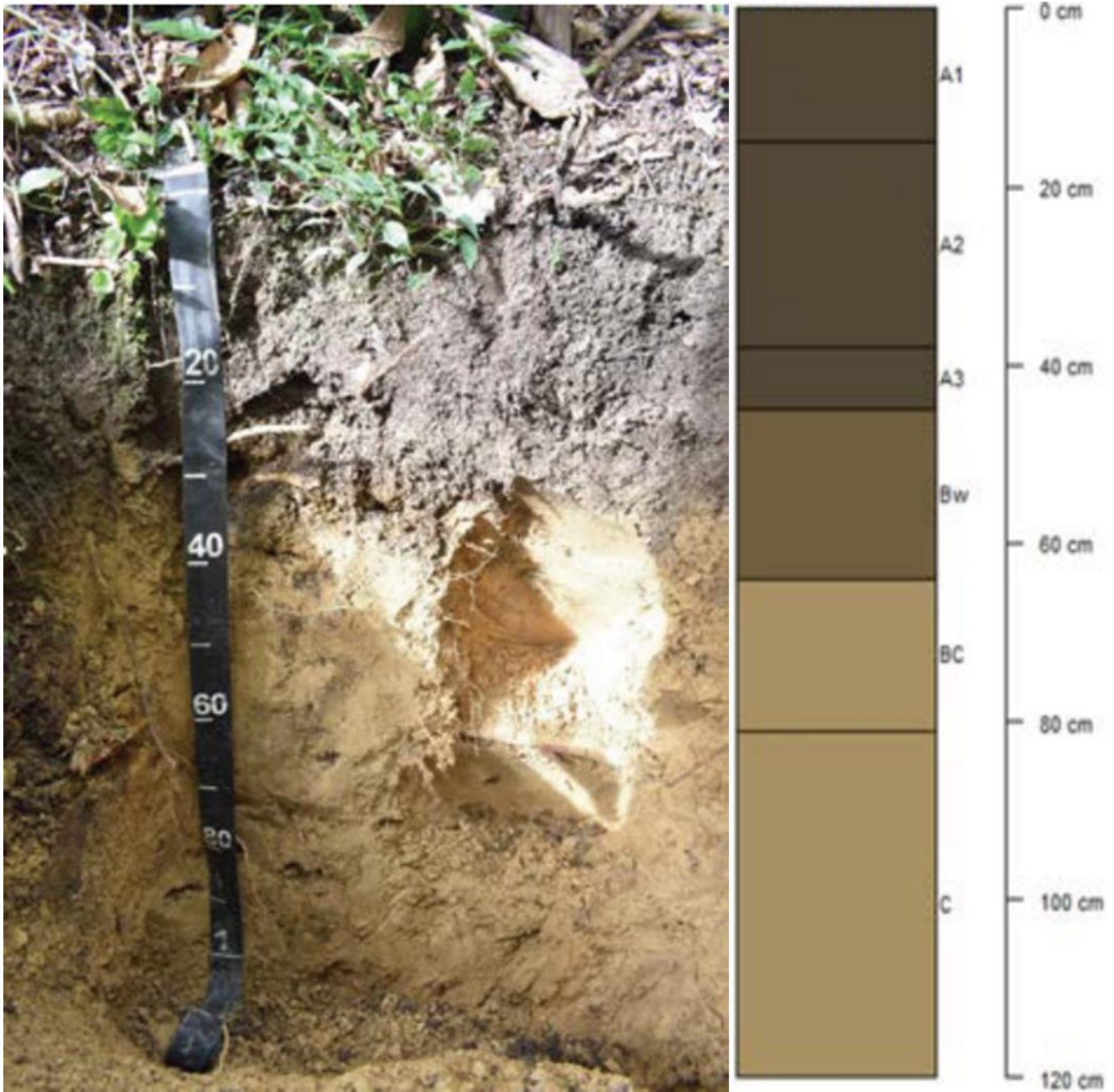


Figura 35: Ejemplo 2 de colores del suelo  
Tomado de: (Coordinación de planeación para el uso de la biodiversidad (CONABIO), 2017)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

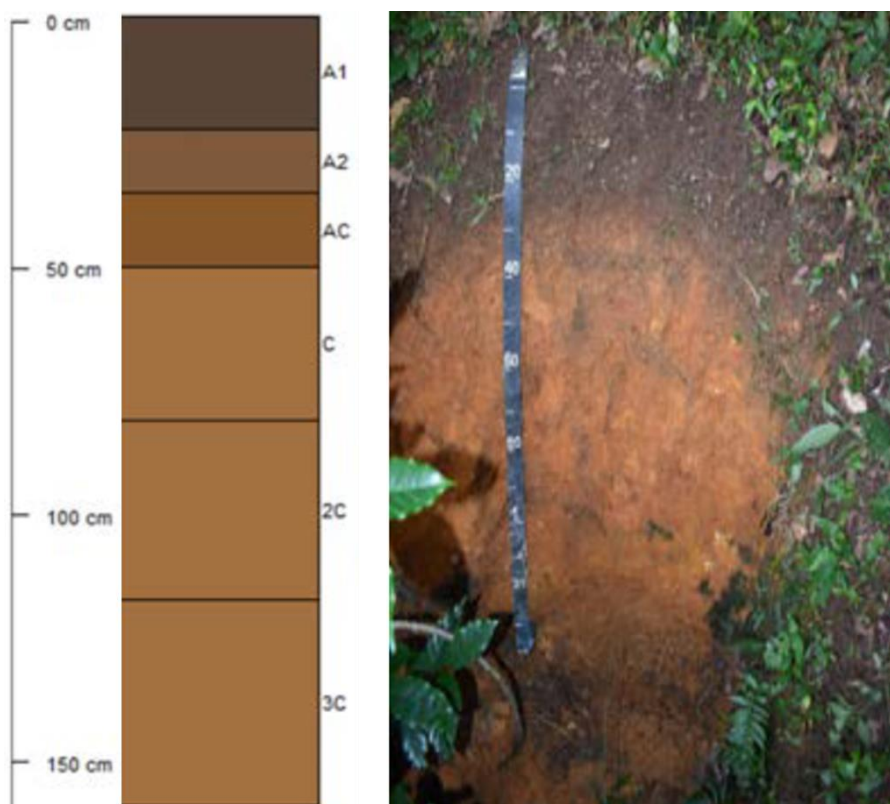


Figura 36: Ejemplo 3 de colores del suelo  
Tomado de: (Coordinación de planeación para el uso de la biodiversidad (CONABIO), 2017)

La Tabla Munsell sirve de guía para la medición y notación de los colores. La guía de colores presenta divisiones (Figuras 37, 38, 39, 40, 41, 42 y 43) de los tres atributos del color en el sistema Munsell conocidos como Hue (Matiz), Value (Claridad) y Chroma (Pureza).

- 1- Hue (Matiz): corresponde al matiz o tinte (hue), el cual indica la relación del color con el rojo, amarillo, verde, azul o púrpura, y se asigna una carta para cada matiz
- 2- Value (Claridad): el cual indica la luminosidad (claridad) u oscuridad de un color con relación a una escala de gris neutro. Se refiere al brillo e indica la claridad del color que se presenta en sentido vertical varía desde oscuro en la parte inferior de la carta hasta más claro en la parte superior incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba
- 3- Chroma (Pureza): indica su intensidad. Expresa la intensidad o saturación (chroma), indica la fuerza del color o su desviación del gris, con una misma claridad y se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha

#### Factores que influyen al observar el color:

- 1- La calidad e intensidad de la luz afecta la cantidad y calidad de la luz reflejada de la muestra hacia el ojo. Se recomienda tomar el color a campo abierto con incidencia directa de la luz natural sobre la hoja de la tabla Munsell, utilizando preferiblemente las horas del mediodía; cuando esto no es posible, se sugiere tomar muestras para determinar posteriormente el color.

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

2- Rugosidad de la superficie reflectora, que afecta la cantidad de luz reflejada hacia el ojo, en especial si la luz incidente cae en un ángulo agudo. Se recomienda usar, en lo posible, un ángulo recto para la luz incidente.

3- Humedad de la muestra, el color fluctúa dependiendo del contenido de humedad; por ello se acostumbra tomar el color bajo dos condiciones: suelo seco (seco al aire) y suelo húmedo. La condición de suelo seco o suelo húmedo se establece sobre la base que, en ambos casos, el nivel óptimo se alcanza cuando al humedecer o secar la muestra no ocurren más cambios que en el color.

#### Medición del color:

Se realiza mediante la comparación de la muestra con las plaquitas de colores que componen cada una de las hojas de Matiz (Hue). Se evalúa el color predominante (color de la matriz del suelo), que se corresponde con el que ocupa más de 50% del volumen del suelo. Cuando existen varios colores, donde ninguno de ellos corresponde a más de 50% del volumen, se determinan todos los colores, comenzando con el que ocupa el mayor porcentaje.

El color del suelo es complejo y, en ocasiones, existen combinaciones de ellos, en la forma de moteado y patrones. El moteado se refiere a cambios repetitivos del color que no pueden ser asociados con los atributos constituyentes del suelo. Uno de los más notables son las características redoximórficas. En la figuras 46 y 47 podemos observar un cuadro comparativo de determinación de los porcentajes de los moteados que se pueden presentar en el suelo.

Por otra parte, es importante la identificación de patrones de colores relacionados con cambios en la composición del suelo y otros atributos como nódulos o superficie de la unidad estructural, por las inferencias que pueden hacerse con relación a la génesis o el comportamiento del suelo bajo determinadas condiciones de uso y manejo.

La literatura reporta errores de hasta 9% en la determinación del matiz y de hasta 45% en la determinación de claridad y de pureza

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -**

**Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

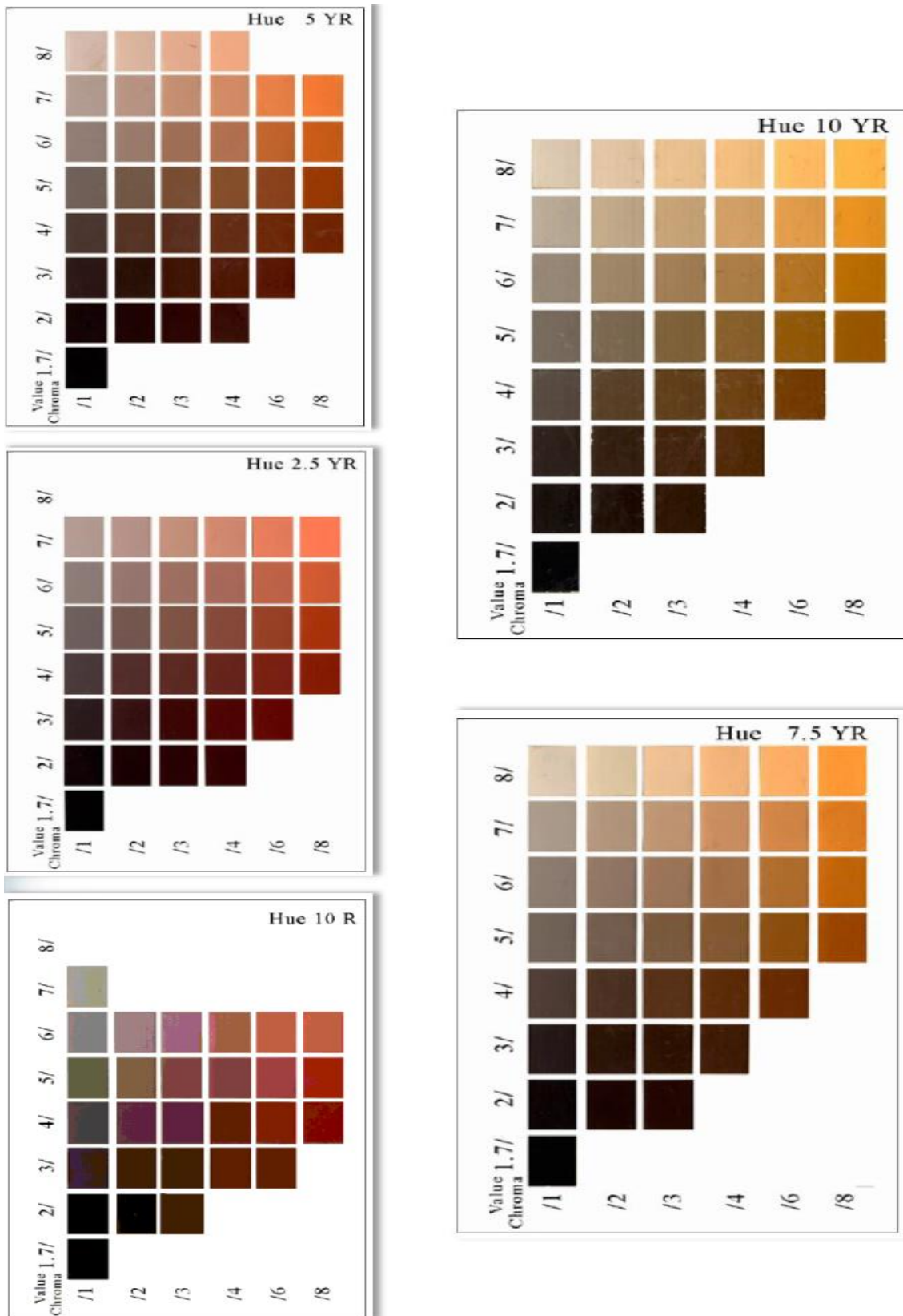


Figura 37: Ejemplo 1 de cartas de los colores del suelo

Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**

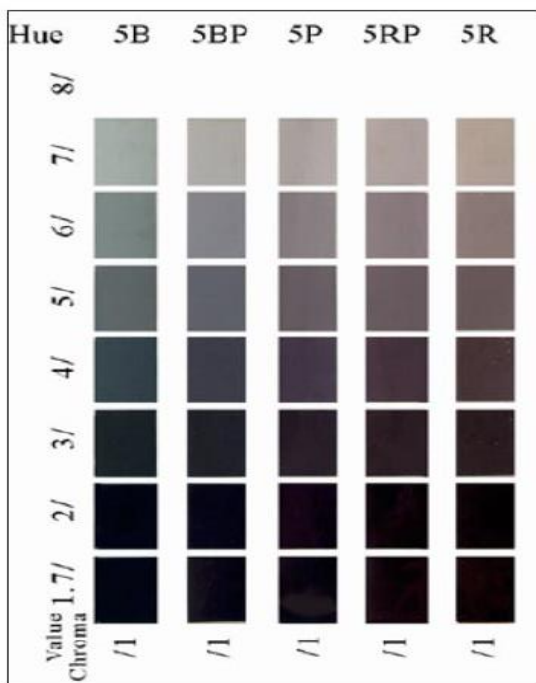
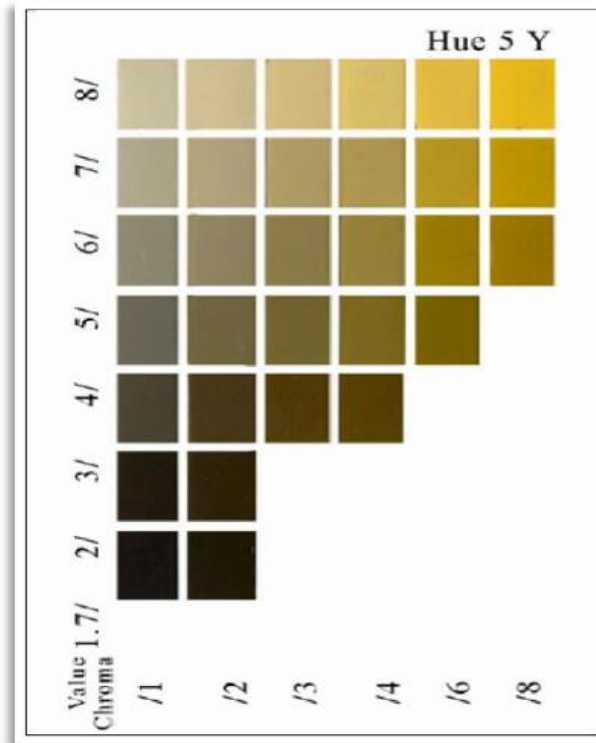
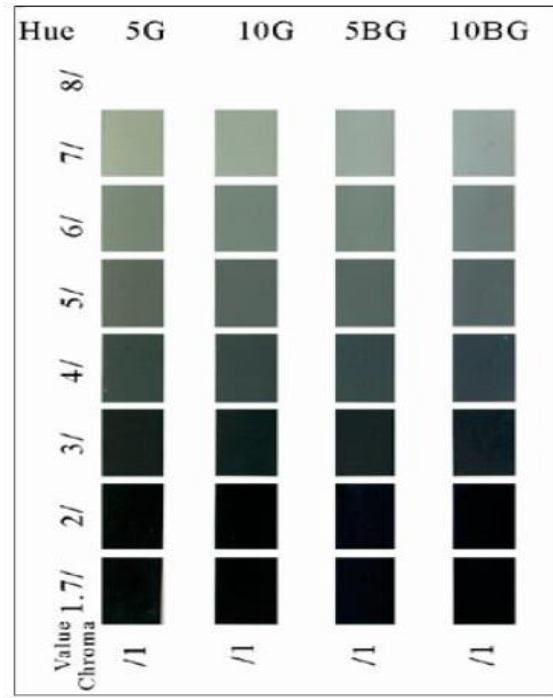


Figura 38: Ejemplo 2 de cartas de los colores del suelo

Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**

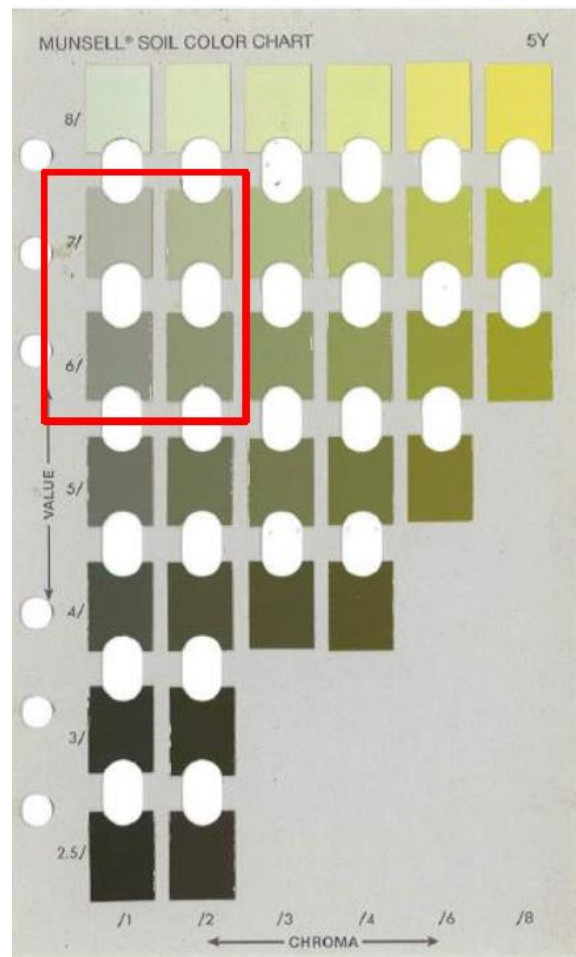
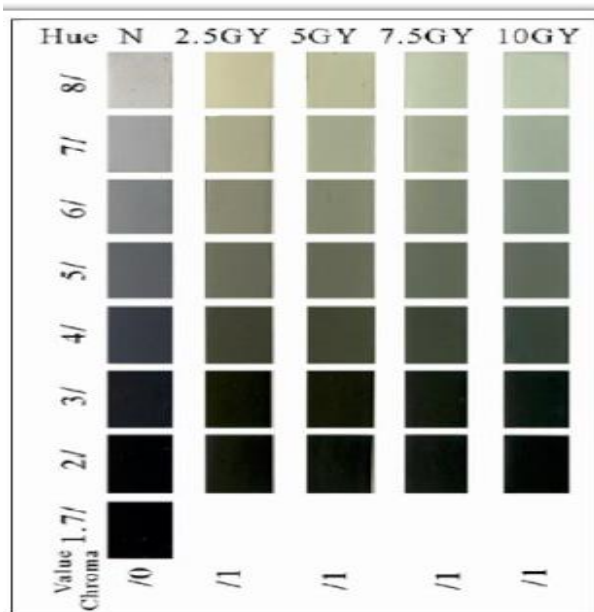
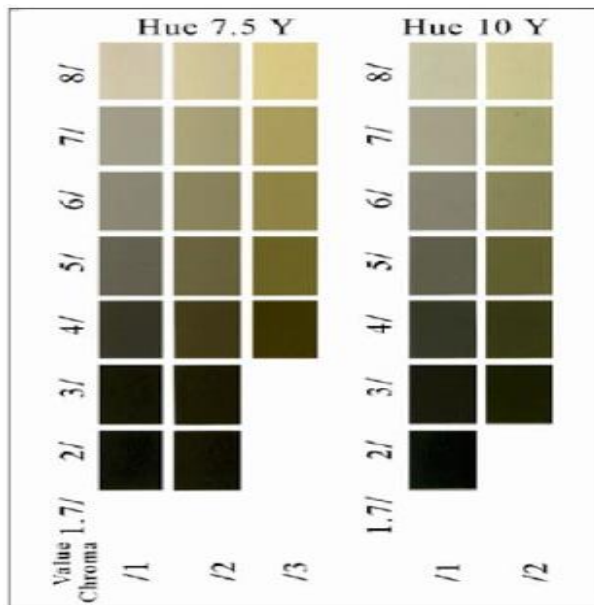


Figura 39: Ejemplo 3 de cartas de los colores del suelo

Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 40: Ejemplo 4 de cartas de los colores del suelo

Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Al escribir la notación de color, siempre:

El símbolo Hue (Matiz) se escribe primero; corresponde a la página donde se encuentra el color respectivo. El símbolo es la abreviación de la letra del color R = rojo (red), Y = amarillo (yellow) y YR= amarillo rojizo o rojo amarillento (yellow-red) etc. El símbolo Hue va precedido de números de 0 a 10, dentro del rango el Hue se hace más amarillo y menos rojo conforme  $n \rightarrow 10$ .

Le sigue un numeral fraccionalmente (escrito), donde el numerador indica Value (Claridad) y denominador Chroma (Pureza).

En la figura 26 se muestra un ejemplo de clasificación del color del suelo en la cual el color está dividido y se observa el ¿Porque?:

Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4 / 4) h

$n = 7,5$

Hue (Matiz) = YR

Value (Claridad) = 4

Chroma (Pureza) = 4

h = húmedo (se debe de medir tanto en húmedo como en seco, colocándose una “h” o una “s” al final del nombre respectivamente)

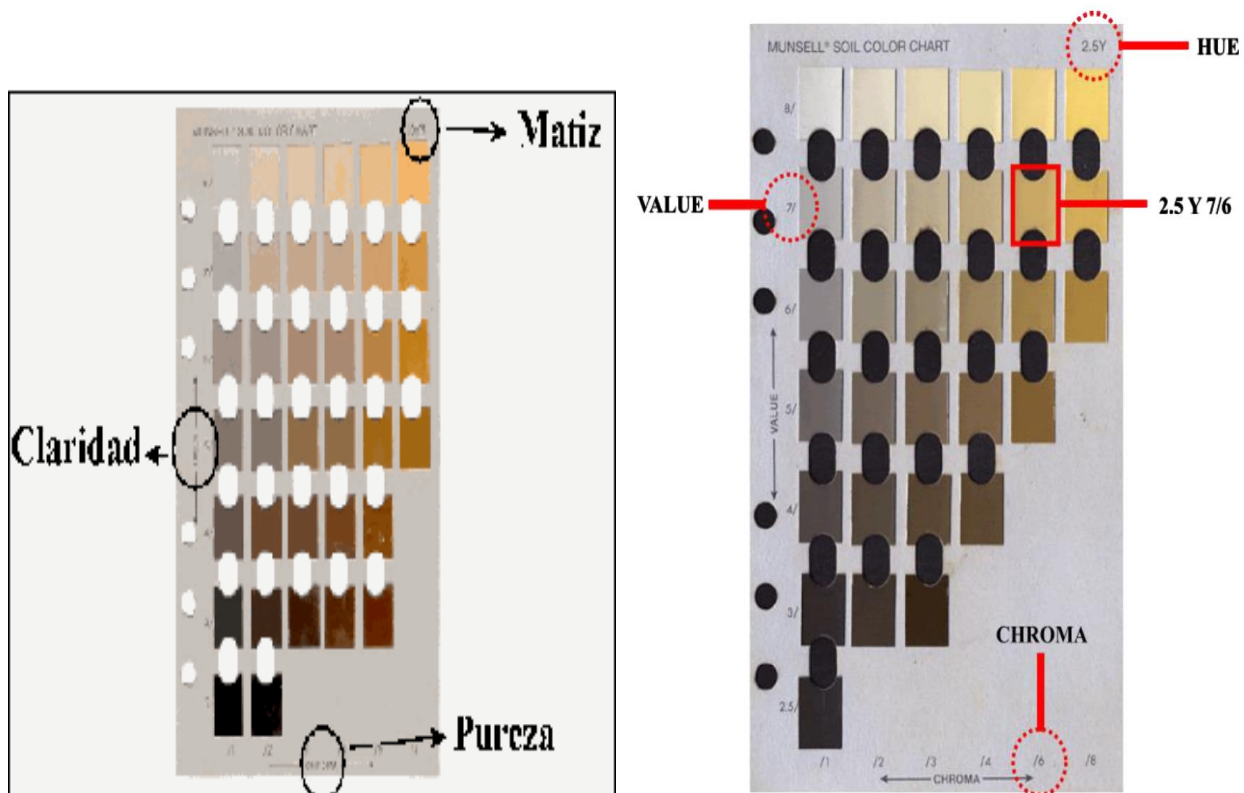


Figura 41: Ejemplo de hoja de tabla Munsell

Tomado de: (Cerón-González, , y otros, 2020)

**CC BY-NC-ND 4.0**

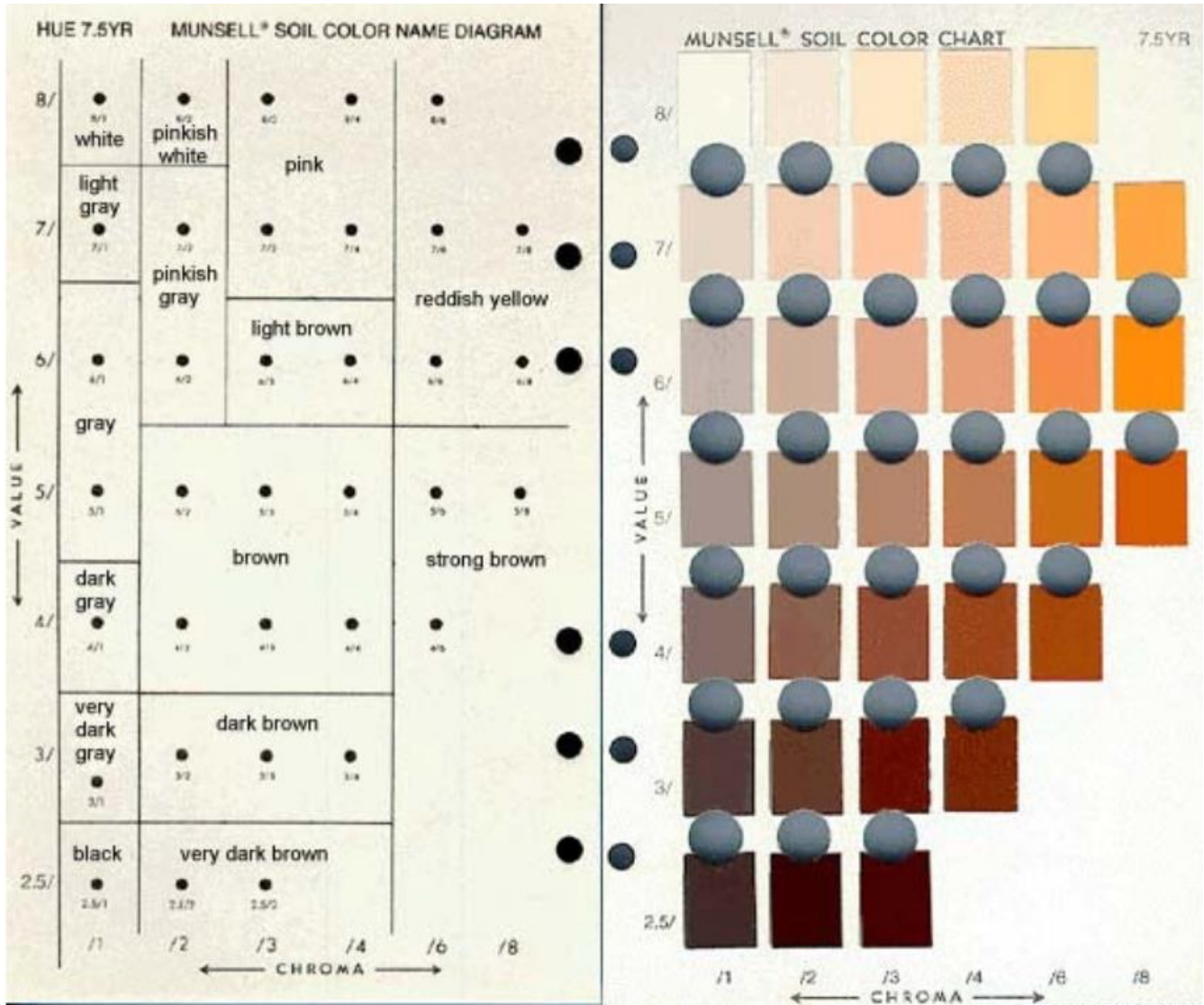


Figura 42: Ejemplo de la manera de uso de la tabla Munsell

Tomado de: (TTamayo)

**CC BY-NC-ND 4.0**

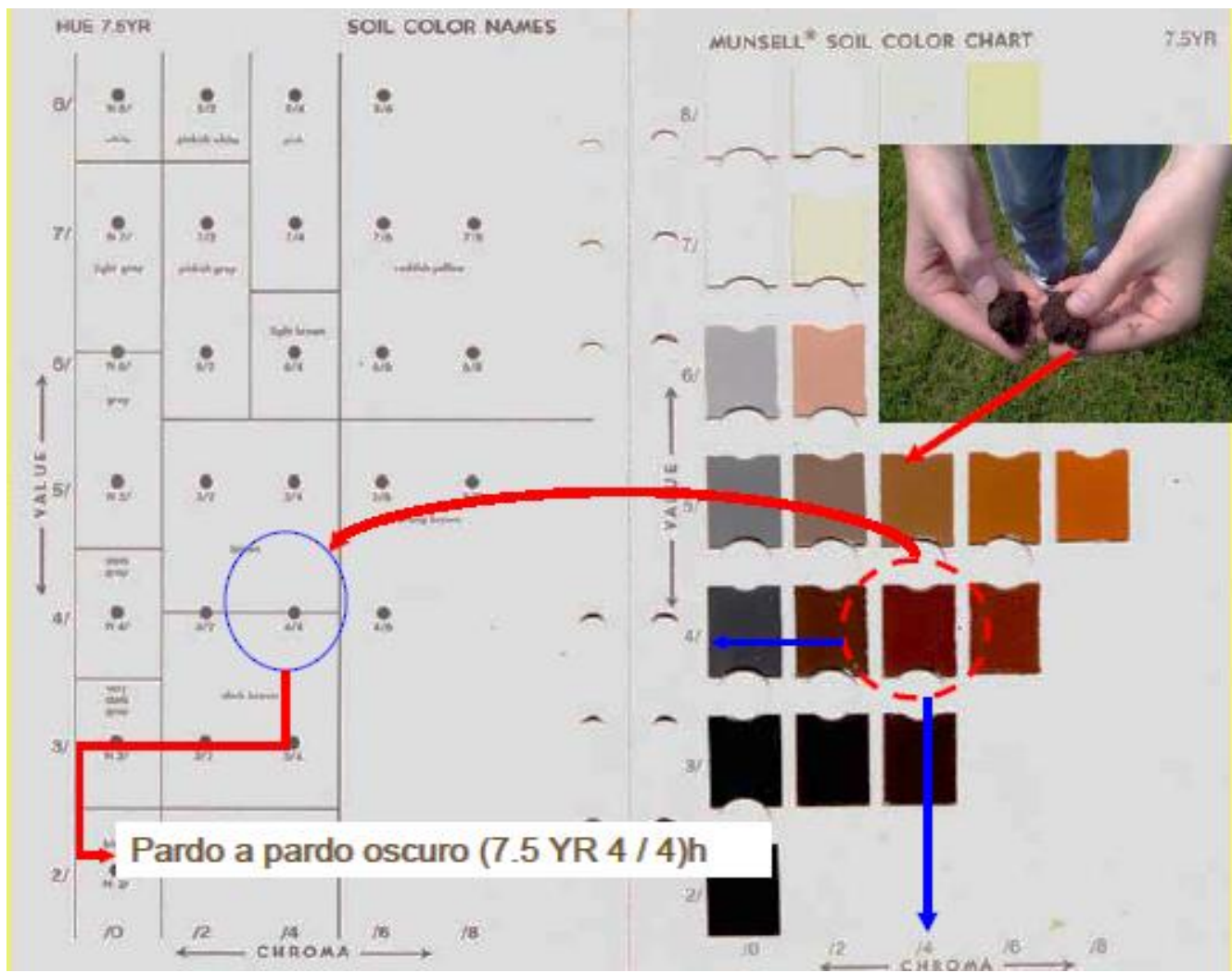


Figura 43: Ejemplo de la manera de uso de la tabla Munsell

#### Condiciones necesarias para medir el color:

Al comparar colores el observador debe ver la muestra a  $90^{\circ}$  colocando juntos la muestra y la tabla, la luz debe incidir sobre ellas en ángulos de  $45^{\circ}$  para evitar efectos especiales de superficies brillantes.

La calidad de luz del medio ambiente afecta la determinación por esto se prefiere la luz natural ya que afecta también la sensibilidad al color que varía entre personas.

#### **Moteados**

Como se mencionó anteriormente los moteados son manchas de diferentes colores o sombras de color intercalado con el color dominante del suelo. Indican que el suelo fue sujeto a condiciones de alternancia entre mojado (reducción) y secado (oxidación).

El moteado de la matriz del suelo se describe en términos de abundancia, tamaño, contraste, límite y color (Cuadro 6 y anexo 1).

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
 Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Usualmente es suficiente describir el color de los moteados en términos generales, correspondientes a la Tabla de Color de Suelo Munsell.

La abundancia de los moteados se describe en términos de clases, indicando el porcentaje de la superficie expuesta que los moteados ocupan (Cuadro 6 y Figuras 44, 45, 46 y 47). Los límites de clases corresponden a aquellos de los nódulos minerales. Cuando la abundancia de los moteados no permite la distinción de una matriz singular predominante o al color original, los colores predominantes se deben determinar y registrarse como los colores de la matriz del suelo.

Cuadro 6: Clasificación de la abundancia de los moteados en el suelo

	%
Ninguno	0
Muy pocos	0-2
Pocos	2-5
Común	5-15
Muchos	15-40
Abundante	> 40



Figura 44: Ejemplo 1 de moteos y condiciones acuicas de régimen de humedad del suelo  
Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 45: Ejemplo 2 de moteos y condiciones acucias de régimen de humedad del suelo  
Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

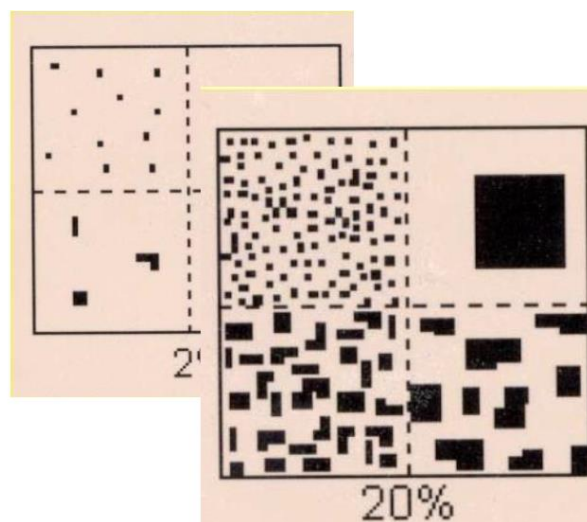


Figura 46 Ejemplo 3 de moteos y condiciones acucias de régimen de humedad del suelo

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

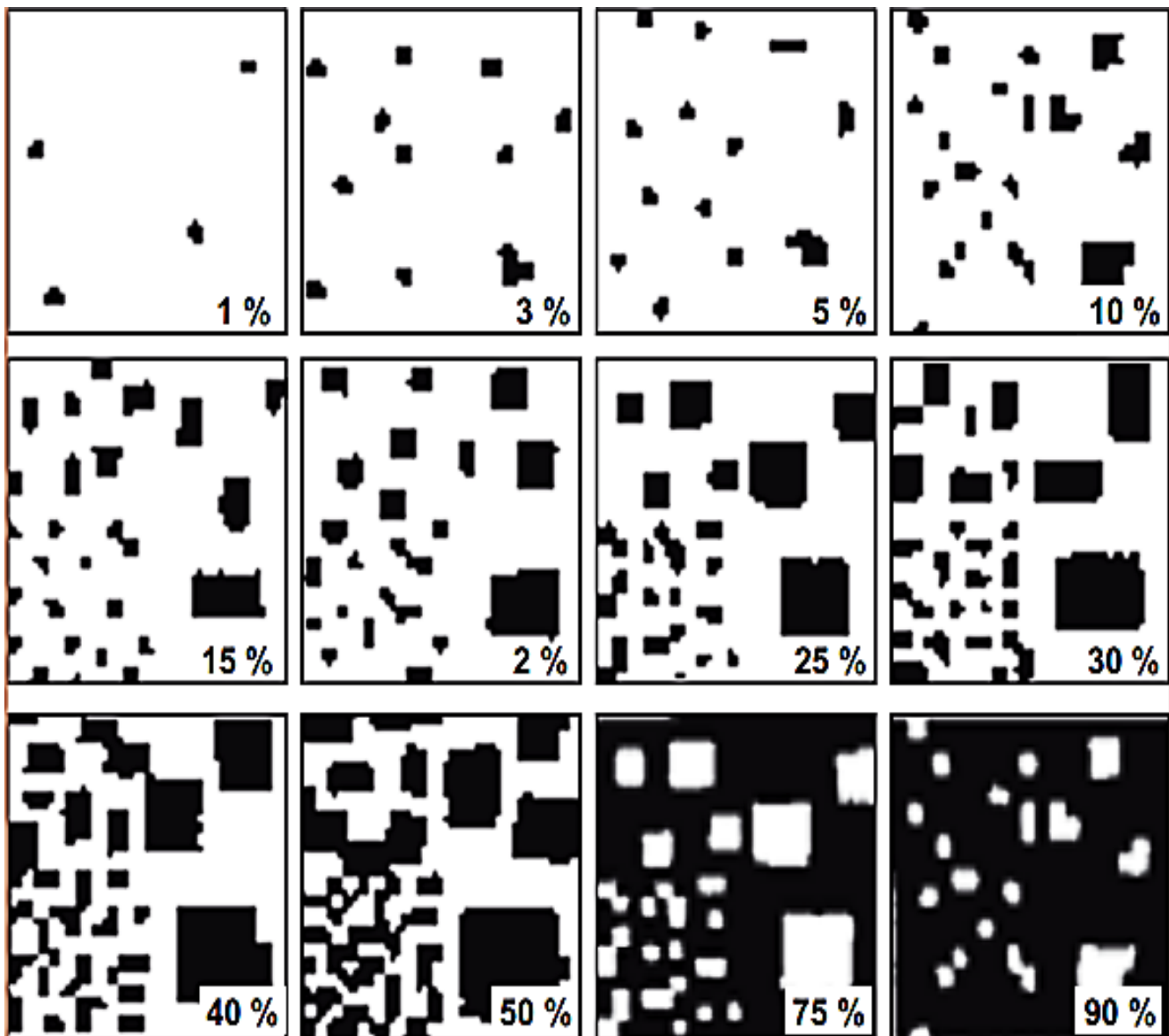


Figura 47: Estimación de moteos de color en el suelo

### Interpretación del color del suelo

**Color negro:** se asocia a la incorporación de materia orgánica que se descompone en humus que da la coloración negro al suelo principalmente las huminas. Como tal, este color ha sido asociado con niveles altos de materia orgánica en el suelo, condiciones de buena fertilidad, en especial presencia de cationes tales como el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ ; colateralmente tiene asociado otras condiciones físicas relacionadas con la materia orgánica, tal como la presencia de una buena estructuración del suelo y rica actividad biológica; en otras oportunidades, cuando hay acumulación de  $\text{Na}^+$ , por ser este un agente dispersante, el suelo, aún con muy bajos niveles

**CC BY-NC-ND 4.0**

de materia orgánica, adquiere la coloración negra, pero tiene como condición asociada a una muy mala condición estructural. En resumen, este color por lo general está asociado a la presencia de:

- Carbonatos de  $\text{Ca}^{2+}$  [El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula  $\text{CaCO}_3$ , se trata de un compuesto que entra dentro de la categoría de las oxosales (una sal ox (o) ácida, oxosal u oxisal es el producto de sustituir alguno, o todos, los hidrógenos de un oxácido por cationes metálicos, por ejemplo  $\text{K}^+$ , o no metálicos, por ejemplo  $\text{NH}_4^+$ , cuando se sustituyen todos los hidrógenos se forma una oxosal neutra y cuando solo se sustituye una parte una sal ácida), es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos (moluscos, corales y otros) o de las cáscaras de huevo, es la causa principal del agua dura, es fundamental en la producción de vidrio y cemento, entre otros productos.] o Carbonatos de  $\text{Mg}^{2+}$  (el carbonato de magnesio es un compuesto químico de fórmula  $\text{MgCO}_3$ , este sólido blanco existe en la naturaleza como mineral, existen también varias formas hidratadas y básicas del carbonato de magnesio como minerales) más materia orgánica altamente descompuesta.
- Otros cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) más materia orgánica altamente descompuesta.

**Color rojo:** (Figura 48) se asocia a procesos de alteración de los materiales parentales bajo condiciones de alta temperatura, baja actividad del agua, rápida incorporación de materia orgánica, alta liberación de Fe de las rocas; es indicativo de condiciones de alta meteorización, se asocia a niveles bajos de fertilidad del suelo, pH ácidos y ambientes donde predominan los procesos de oxidación. En términos generales se asocia con la presencia de

- Óxidos de  $\text{Fe}^{3+}$  como es el caso de la hematita (el oligisto o hematita es un mineral compuesto de óxido férrico, cuya fórmula es  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y constituye una importante mina de hierro ya que en estado puro contiene un 70% de este metal, a veces posee trazas de titanio (Ti), aluminio (Al), manganeso (Mn) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); es el polimorfo (que puede tener varias formas sin cambiar su naturaleza)  $\alpha$  ( $\alpha$  = constante de la magnetización) de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , la magnetita)

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 48: Ejemplo de suelos que presentan oxidación expresado en sus colores rojos  
Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**Color amarillo a marrón amarillento claro:** por lo general es indicativo de meteorización bajo ambientes aeróbicos (oxidación), ocurre como en el caso de la goethita (Es un oxihidróxido de hierro (III), de fórmula  $\alpha\text{-FeO(OH)}$ , con un contenido del 63% en hierro, y donde puede encontrarse hasta un 5% de manganeso. La feroxihita y la lepidocrita son polimorfos de este mineral, pues tienen igual composición y fórmula y diferente sistema de cristalización.), donde cristales grandes de este mineral confieren una pigmentación amarilla al suelo, mientras de cristales pequeños de este mineral confieren tonalidades de color marrón; más frecuentemente estos colores asociados a la goethita ocurren en climas templados. Se relaciona con condiciones de media a baja fertilidad del suelo. En general se asocia con la presencia de Óxidos hidratados de  $\text{Fe}^{3+}$

**Color marrón:** este color está muy asociado a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo (suelos jóvenes); se relaciona con condiciones de niveles medios a bajos de materia orgánica y un rango muy variable de fertilidad. En general se asocia con la ocurrencia de:

- materia orgánica ácida parcialmente descompuesta.
- combinaciones de óxidos de Fe más materiales orgánicos.

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

**Color blanco:** se debe fundamentalmente a la acumulación de ciertos minerales o elementos que tienen coloración blanca, como es el caso de calcita ( $\text{CaCO}_3$  de color blanco, fosforito, amarillo, rojo, naranja, azul, verde, castaño, gris y otros) a veces se usa como sinónimo caliza, aunque es incorrecto pues ésta es una roca más que un mineral, su nombre viene del latín calx, que significa cal viva, es el mineral más estable que existe de carbonato de calcio), dolomita (es un importante mineral de rocas sedimentarias y metamórficas, encontrado como mineral principal de las rocas llamadas dolomías y metadolomías es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio  $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$  (Figuras 49, 50 y 51).

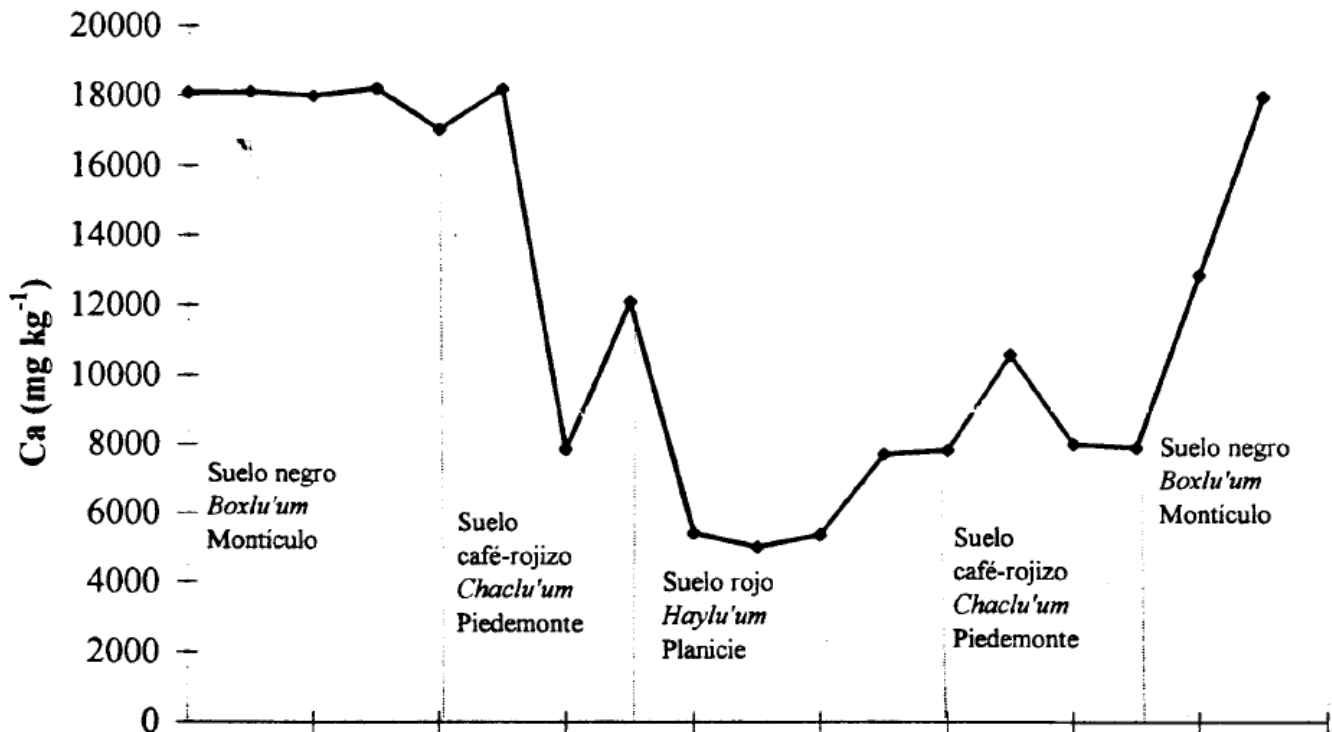


Figura 49: Contenidos de calcio en el suelo respecto a los colores de éstos

Tomado de: (Bautista-Zúñiga, , Jiménez-Osornio,, Navarro-Alberto,, Manu, , & Lozano, 2003)

Se produce una sustitución por intercambio iónico del calcio por magnesio en la roca caliza ( $\text{CaCO}_3$ .) y yeso (la roca natural denominada aljez que es sulfato de calcio dihidrato:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), en estado natural el aljez, piedra de yeso o yeso crudo, contiene 79,07% de sulfato de calcio anhidro y 20,93% de agua y es considerado una roca sedimentaria, incolora o blanca en estado puro, sin embargo, generalmente presenta impurezas que le confieren variadas coloraciones, entre las que encontramos la arcilla, óxido de hierro, sílice, caliza, vermiculita y otros), así como algunos silicatos (todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno, estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio, químicamente son sales del ácido silícico, los silicatos, así como los aluminosilicatos, son la base de numerosos minerales que tienen al tetraedro de

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -

Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarríavae@gmail.com](mailto:chavarríavae@gmail.com)

silicio-oxígeno  $\text{SiO}_4^{4-}$ ) y sales (Las sales minerales son compuestos químicos salinos inorgánicos o moléculas inorgánicas de fácil ionización en presencia de agua). En otras ocasiones, es consecuencia de la remoción de componentes del suelo por diversos procesos, en cuyo caso el suelo adquiere el color de los elementos remanentes, y se puede presentar un horizonte albeo debido a dicha remoción. En general se asocia con la presencia de:

- Óxidos de Al y silicatos (caolinita (es una arcilla blanca muy pura y es un silicato de aluminio hidratado formado por la descomposición de feldespato y otros silicatos de aluminio  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), gibsita (la gibsita de color blanco o grisáceo y es una de las formas minerales del hidróxido de aluminio  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), bauxita (es una roca sedimentaria, que puede ser tanto blanda como dura, compuesta por óxidos de aluminio hidratados, se origina como residuo producido por la meteorización química de una amplia gama de rocas, la bauxita puede tener variados colores entre ellos rosado, rojo, crema, café, gris y amarillo, cuando es de color rojizo esto se debe a óxidos de hierro)).
- Sílice ( $\text{SiO}_2$ ).
- Suelos alcalinos ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ )
- Yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).
- Sales altamente solubles (cloruros (los cloruros inorgánicos contienen el anión  $\text{Cl}^-$  y por lo tanto son sales del ácido clorhídrico (HCl). Se suele tratar de sustancias sólidas incoloras con elevado punto de fusión), nitratos (Los nitratos inorgánicos se forman en la naturaleza por la descomposición de los compuestos nitrogenados como las proteínas, la urea y otros; en los nitratos está presente el anión  $\text{NO}_3^-$ ) de  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$

**CC BY-NC-ND 4.0**

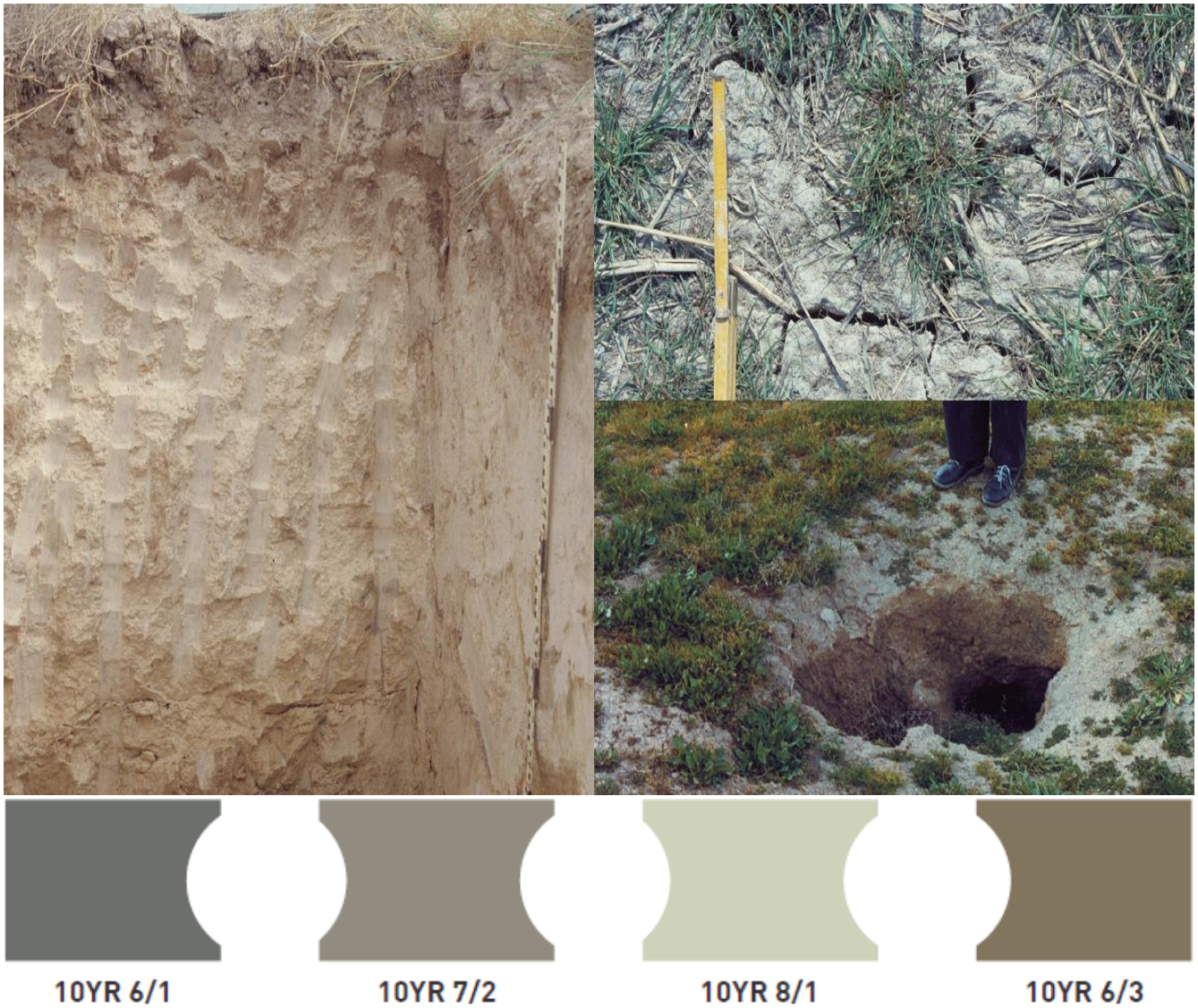


Figura 50: : Ejemplo de colores claros en el perfil del suelo  
Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 51: Ejemplo de colores blancos en el perfil del suelo  
Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**Color gris:** puede ser indicativo del ambiente anaeróbico (Figura 52). Este ambiente ocurre cuando el suelo se satura con agua, siendo desplazado o agotado el oxígeno del espacio poroso del suelo. Bajo estas condiciones las bacterias anaeróbicas utilizan el hierro férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) presente en minerales como la goethita y la hematita como un aceptor de electrones en su metabolismo. En este proceso se genera la forma reducida del ion que es hierro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ), que es soluble en agua e incoloro. Otras bacterias anaeróbicas utilizan  $\text{Mn}^{4+}$  como aceptor de electrones, reduciéndose a su forma incolora soluble en agua  $\text{Mn}^{2+}$ . La pérdida de pigmentos deja un color gris en la superficie del mineral y si la saturación con agua se prolonga por largos períodos, la zona completa adquiere la coloración gris. Cuando cesa la saturación con agua las forma reducida del hierro se oxida nuevamente, generándose colores

**CC BY-NC-ND 4.0**

característicos, como es el moteado anaranjado de la lepidocrocita (tiene la misma fórmula de la goethita, pero difieren en la estructura del cristal, o llamada lepidocrocita (pyrrhosiderita) es un mineral de la clase de los hidróxidos, químicamente un hidróxido de hierro frecuentemente con impurezas de manganeso, fórmula química  $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$  de color rojo oscuro, rojo-pardo) en las grietas del suelo. Si el suelo se airea rápidamente se genera el moteado rojo brillante propio de la ferrihidrita (mineral de la clase de los minerales óxidos, es un óxido e hidróxido de hierro que comúnmente tiene absorbida químicamente sílice, fórmula química  $(\text{Fe}^{3+})_4\text{-}_5(\text{OH},\text{O})_{12}$  de color marrón oscuro y marrón amarillento) en los poros y grietas; este mineral no es estable y en consecuencia, se transforma en lepidocrocita con el tiempo.

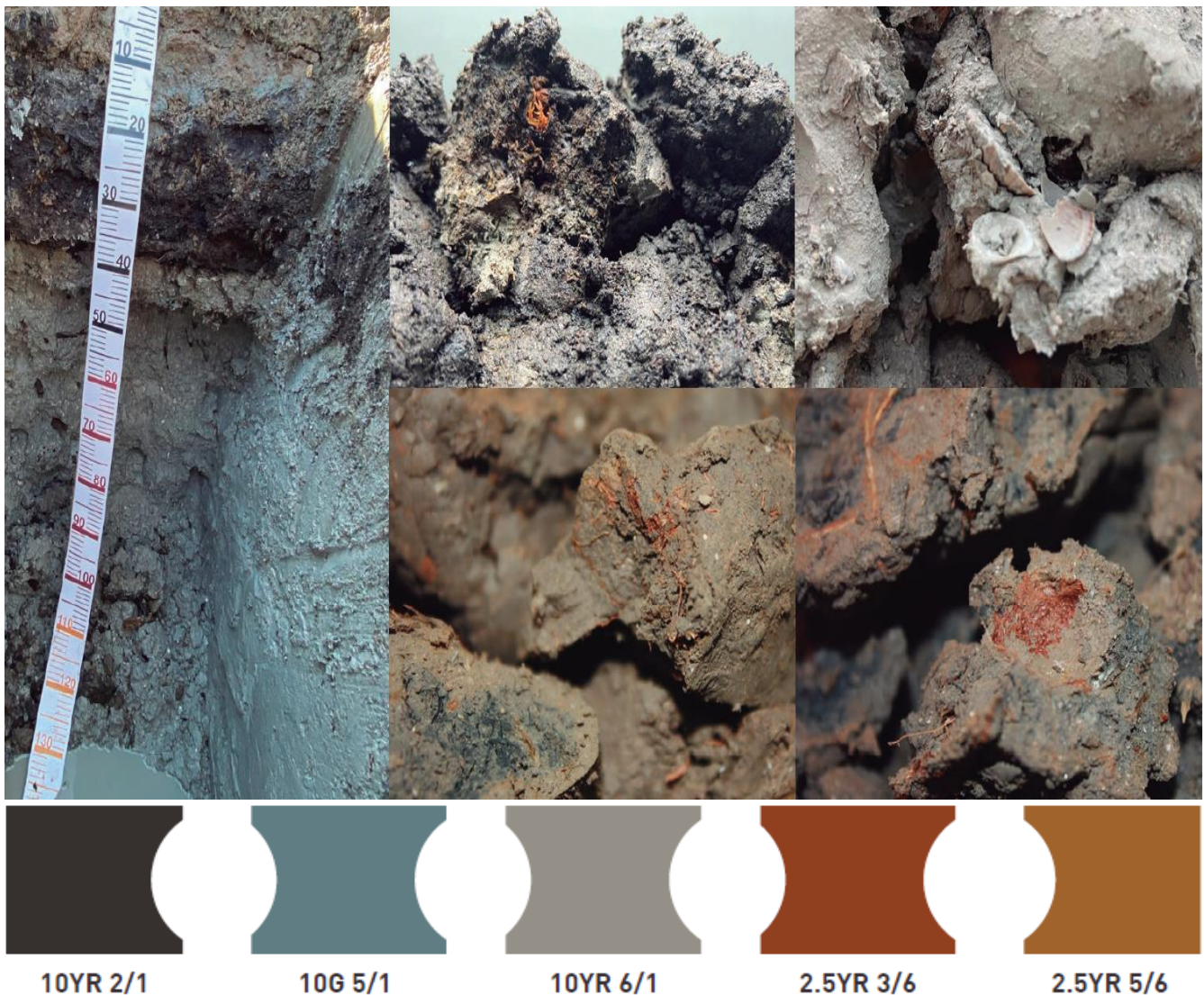


Figura 52: Ejemplo de suelos que presentan reducción mostrado en diferentes ámbitos de colores grises

Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**Color verde:** en algunos suelos bajo condiciones de mal drenaje se genera este color (Figura

**CC BY-NC-ND 4.0**

53). Estos suelos están constituidos por materiales altamente calcáreos que se ubican en el denominado pantano lacustrino (lacustre es todo lo que guarde relación con un lago por lo que está relacionado con materiales formados en o por los lagos como depósitos de playas lacustres), distribuido en forma concéntrica alrededor del lago. Estos materiales calcáreos, bajo un ambiente anaeróbico, generan el color verde que se transforma en blanco de forma irreversible una vez que se oxida. También se asocia con la ocurrencia de

- Óxidos  $Fe^{2+}$  (oxidados incompleto)



Figura 53: ejemplo de colores verdes (pequeños moteos) en el perfil del suelo  
Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Color azulado:** en zonas costeras, deltaicas o pantanosas donde hay presencia del anión sulfato, y existen condiciones de reducción (saturación con agua y agotamiento del oxígeno), este anión es utilizado por las bacterias anaeróbicas como aceptor de electrones, liberándose  $S^{2-}$ , que se combina con  $Fe^{2+}$  para precipitar como FeS que es de color negro, con el tiempo se transforma en pirita (es un mineral del grupo de los sulfuros cuya fórmula química es  $FeS_2$  (bisulfuro de hierro (II), tiene un 53,48% de azufre y un 46,52% de hierro, la pirita es uno de los minerales más usados para la obtención del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) por su elevado porcentaje en azufre) que da un color azulado metálico. Si estos suelos son drenados y aireados se forma la jarosita (sulfato de potasio y hierro hidratado básico, cuya fórmula química es  $KFe_3^{3+}(SO_4)_2(OH)_6$ ), que posee un pigmento amarillo pardo y amarillo pálido muy característico. Asociado a ello los suelos se hacen muy ácidos (pH 2,5 a 3,5), convirtiéndose en suelos sulfato-ácidos que son muy corrosivos y limitan considerablemente el crecimiento de la mayoría de las plantas (Figura 54). Adicionalmente, esta coloración se asocia con la presencia de

- Óxidos hidratados de Al (haloisita: hidrato de silicato de aluminio mono cíclico de color blanco a gris claro; brillante,  $Al_4Si_4OH_8O_{10} \cdot 8H_2O$ ).
- Fosfatos ferrosos hidratados (Vivianita:  $(Fe^{2+})_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ ) vítreo Incoloro cuando es fresco, volviéndose azul, azul verdoso o verde azulado.

**CC BY-NC-ND 4.0**



Figura 54: Ejemplo de colores azules en el perfil del suelo

Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

**La materia orgánica:** juega un papel importante en la remoción de Fe y Mn en suelos saturados con agua. Todas las bacterias, incluyendo las que reducen el Fe y el Mn requieren de una fuente de alimento; por consiguiente, las bacterias anaeróbicas se desarrollan en concentraciones de materia orgánica, particularmente en raíces muertas, en consecuencia en estas zonas se desarrollan los moteados grises.

El color es la expresión de diversos procesos químicos que actúan en el suelo (Fig. 55, 56 y 57). Estos procesos incluyen la meteorización de los materiales geológicos, la acción química de la oxidación-reducción sobre los minerales del suelo, especialmente aquellos que contienen Fe y Mn, y la bioquímica de la descomposición de la materia orgánica. Otros aspectos de la naturaleza, como el clima, el medio biofísico y la geología ejercen su influencia sobre la intensidad y condiciones bajo las cuales estas reacciones químicas ocurren.

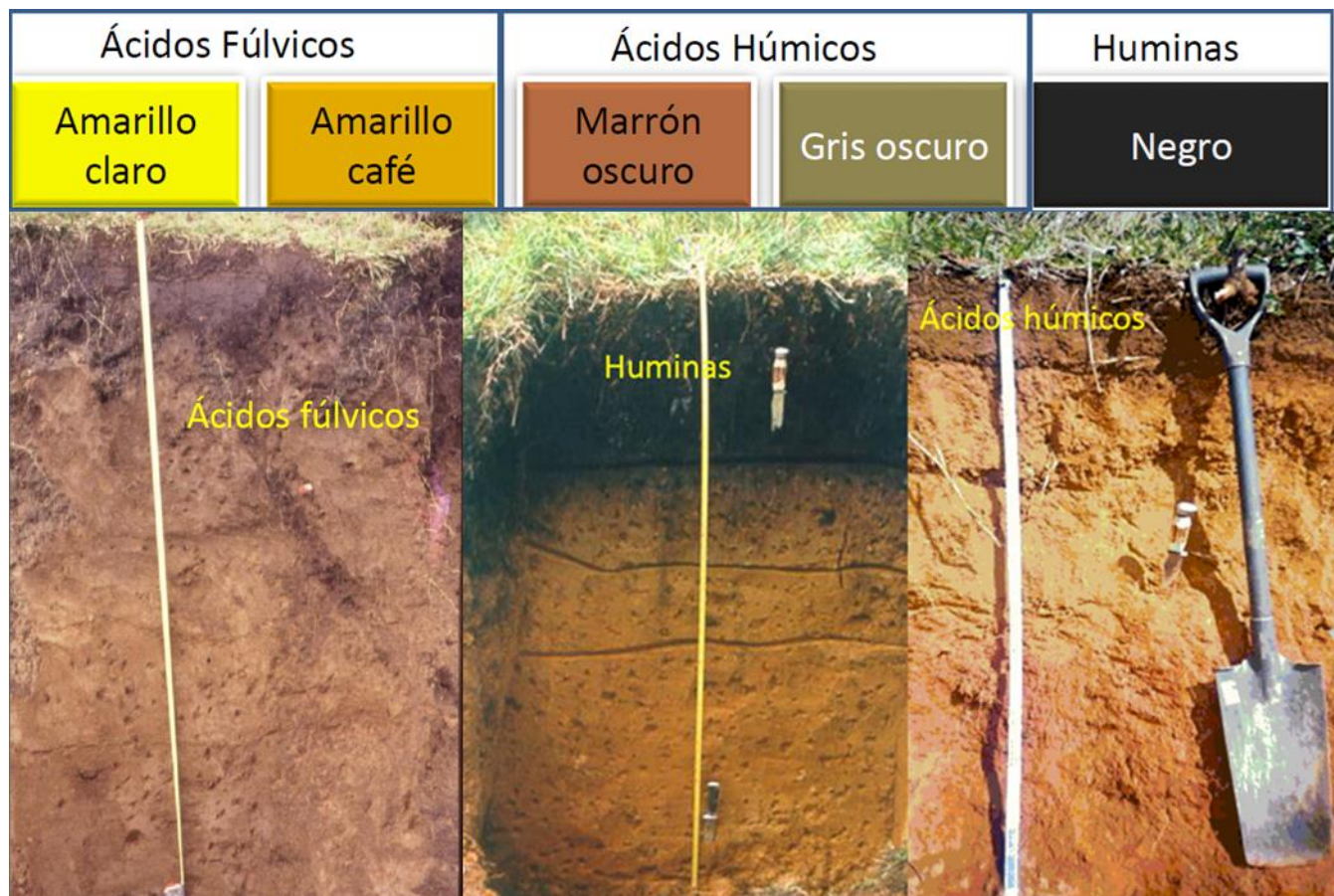


Figura 55: Efecto de los diferentes componentes de la materia orgánica y los colores del suelo

Tomado de: (Castro Méndez, 2018)

**CC BY-NC-ND 4.0**

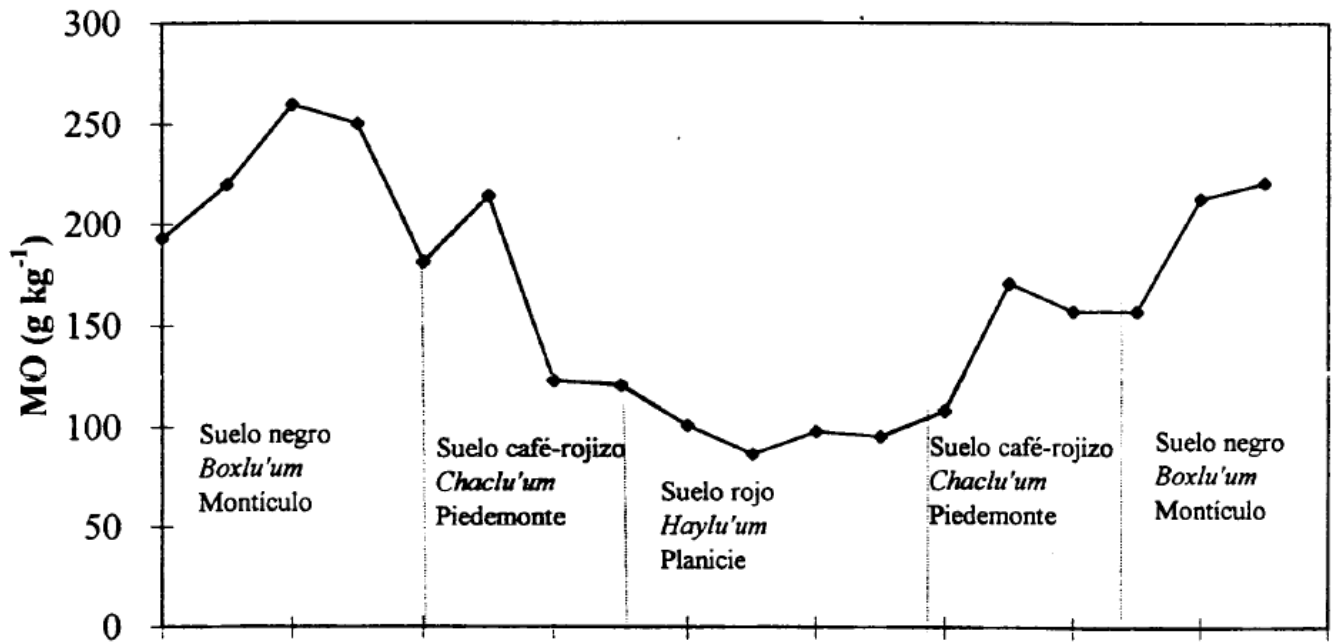


Figura 56: Variación del contenido de materia orgánica respecto a los colores del suelo  
Tomado de: (Bautista-Zúñiga, , Jiménez-Osornio,, Navarro-Alberto,, Manu, , & Lozano, 2003)

**CC BY-NC-ND 4.0**

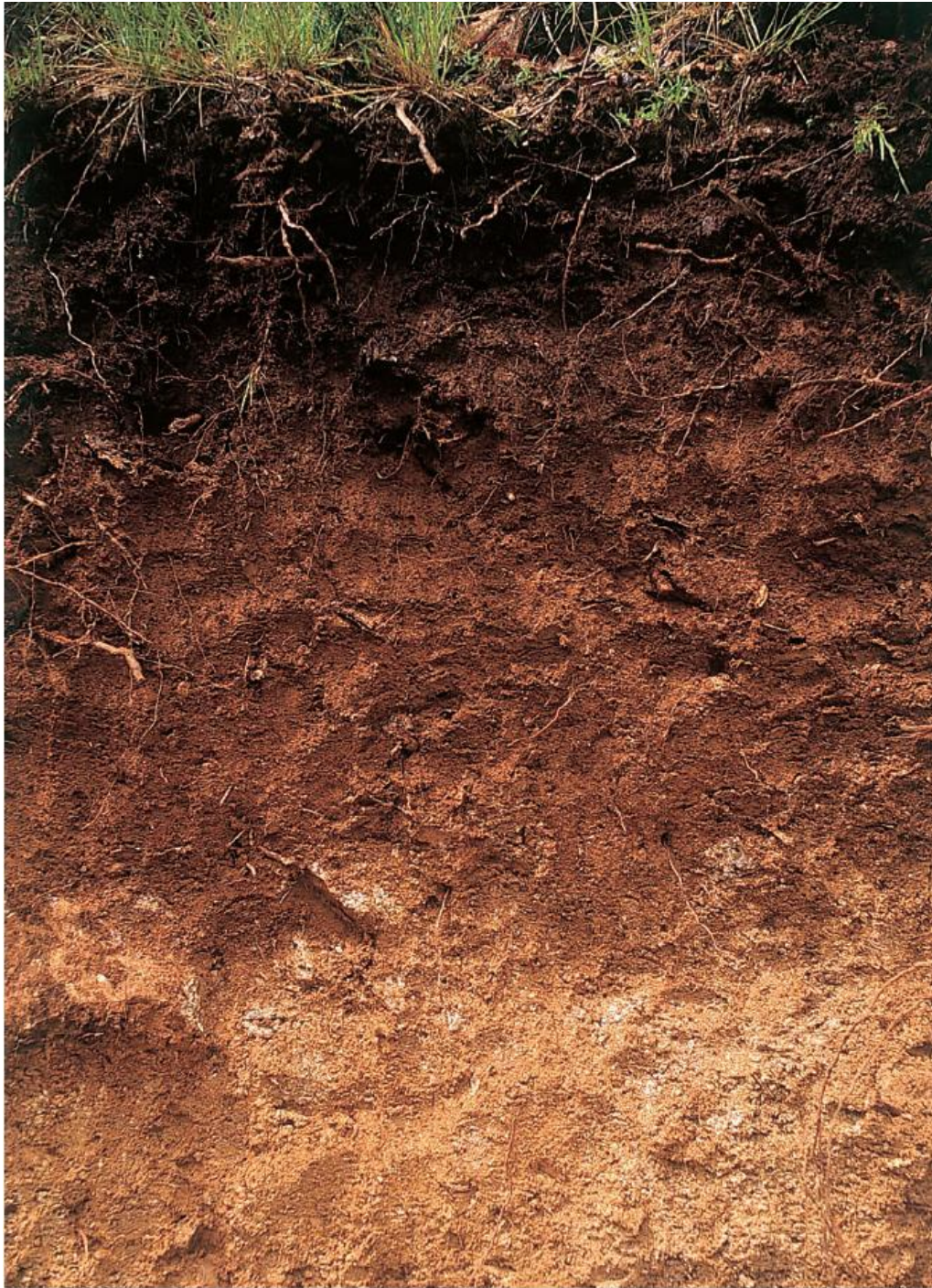


Figura 57: Ejemplo de colores oscuros en los primeros centímetros del suelo  
Tomado de: (Sociedad española de la ciencia del suelo, 2022)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

## **Materiales**

- a. Muestras de suelo.
- b. Tabla Munsell de suelos.
- c. Espátulas
- d. Platos petri o cápsulas de porcelana

## **Procedimiento**

Tome diferentes muestras de suelo húmedas, colóquelas directamente debajo de la apertura que separa las muestras de color. Seleccione previamente por comparación ocular la página donde mejor calza la muestra.

Vea la muestra en un ángulo de 90° permitiendo que la luz incida a 45° sobre la muestra y la tabla. Anote correctamente los colores en la notación Munsell y compare con sus compañeros los valores obtenidos, trabaje en grupos para determinar mejor el color

Seque en el horno a 110 °C las mismas muestras de suelo a las que se les midió el color durante 24 horas y vuelva a medir el color a las mismas muestras en seco. Compare los colores en seco y en húmedo e indique las diferencias. Si usted tiene problemas para distinguir los diferentes colores, indíquelo al instructor.

## **Preguntas**

1. ¿Cuáles son las ventajas de la notación Munsell del color comparado con las descripciones usadas anteriormente con nombres como: amarillo paja, amarillo limón, rojo encendido, etc. referido a suelos?
2. ¿Cuáles son los usos más importantes del sistema de notación Munsell?
3. ¿Por qué existe diferencia en los colores del suelo en húmedo con respecto a cuándo están secas.

**CC BY-NC-ND 4.0**

## Bibliografía

- (s.f.). *Sistema métrico decimal: longitud, masa, capacidad, superficie y volumen*. Recuperado el Junio de 2025, de <https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/ceperdionisiomontero/files/2022/09/Sistema-m%C3%A9trico-decimal-teoria.pdf>
- (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de <https://i.pinimg.com/originals/1a/de/ff/1adeffc9f833e7d563d496179cdc7e2a.jpg>
- (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de <https://i.pinimg.com/736x/6a/d6/b9/6ad6b938289b38a0b4694aec0018c30d.jpg>
- (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.delcampe.net/static/img\\_large/auction/002/020/438/793\\_001.jpg](https://www.delcampe.net/static/img_large/auction/002/020/438/793_001.jpg)
- (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de <https://i.pinimg.com/736x/af/31/eb/af31eb466eaa118dff8d0d3552d6b017.jpg>
- (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=f9quF7Tu&id=A4F798613603A9FA9C0CE88FBE8FC8CF67B50C27&thid=OIP.f9quF7TuA9yhvxqVGdMTCAHaJl&mediaurl=https%3A%2F%2Fs2.studylib.es%2Fstore%2Fdata%2F004426846\\_1-c63406273626fe181eaa42e9fad56f9-768x994.png&](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=f9quF7Tu&id=A4F798613603A9FA9C0CE88FBE8FC8CF67B50C27&thid=OIP.f9quF7TuA9yhvxqVGdMTCAHaJl&mediaurl=https%3A%2F%2Fs2.studylib.es%2Fstore%2Fdata%2F004426846_1-c63406273626fe181eaa42e9fad56f9-768x994.png&)
- (s.f.). Recuperado el Mayo de 2025, de <https://www.facebook.com/photo/?fbid=1235300548611721&set=pcb.1235300611945048>
- Agrositio. (Noviembre de 2023). *Paso a paso para hacer una calicata agrícola*. Recuperado el Junio de 2025, de <https://www.agrositio.com.ar/noticia/232256-paso-a-paso-para-hacer-una-calicata-agricola.html>
- Bautista-Zúñiga, F., Jiménez-Osornio, J., Navarro-Alberto, J., Manu, A., & Lozano, R. (Enero-Marzo de 2003). Microrelieve y color del suelo como propiedades de diagnóstico en Leptosoles cársticos. *Terra Latinoamericana*, 1 - 11. Recuperado el Junio de 2025, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321101>
- Brady, N., & Weil, R. (2010). *Elements of the nature and properties of soils*. Recuperado el Junio de 2025, de [http://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwccag.weebly.com%2Fupload%2F1%2F9%2F2%2F9%2F19299463%2Fsoil\\_classification\\_pedons\\_.pdf&psig=A\\_OvVaw3ize12Rz-pkrcFHpLfwHko&ust=1751862183747000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwjO\\_8OqsaeOAxVpc](http://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwccag.weebly.com%2Fupload%2F1%2F9%2F2%2F9%2F19299463%2Fsoil_classification_pedons_.pdf&psig=A_OvVaw3ize12Rz-pkrcFHpLfwHko&ust=1751862183747000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwjO_8OqsaeOAxVpc)

**CC BY-NC-ND 4.0**

- Castro Méndez, C. (Febrero de 2018). *Tabla Munsell Teoría y práctica* y *Manejo de Tabla de colores Munsell*, 55. Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.researchgate.net/publication/329487502\\_Tabla\\_Munsell\\_Teoria\\_y\\_practica\\_y\\_Manejo\\_de\\_Tabla\\_de\\_colores\\_Munsell\\_y\\_regimen\\_de\\_Humedad](https://www.researchgate.net/publication/329487502_Tabla_Munsell_Teoria_y_practica_y_Manejo_de_Tabla_de_colores_Munsell_y_regimen_de_Humedad)
- Castro, M. C. (Febrero de 2018). *Tabla Munsell Teoría y práctica* y *Manejo de Tabla de colores Munsell y régimen de Humedad*. Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.researchgate.net/publication/329487502\\_Tabla\\_Munsell\\_Teoria\\_y\\_practica\\_y\\_Manejo\\_de\\_Tabla\\_de\\_colores\\_Munsell\\_y\\_regimen\\_de\\_Humedad](https://www.researchgate.net/publication/329487502_Tabla_Munsell_Teoria_y_practica_y_Manejo_de_Tabla_de_colores_Munsell_y_regimen_de_Humedad)
- Centro español de metrología. (2013). *Recomendaciones del centro español de metrología para la enseñanza*. Recuperado el Julio de 2025, de [https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/recomendaciones\\_cem\\_ensenanza\\_metrologia.pdf](https://www.cem.es/sites/default/files/2021-01/recomendaciones_cem_ensenanza_metrologia.pdf)
- Cerón-González, A., Olivares-Martínez, L., Bobadilla-Ballesteros, M., Gámez-Barajas, C., Vargas-Rodríguez, D., & Amador-Sierra, J. (2020). 2er Concurso mexicano de evaluación de suelos. *Manual de evaluación de suelos*, 52. Ciudad de México, México. Recuperado el Junio de 2025
- Chavarría, V. A. (2009). *Manual de laboratorio de edafología*. Costa Rica. Recuperado el Junio de 2025
- Colegio de postgraduados - Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. (2006). *Manual para muestreo de suelos plantas y aguas e interpretación de análisis*. México. Recuperado el Junio de 2025
- Coordinación de planeación para el uso de la biodiversidad (CONABIO). (Noviembre de 2017). *El color de los suelos en México*. México. Recuperado el Junio de 2025
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. (s.f.). *Recolección de una muestra de suelo*. Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_4/mod\\_virtuales/modulo\\_2/tema\\_11.html](https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo_2/tema_11.html)
- Díaz, M. J. (2018). Recuperado el Junio de 2025, de <https://pabellon.tecnm.mx/CENTRODEINFORMACION/app/files/081050145.pdf>
- Emilio, P. (Febrero de 2012). ¿Sabías que Exactitud no es lo mismo que Precisión? *La revista española de metrología*. Recuperado el Junio de 2025, de <https://materias.df.uba.ar/f1qa2017c1/files/2012/07/exactitud-precision.pdf>
- Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedios y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibración del acuerdo con la norma técnica NTC-ISO/IEC 17025. (Agosto de 2007). *Scientia et Technica*, 6. Recuperado el Junio de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903579.pdf>

**CC BY-NC-ND 4.0**

Hernández, J. L. (2007). *Métodos para el análisis físico de los suelos*. San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de [http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/metodos\\_analisis.pdf](http://ediciones.inca.edu.cu/files/folletos/metodos_analisis.pdf)

Las Matemáticas en secundaria: Áreas de figuras planas. (12 de Mayo de 2013). *Áreas de figuras planas*. Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=YTm%2F%2B98E&id=D1C8A80253C9452E1D5825EDC71280021B3019D7&thid=OIP.YTm\\_-98E6Ugy6cWQp8AuCQAAAA&mediurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.6139bffbdf04e94832e9c590a7c02e09%3Frik%3D1xkwGwKAesftJQ%26r](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=YTm%2F%2B98E&id=D1C8A80253C9452E1D5825EDC71280021B3019D7&thid=OIP.YTm_-98E6Ugy6cWQp8AuCQAAAA&mediurl=https%3A%2F%2Fth.bing.com%2Fth%2Fid%2FR.6139bffbdf04e94832e9c590a7c02e09%3Frik%3D1xkwGwKAesftJQ%26r)

Math Quick Reference Card. (s.f.). *Sistema Internacional de Unidades*. Recuperado el Junio de 2025, de [https://3con14.com/\\_data/bloques/aritmetica/qrc\\_sistema\\_metrico\\_decimal.pdf](https://3con14.com/_data/bloques/aritmetica/qrc_sistema_metrico_decimal.pdf)

Ramírez, C. F. (2005). *El muestreo de suelos*. Recuperado el Junio de 2025

Ramos, J. (s.f.). *Sistema de unidades, factores de conversión e información técnica*. Recuperado el Junio de 2025, de [https://www.academia.edu/13129863/SISTEMAS\\_DE\\_UNIDADES\\_FACTORES\\_DE\\_CONVERSION\\_E\\_INFORMACION\\_TECNICA?auto=download](https://www.academia.edu/13129863/SISTEMAS_DE_UNIDADES_FACTORES_DE_CONVERSION_E_INFORMACION_TECNICA?auto=download)

Rodríguez Pérez, F. (2007). método del hidrómetro: base teórica para su empleo en la determinación de la distribución del. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16, 19 - 24. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93216305.pdf>

Rodríguez, T., & Tenías, J. (Marzo - Abril de 1982). *Pautas a seguir para el muestreo de los suelos*. Recuperado el Junio de 2025, de <http://www.sian.inia.gob.ve/FonaiapDivulga/fd03/texto/pautas.htm>

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2017). *Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos*, 88.

Sociedad española de la ciencia del suelo. (2022). *El mcolor en el suelo*. Recuperado el Junio de 2025

Todo Ingeniería Industrial. (s.f.). Recuperado el Junio de 2025, de <https://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/2-7-tipos-de-errores/>

TTamayo. (s.f.). *El Sistema de Color Munsell*. Recuperado el Junio de 2025, de <https://www.ttamayo.com/2020/01/munsell-el-color-de-la-piel/>

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Ingeniería en Suelos. (2004). *Edafología. Guía de Clases Prácticas*, 74. Recuperado el Junio de 2024

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -**

**Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

BENGOUGH, A., MULLINS, C. 1991 Penetrometer resistance, root penetration and root elongation rate in two sandy loam soils. Pl. Soil 131:59-66.

EHLERS, W., KÖPKE, U., HESSE, F., BÖHM, W. 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. Soil Till. Res. 3:261-275.

<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n3/texto/fovalles.htm>

<http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04/imagenes/micrdesc.gif>

<http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04/imagenes/micriont.gif>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Textura\\_del\\_suelo](http://es.wikipedia.org/wiki/Textura_del_suelo)

Forsythe, W. 1975. Física de Suelos. Centro Interamericano de documentación. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Costa Rica.

Foster; B. 1964. Métodos Aprobados en Conservación de Suelos Centro Regional de Ayuda Técnica (A.I.D.) México.

González, M. 1975. Manual de Laboratorio de Edafología. Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

Hesse, P.R. 1971. A Textbook Of Soil Chemical Analysis Chemical Publishing. Co. Inc. New York, U.S.A.

[http://images.google.co.cr/imgres?imgurl=http://www.iqb.es/diccio/imagenes/ph2.jpg&imgrefurl=http://www.iqb.es/diccio/e/ph.htm&usq=\\_\\_TSEJmRm8DGPJUqin0pwz-qb\\_t3g=&h=358&w=344&sz=34&hl=es&start=2&um=1&tbnid=1p2HYJlrHAnVnM:&tbnh=121&tbnw=116&prev=/imagenes%3Fq%3Descala%2Bacidez%2Bdel%2Bph%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1](http://images.google.co.cr/imgres?imgurl=http://www.iqb.es/diccio/imagenes/ph2.jpg&imgrefurl=http://www.iqb.es/diccio/e/ph.htm&usq=__TSEJmRm8DGPJUqin0pwz-qb_t3g=&h=358&w=344&sz=34&hl=es&start=2&um=1&tbnid=1p2HYJlrHAnVnM:&tbnh=121&tbnw=116&prev=/imagenes%3Fq%3Descala%2Bacidez%2Bdel%2Bph%26hl%3Des%26sa%3DN%26um%3D1)

**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarria@itcr.ac.cr](mailto:adchavarria@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)

Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. N.Y.

MARTINO, D., SHAYKEWICH, C. 1994. Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions. Can. J. Soil Sci. 74:193-200.

TAYLOR, H., GARDNER, H. 1963. Penetration of cotton seedling taproots as influenced by bulk density, moisture content, and strength of soil. Soil Sci. 96:153- 156.

TAYLOR H. ROBERSON, G., PARKER, J. 1966. Soil strength-root penetration relations for medium- to coarse-textured soil materials.  
Soil Sci. 102:18-22.

Yúfera E.P. 1973. Química Agrícola 1. Suelos y Fertilizantes Editorial Alhambra. España.

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarria@itcr.ac.cr](mailto:adchavarria@itcr.ac.cr) [chavarriavae@gmail.com](mailto:chavarriavae@gmail.com)**

# Instructivo para la elaboración de informes

## Contenidos del informe

La secuencia de trabajo será la siguiente:

1. Portada
2. Objetivos
3. Revisión de literatura
4. Materiales
5. Procedimiento
6. Resultados y análisis de resultados
7. Conclusiones y recomendaciones
8. Respuestas a las preguntas propuestas
9. Bibliografía

## Formato del Texto

Será de uso obligatorio, con exclusión de cualquier otro sistema, el Sistema Internacional de Unidades, denominado bajo las siglas "SI", basado en el Sistema Métrico Decimal, en sus unidades básicas, derivadas y suplementarias de medición.

### 1. Portada

Debe tener el nombre de la universidad, nombre del curso, nombre de la práctica del laboratorio, nombre de los estudiantes con el porcentaje de participación en práctica e informe realizado y la fecha de entrega.

### 2. Objetivos

Se deben de especificar los objetivos generales y específicos de la práctica propuesta

### 3. Revisión de literatura

Incluye todo aquel material relacionado con los marcos teóricos, conceptuales o contextuales del tema a desarrollar o desarrollado.

A lo largo del proceso de elaboración del trabajo el alumno consulta literatura (revistas, libros tesis y otros) o fuentes de información que le sugieren cambios en la cantidad u ordenamiento de los temas que inicialmente pensaba tratar, sean estos electrónicos o no.

**CC BY-NC-ND 4.0**

#### **4. Materiales**

Se incluye una lista de los principales equipos o instrumentos utilizados en la práctica, especificando las principales características técnicas de los mismos.

#### **5. Procedimiento**

En el informe (el cual se escribe un pasado o infinitivo) se describen los procedimientos que fueron seguidos por el alumno en su trabajo. La idea básica es que quien lea esta sección pueda entender y aprender cómo es que el estudiante desarrolló el trabajo, para tener mejores elementos de juicio sobre la calidad del mismo o para hacer algo parecido. En este apartado, las fórmulas (si las hay) deben numerarse para hacer referencia a ellas en los cálculos.

#### **6. Resultados y análisis de resultados**

Se trata de una parte que representa el producto del trabajo. Su propósito fundamental es describir objetivamente la información que se obtuvo una vez que se desarrolló el trabajo..

En este capítulo hay que tener presente ciertos aspectos referentes a la relación que debe existir entre el texto y los cuadros o figuras que se presenten.

Deben ser explicativos por sí solos, estar debidamente identificados con títulos claros y concisos, ser agradable a la vista y fáciles de entender. Además, a menos de que sean muy grandes, deben ir intercalados dentro del texto. Este último punto es muy importante; algunos piensan que en un estudio cuantitativo típico, el capítulo de resultados consiste solo en presentar una serie de cuadros y junto a cada uno escribir un comentario, que casi siempre es repetir con palabras lo que está dicho en números. Los cuadros y figuras deben verse como auxiliares de texto, algo que no sustituya el texto pero que también presenta información importante por sí sola. El texto, por su parte se concentra en enfatizar ciertos datos sobresalientes que hay en los cuadros o figuras, en destacar relaciones entre diferentes datos, en unir esa información con la de otros cuadros. El título se coloca en la parte superior del cuadro, mientras que el título de las figuras se coloca en la base de las mismas.

#### **7. Conclusiones y recomendaciones**

Su propósito fundamental es presentar interpretaciones, explicaciones, comentarios, etc., acerca de los resultados obtenidos en el estudio.

Consiste en presentar consecuencias de los resultados o de las explicaciones que se han dado al discutirlos. Hay quienes equiparan el concepto de resultados al de conclusiones y al elaborar este capítulo se limitan a listar los hallazgos más relevantes del estudio, con lo que demuestran que no se han situado en el nivel de abstracción que se mencionó. El planeamiento de las conclusiones requiere de mucha reflexión y un lenguaje cuidadoso y prudente. Las

**CC BY-NC-ND 4.0**

recomendaciones buscan sugerir, de la manera más concreta y directa, qué se podría hacer para solucionar los problemas identificados.

Los dos elementos básicos del capítulo-conclusiones y recomendaciones pueden organizarse de múltiples maneras por lo que tampoco se dan indicaciones de cómo hacerlo.

## **8. Respuestas**

Debe de responderse ampliamente cada una de las preguntas que se expresan al final de cada práctica de laboratorio.

## **9. Bibliografía**

Debe de organizarse de acuerdo a las normas establecidas por el sistema APA el cual se encuentra instalado en Word 2007.

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -**

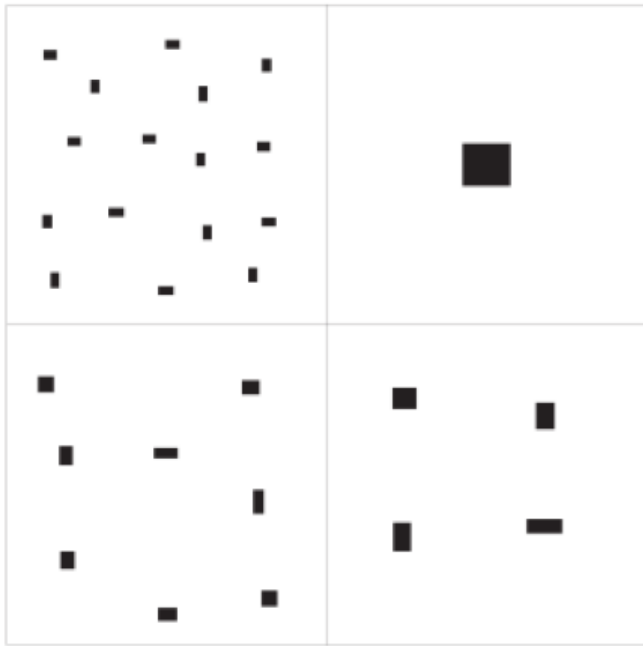
**Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarrivae@gmail.com](mailto:chavarrivae@gmail.com)**

# Anexos

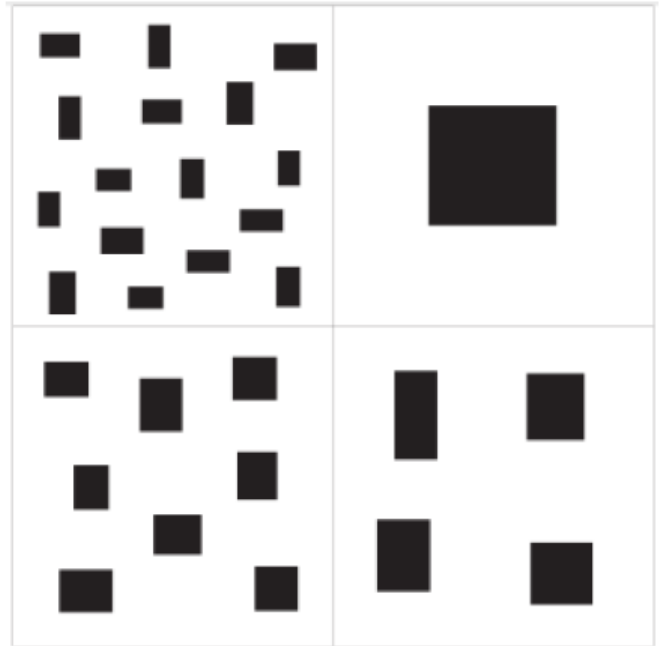
**CC BY-NC-ND 4.0**

Instituto Tecnológico de Costa Rica - Escuela Ingeniería Agrícola -  
Dr. Adrián Enrique Chavarría Vidal. [adchavarría@itcr.ac.cr](mailto:adchavarría@itcr.ac.cr) [chavarríavae@gmail.com](mailto:chavarríavae@gmail.com)

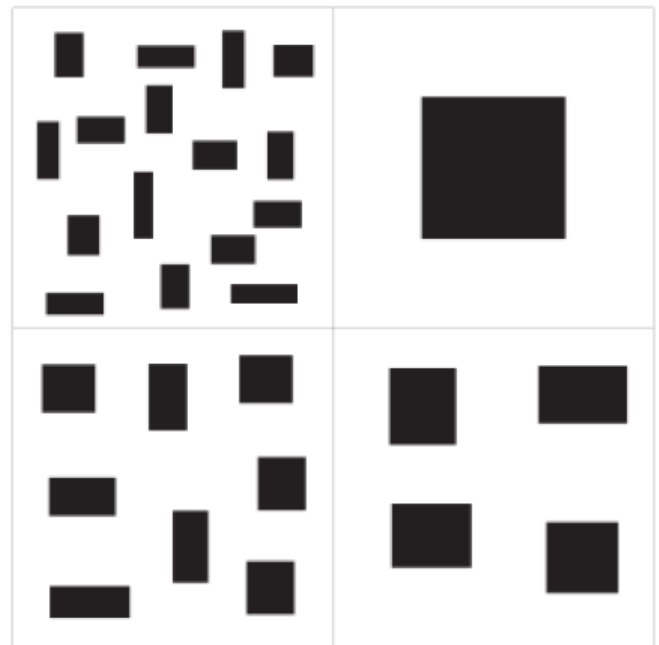
Porcentaje de colores grises u otras matrices del suelo y ejemplo de hoja de información de levantamiento de los suelos



2%



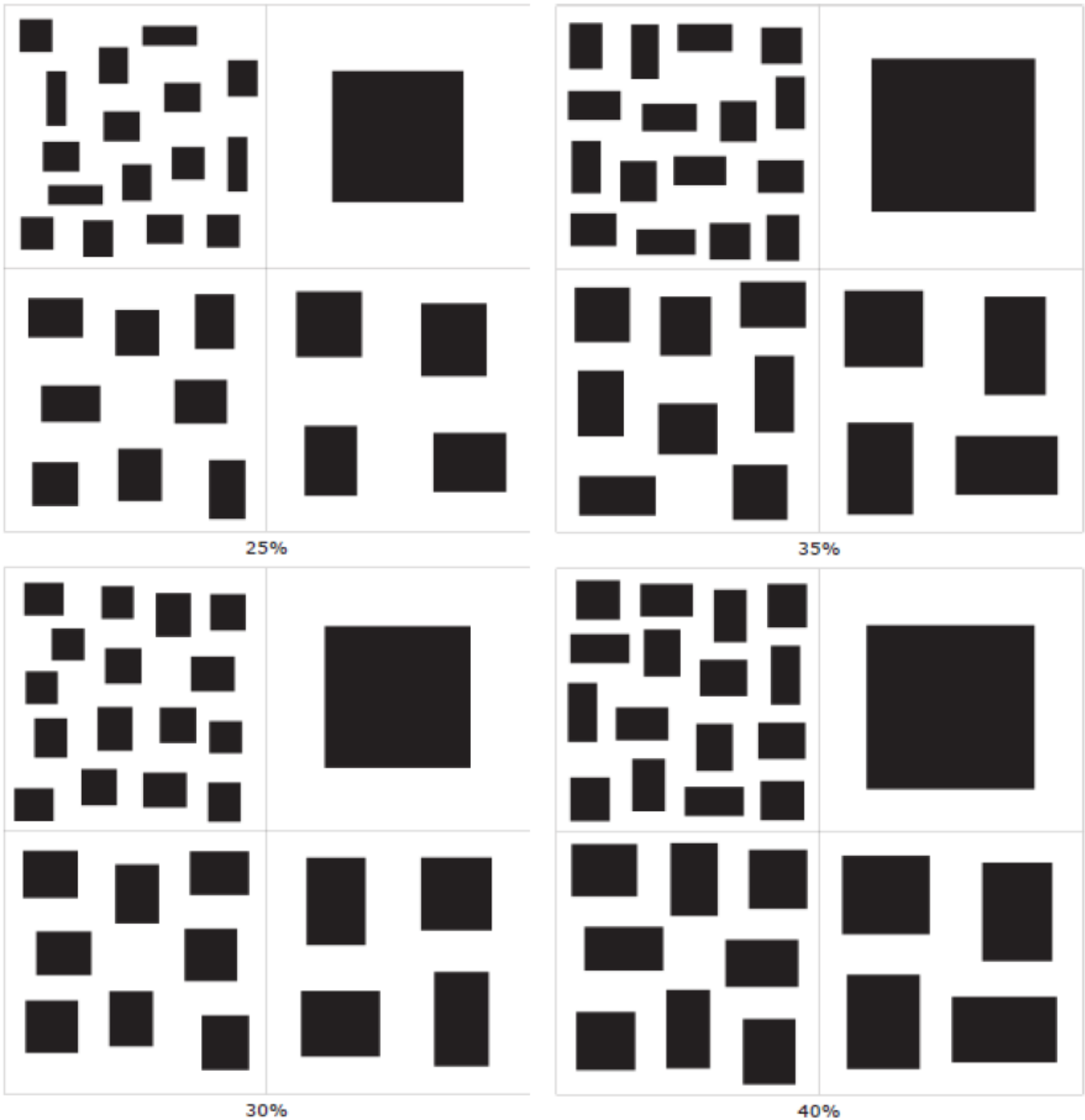
15%



20%

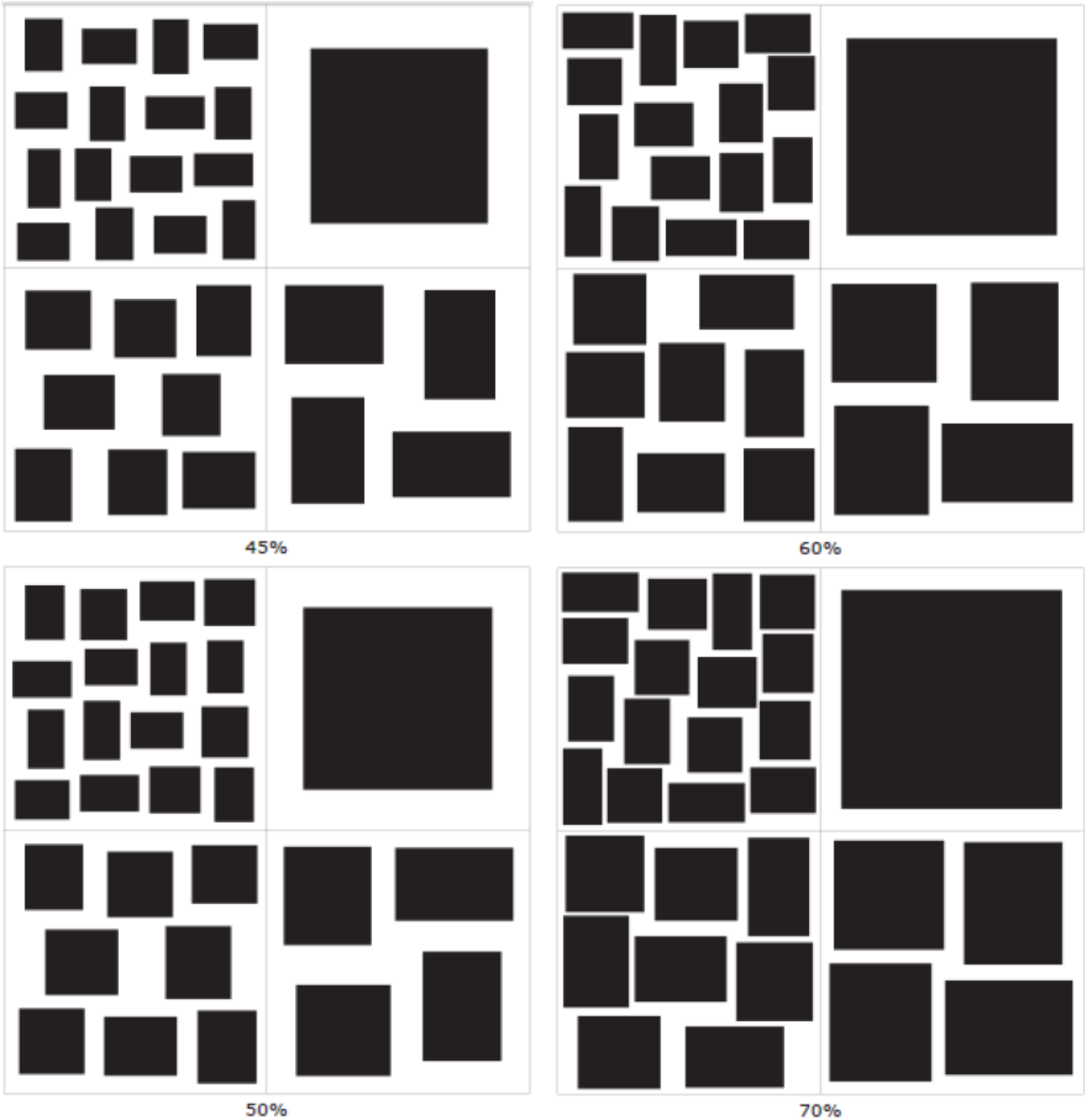
**CC BY-NC-ND 4.0**

Continuación anexo 1



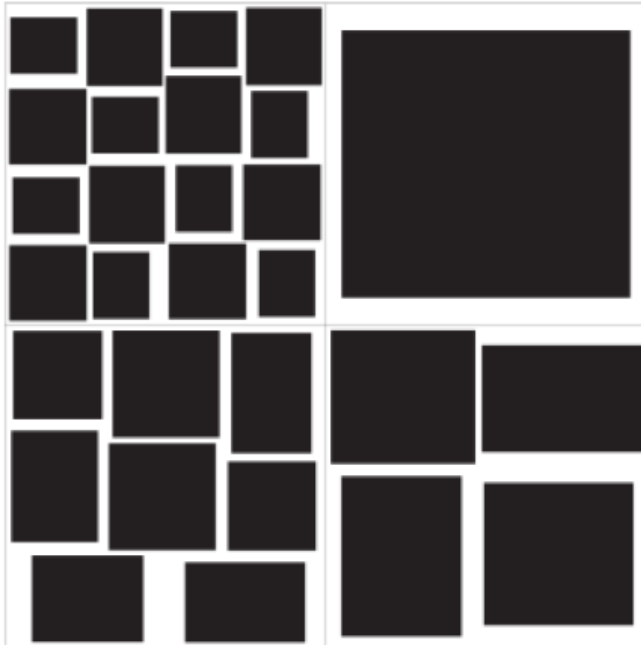
**CC BY-NC-ND 4.0**

Continuación anexo 1

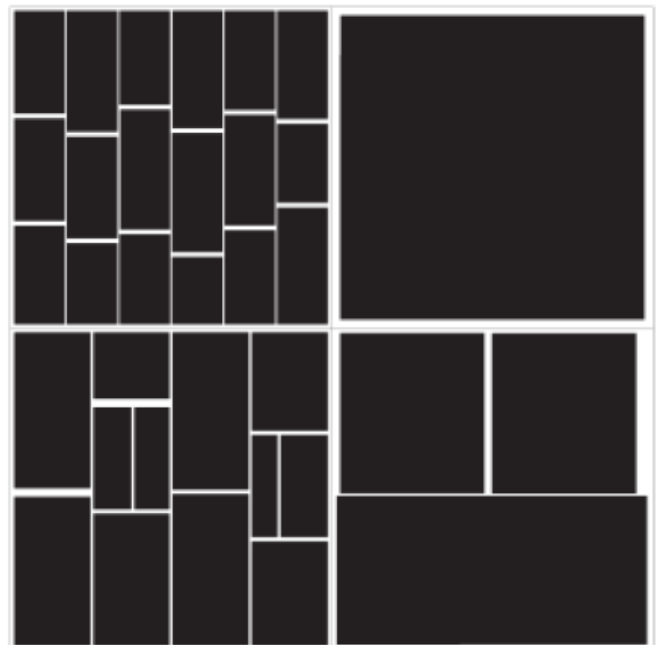


**CC BY-NC-ND 4.0**

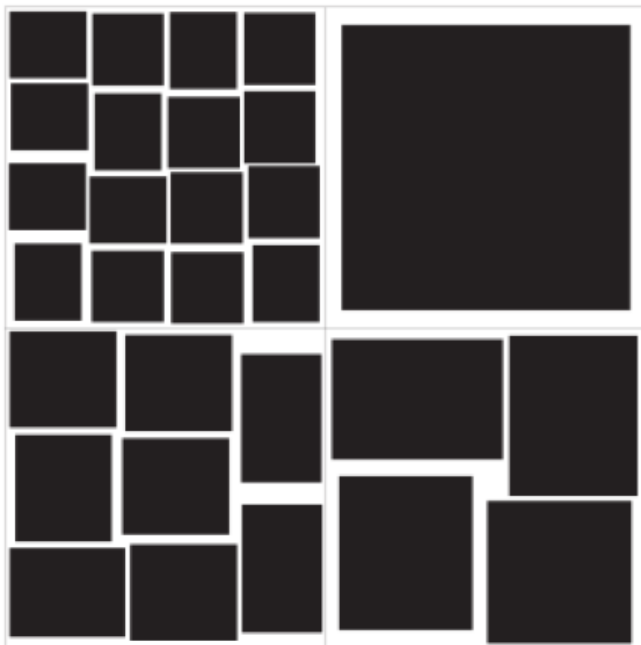
Continuación anexo 1



75%



90%



80%

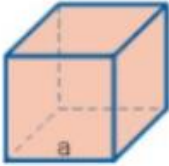
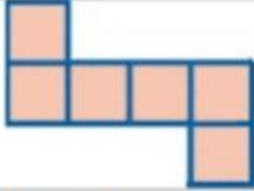

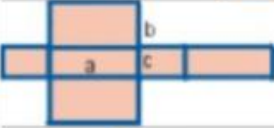
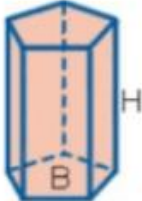
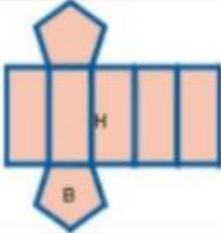
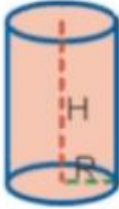
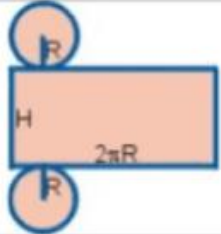

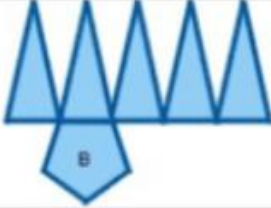
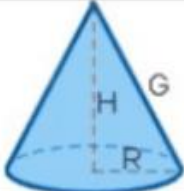



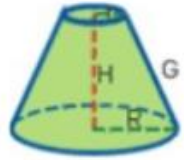

**CC BY-NC-ND 4.0**

Continuación anexo 1

TRANSICION		NOTAS		ESTRUCTURA		CONSISTENCIA		PEDREGOSIDAD		ROCOSIDAD		CLASES DE PENDIENTE		CLASES DE EROSION																																						
<p>d = +12.5 g = 12.5 - 6.5 c = 6.5 - 2.5 a = 2.5 - 0</p>		<p><b>Cantidad</b> Pc = 2% Cm = 2 a 20% Ab = 20%</p> <p><b>Tamaño</b> 1 = 1 mm. 2 = 1-2 mm. 3 = 2-5 mm. 4 = 5-15 mm. 5 = 15 mm.</p> <p><b>Contraste</b> t = tenue n = neto s = sobresaliente</p> <p><b>Límites</b> a = abrupto c = claro d = difuso</p>		<p><b>Tipo</b> l. = laminar pr. = prismatica ca. = columnar ba. = bloques angulares bs. = bloques sub-angulares gr. = granular (s/ poros) ml. = migajosa (c/ poros) m. = mesiva</p> <p><b>Clase</b></p> <table border="1"> <tr> <td>(1)</td> <td>(pr. co)</td> <td>(ba bs)</td> <td>(gr ml)</td> </tr> <tr> <td>espesor mm.</td> <td>altura mm.</td> <td>ancho mm.</td> <td>diámetro mm.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10-20</td> <td>5-10</td> <td>1-2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>20-50</td> <td>10-20</td> <td>2-5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50-100</td> <td>20-50</td> <td>5-10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>+100</td> <td>+50</td> <td>+10</td> </tr> </table> <p><b>Grado</b> n = sin estructura d = debil m = moderada f = fuerte</p>		(1)	(pr. co)	(ba bs)	(gr ml)	espesor mm.	altura mm.	ancho mm.	diámetro mm.	1	10	5	1	2	10-20	5-10	1-2	3	20-50	10-20	2-5	4	50-100	20-50	5-10	5	+100	+50	+10	<p><b>En Saco</b> s = suelto b = blando ld = ligeramente duro d = duro md = muy duro ed = extremadamente duro</p> <p><b>En Húmedo</b> mfr = muy friable fr = friable fi = firme mfi = muy firme efi = extremadamente firme</p> <p><b>En Mojado</b> npl = no plastico dpl = debilmente plastico pl = plastico mpl = muy plastico</p> <p><b>Pegajosidad</b> np = no pegajoso dp = debilmente pegajoso p = pegajoso mp = muy pegajoso</p>		<p>Distantes +30mts. --- 0 --- -0.01% 30 --- 10 --- 1 --- 0.01 --- 0.1% 10 --- 1.50 --- 2 --- 0.1 --- 3% 1.50 --- 0.75 --- 3 --- 15% - 0.75 --- 4 --- 15 --- 90% pura piedra --- 5 --- +90%</p>		<p><b>CLASES DE EROSION</b> 1 - Menos del 25% - Hor. A perdido 2 - 25-75% de A perdido Algunos zonjos superficiales 3 - 75% de A y parte de B perdido muchas superficiales Zonjos algunas profundas 4 - Suelo perdido</p>		<p><b>CLASES DE PENDIENTE</b> A - 0 - 1% B - 1 - 3% C - 3 - 6% D - 6 - 12% E - 12 - 24% F - +24%</p>		<p><b>MINERALES PRIMARIOS</b> Q - cuarzo F - feidspato M - mica P - ferromagnesianos</p> <p><b>INTENSIDAD DE REACCION al HCl 10% y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10 vol.</b> - ausente + debil (oído) ++ moderada (visual) +++ fuerte</p>		<p><b>HUMEDAD</b> S - seco F - fresco H - húmedo M - mojado E - empapado</p>								
(1)	(pr. co)	(ba bs)	(gr ml)																																																	
espesor mm.	altura mm.	ancho mm.	diámetro mm.																																																	
1	10	5	1																																																	
2	10-20	5-10	1-2																																																	
3	20-50	10-20	2-5																																																	
4	50-100	20-50	5-10																																																	
5	+100	+50	+10																																																	
<p><b>TEXTURA</b> Ar = arena L = limo Ac = arcilla F = franco</p> <p>Cuando hay arena se opreso f = 0.10-0.25 m = 0.25-0.50 g = 0.50-1.00 "S" completando con mg = 1.00-2.00</p> <p><b>Pauta para fracciones de rocas mayores de 0.2</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Angulosos</th> <th>Redondeados</th> <th>Chatras</th> </tr> <tr> <td>2-10 mm gv</td> <td>gl</td> <td>e</td> </tr> <tr> <td>10-50 mm ga</td> <td>gj</td> <td>lm</td> </tr> <tr> <td>50-250 mm cg</td> <td>go</td> <td>lj</td> </tr> <tr> <td>&gt; 250 mm P</td> <td>P</td> <td>P</td> </tr> </table> <p><b>Cantidad</b> A = abundantes C = comunes P = pocos (Mas de 20% ajustar la textura)</p>		Angulosos	Redondeados	Chatras	2-10 mm gv	gl	e	10-50 mm ga	gj	lm	50-250 mm cg	go	lj	> 250 mm P	P	P	<p><b>REVESTIMIENTOS</b> d = delgado m = medio g = grueso mg = muy grueso</p> <p>V = vertical H = horizontal P = pocos C = granos de arena T = todos</p> <p>1 = continuos 2 = discontinuos 3 = manchas</p> <p>P = pelucos de arcilla D = slickensides R = otros revestimientos</p>		<p><b>CONCRECIONES</b> Tipo: Ca, Fe, Mn, Si</p> <table border="1"> <tr> <th>Tamaño</th> <th>Cantidad</th> </tr> <tr> <td>1 mm.</td> <td>1-1% - p</td> </tr> <tr> <td>1-2 "</td> <td>2-5% - c</td> </tr> <tr> <td>2-5 "</td> <td>3-10% - a</td> </tr> <tr> <td>5-15 "</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>+15 "</td> <td>5</td> </tr> </table> <p><b>Consistencia</b> fr - friables d - duras sl - silicificadas</p>		Tamaño	Cantidad	1 mm.	1-1% - p	1-2 "	2-5% - c	2-5 "	3-10% - a	5-15 "	4	+15 "	5	<p><b>POROS Y RAICES (c/lupa)</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Diámetro</th> <th>Abundancia</th> </tr> <tr> <td>-10 μ - k</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10-30 μ - f</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30-200 μ - m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>200 μ - 2 mm - g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>+2 mm - mg</td> <td></td> </tr> </table> <p><b>Abundancia</b> Nº/cm<sup>2</sup> <b>Orientacion</b> h - horizontales v - verticales o - oblicuos</p>		Diámetro	Abundancia	-10 μ - k		10-30 μ - f		30-200 μ - m		200 μ - 2 mm - g		+2 mm - mg		<p><b>MINERALES PRIMARIOS</b> Q - cuarzo F - feidspato M - mica P - ferromagnesianos</p> <p><b>INTENSIDAD DE REACCION al HCl 10% y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10 vol.</b> - ausente + debil (oído) ++ moderada (visual) +++ fuerte</p>		<p><b>HUMEDAD</b> S - seco F - fresco H - húmedo M - mojado E - empapado</p>			
Angulosos	Redondeados	Chatras																																																		
2-10 mm gv	gl	e																																																		
10-50 mm ga	gj	lm																																																		
50-250 mm cg	go	lj																																																		
> 250 mm P	P	P																																																		
Tamaño	Cantidad																																																			
1 mm.	1-1% - p																																																			
1-2 "	2-5% - c																																																			
2-5 "	3-10% - a																																																			
5-15 "	4																																																			
+15 "	5																																																			
Diámetro	Abundancia																																																			
-10 μ - k																																																				
10-30 μ - f																																																				
30-200 μ - m																																																				
200 μ - 2 mm - g																																																				
+2 mm - mg																																																				

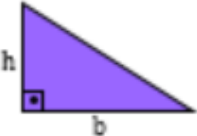
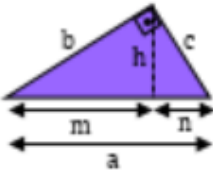
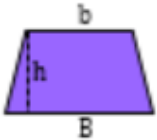
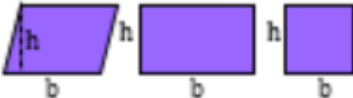
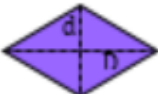

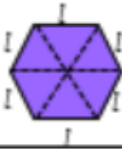




CC BY-NC-ND 4.0

Anexo 2: Áreas, volúmenes y relaciones más generales de figuras geométricas

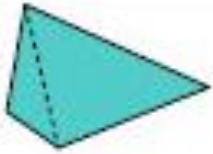

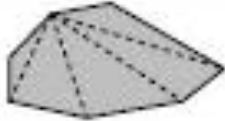
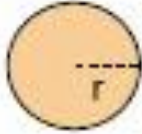
Cubo o Hexaedro			$A = 6a^2$	$V = 6a^3$
Paralelepípedo u ortoedro			$A = 2(ab+ac+bc)$	$V = abc$
Prisma			$A_T = 2A_B + A_L$	$V = A_B H$
Cilindro			$A_T = 2A_B + A_L$ $A_B = \pi R^2$ $A_L = 2\pi R H$	
Pirámide			$A_T = A_B + A_L$	$V = \frac{1}{3} A_B H$
Cono			$A_T = A_B + A_L$ $A_B = \pi R^2$ $A_L = \pi R G$	
Tronco de pirámide			$A_T = A_{B1} + A_{B2} + A_L$	$V = \frac{1}{3} (A_{B1} + A_{B2} + \sqrt{A_{B1} \cdot A_{B2}} \cdot H)$
Tronco de cono			$A_T = A_{B1} + A_{B2} + A_L$ $A_{B1} = \pi R^2$ $A_{B2} = \pi r^2$ $A_L = \pi(R + r)G$	

Tomado de: (25Ju4)

**CC BY-NC-ND 4.0**

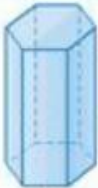


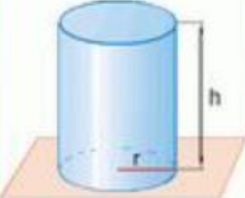

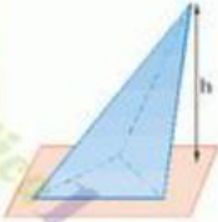



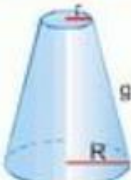


	$A = \frac{b \cdot h}{2}$	A: área do triângulo b: base h: altura
	$\begin{aligned} a^2 &= b^2 + c^2 \\ a \cdot h &= b \cdot c \\ h^2 &= m \cdot n \\ b^2 &= a \cdot m \\ c^2 &= a \cdot n \end{aligned}$	a, b, c: lados m: projeção ortogonal do lado b n: projeção ortogonal do lado c h: altura
	$A = \frac{(B + b) \cdot h}{2}$	A: área do trapézio B: base maior b: base menor h: altura
	$A = b \cdot h$	A: área do paralelogramo, retângulo e quadrado b: base h: altura
	$A = \frac{D \cdot d}{2}$	A: área do losango D: diagonal maior d: diagonal menor
	$A = \frac{l^2 \sqrt{3}}{4}$	A: área do triângulo equilátero l: lado
	$A = \frac{3l^2 \sqrt{3}}{2}$	A: área do hexágono regular l: lado
	$A = \pi \cdot r^2$	A: área do círculo r: raio
	$A = \frac{\alpha \cdot r^2}{2}$	A: área do setor circular r: raio $\alpha$ : ângulo do setor
	$A = \frac{\alpha \cdot r^2 - r^2 \cdot \text{sen } \alpha}{2}$	A: área do segmento circular r: raio $\alpha$ : ângulo do segmento
	$A = \pi \cdot (R^2 - r^2)$	A: área da coroa R: raio do círculo maior r: raio do círculo menor $\alpha$ : ângulo do segmento

CC BY-NC-ND 4.0

Trapezoide		Se divide en 2 triángulos y se suman sus áreas
Polígono regular		$A = \frac{P \cdot a}{2}$
Polígono irregular		Se divide en triángulos y se suman sus áreas
Circunferencia		$L = 2 \cdot \pi \cdot r$
Círculo		$A = \pi \cdot r^2$

Tomado de: (Las Matemáticas en secundaria: Áreas de figuras planas, 2013)

**CC BY-NC-ND 4.0**

 <p>Prisma</p>	$A_{\text{lateral}} = \text{Área de sus caras laterales}$ $A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + 2 A_{\text{base}}$	 <p>Prisma</p>	$V = A_{\text{base}} \cdot h$
 <p>Pirámide</p>	$A_{\text{lateral}} = \text{Área de sus caras laterales}$ $A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + A_{\text{base}}$	 <p>Cilindro</p>	$V = A_{\text{base}} \cdot h = \pi r^2 \cdot h$
 <p>Tronco de pirámide</p>	$A_{\text{lateral}} = \text{Área de sus caras laterales}$ $A_{\text{total}} = A_{\text{lateral}} + A_{\text{b}_1} + A_{\text{b}_2}$	 <p>Pirámide</p>	$V = \frac{1}{3} A_{\text{base}} \cdot h$
 <p>Cilindro</p>	$A_{\text{lateral}} = 2\pi r \cdot g$ $A_{\text{total}} = 2\pi r \cdot (g + r)$	 <p>Cono</p>	$V = \frac{1}{3} A_{\text{base}} \cdot h = \frac{1}{3} \pi r^2 \cdot h$
 <p>Cono</p>	$A_{\text{lateral}} = \pi r \cdot g$ $A_{\text{total}} = \pi r \cdot (g + r)$	 <p>Tronco de cono</p>	$A_{\text{lateral}} = \pi g \cdot (R + r)$ $A_{\text{total}} = \pi g \cdot (R + r) + \pi R^2 + \pi r^2$
 <p>Esfera</p>	$A = 4\pi r^2$	 <p>Esfera</p>	$V = \frac{4}{3} \pi r^3$

Tomado de: (25Ju)

CC BY-NC-ND 4.0

**PRISMES ET POLYÈDRES**

**Prisme droit**  $V = B \times h$

**Prisme oblique**  $V = B \times h$

**Tronc de prisme triang.**  $V = \frac{B \times h}{3}$

**Pyr. régulière**  $V = \frac{B \times h}{3}$

**Pyr. quelconque**  $V = \frac{B \times h}{3}$

**Piramide tronquée**  $V = \frac{h}{3} (B + b + \sqrt{Bb})$

**POLYÈDRES PARTICULIERS**

**Parallépipède rectangle**  $V = a \times b \times c$

**Pantón (tas de sable)**  $V = \frac{bh}{6} (2a + a')$

**Formule des trois niveaux**  $V = \frac{h}{6} (B + B' + 4B'')$

**Tétraèdre**  $V = \frac{1}{12} c^3 \sqrt{2}$

**Cube ou Hexaèdre**  $V = c^3$

**Octaèdre**  $V = \frac{1}{3} c^3 \sqrt{2}$

**Dodécaèdre**  $V = \frac{5}{2} c^3 \sqrt{\frac{47 - 2\sqrt{5}}{10}}$

**Icosaèdre**  $V = \frac{5}{12} c^3 (3 + \sqrt{5})$

**POLYÈDRES RÉGULIERS**

**Corps Ronds**

**Cylindre droit**  $V = \pi R^2 h$

**Cylindre oblique**  $V = \pi R^2 h$

**Cylindre tronqué**  $V = \pi R^2 (\frac{h+h'}{2})$

**Onglet cylindrique**  $V = \frac{2}{3} R^2 h$

**Cône droit**  $V = \frac{\pi R^2 h}{3}$

**Cône oblique**  $V = \frac{\pi R^2 b}{3}$

**Cône tronqué**  $V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$

**Sphère**  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$

**Secteurs sphériques**  $V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$

**Segment sphérique à deux bases**  $V = \frac{1}{2} \pi h (r^2 + r'^2) + \frac{1}{6} \pi h^3$

**Segment sphérique à une base**  $V = \frac{1}{2} \pi r^2 h + \frac{1}{6} \pi h^3$

**Onglet sphérique**  $V = \frac{4}{3} \pi R^3 \times \frac{\theta}{360}$

**Anneau sphérique**  $V = \frac{1}{6} \pi c^2 h$

**Tonneau**  $V = \frac{\pi h}{36} (2D + d)^2$


SOLIDES.

Tomado de: (25Ju2)

CC BY-NC-ND 4.0

**Formulario N° 10**

1 Prisma recto.



$ASL = 2P_{BASE} \cdot H$   
 $AST = ASL + 2A_{BASE}$   
 $V = A_{BASE} \cdot H$

2 Tronco de prisma recto



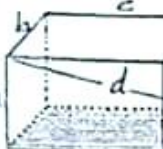
$V = S \frac{(a+b+c)}{3}$

3 Tronco de prisma recto




$V = S \frac{(a+b)}{3}$

4 Paralelepípedo rectangular




$d^2 = a^2 + b^2 + c^2$   
 $AST = 2(ab+bc+ca)$   
 $V = abc$

5 Pirámide regular



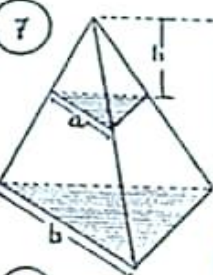
$ASL = P_{BASE} \cdot Ap$   
 $V = \frac{A_{BASE} \cdot H}{3}$

6 Tronco de pirámide regular



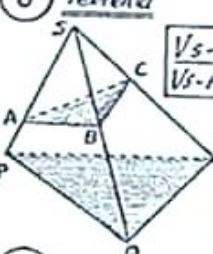
$ASL = (P_1 + P_2) \cdot Ap$   
 $V = \frac{h}{3} (A + B + \sqrt{AB})$

7 En pirámides semejantes




$\frac{V_1}{V_2} = \frac{h_1^3}{h_2^3}$

8 Tetraedro



$\frac{V_{S-ABC}}{V_{S-PQR}} = \frac{SA \cdot SB \cdot SC}{SP \cdot SQ \cdot SR}$

9 Cilindro circular recto



$ASL = 2\pi r h$   
 $AST = 2\pi r (h+r)$   
 $V = \pi r^2 h$

10 Tronco de cilindro circular recto




$ASL = 2\pi r e$   
 e: eje

11 Uña cilíndrica



$V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$

12 Cono circular recto



$ASL = \pi r g$   
 $AST = \pi r (g+r)$   
 $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

13 Tronco de cono circular recto.



$V = \frac{\pi h}{3} (r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2)$

14 En un cono circular recto

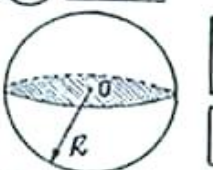


$\phi = \left(\frac{r}{g}\right) 360^\circ$

15 En un cono equilátero

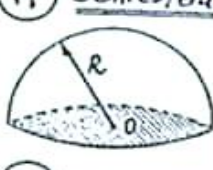


16 Esfera



$V = \frac{4}{3} \pi R^3$   
 $A_{SE} = 4\pi R^2$

17 Semiesfera



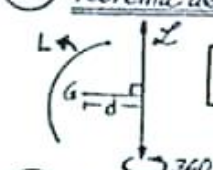
$V = \frac{2}{3} \pi R^3$   
 $A_T = 3\pi R^2$

18 Teorema de Arquímedes



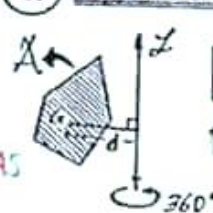
$\frac{V_A}{1} = \frac{V_B}{2} = \frac{V_C}{3}$

19 Teorema de Pappus (1°)



$ASG = 2nd \cdot L$

20 Teorema de Pappus (2°)

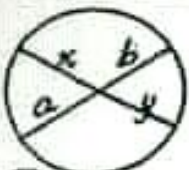


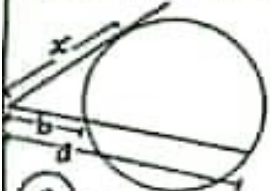
$V_{SG} = 2nd \cdot A$

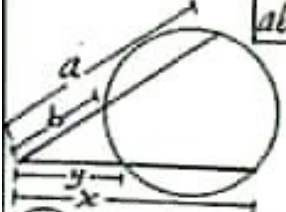
Tomado de: (25Ju1)


CC BY-NC-ND 4.0


**Formulario N° 7.**


1) Teorema de las cuerdas.  

 $ab = xy$

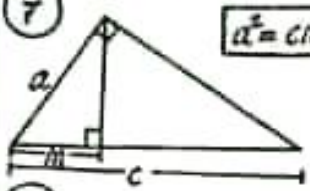
2) Teorema de la tangente.  

 $x^2 = ab$

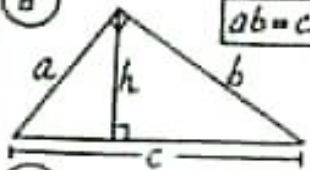
3) Teorema de las secantes.  

 $ab = xy$

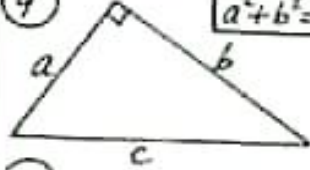
4) Teorema de Ptolomeo.  

 $xy = ac + bd$

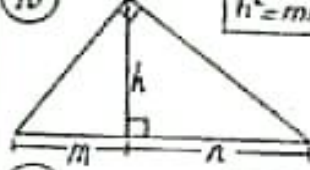
5) Teorema de Chadi.  

 $x = a + b$

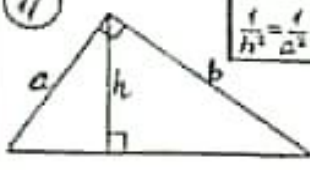
6) Teorema de Viette.  

 $\frac{x}{y} = \frac{ad + bc}{ab + cd}$

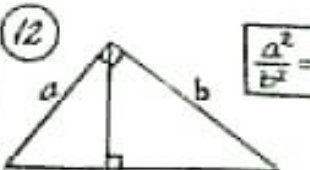
7) 
 $a^2 = cm$

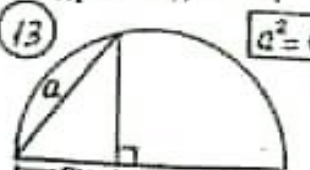
8) 
 $ab = ch$

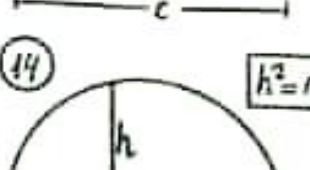
9) 
 $a^2 + b^2 = c^2$

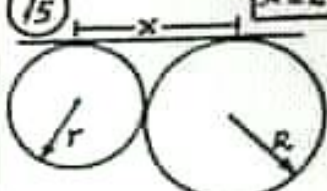
10) 
 $h^2 = mn$

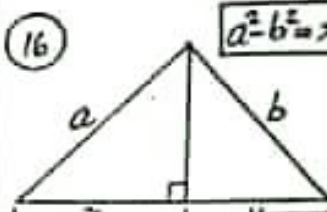
11) 
 $\frac{1}{h^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}$

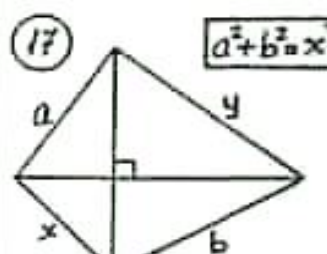
12) 
 $\frac{a^2}{b^2} = \frac{m}{n}$

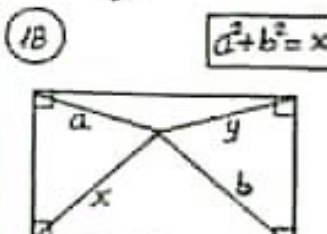
13) 
 $a^2 = cm$

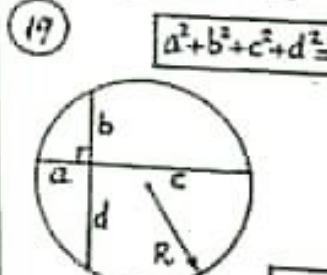
14) 
 $h^2 = mn$

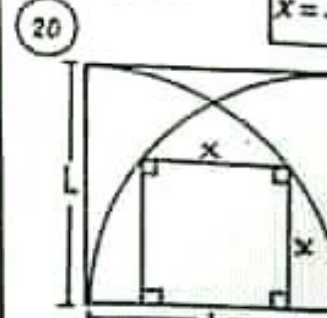
15) 
 $x = 2\sqrt{Rr}$

16) 
 $a^2 - b^2 = x^2 - y^2$

17) 
 $a^2 + b^2 = x^2 + y^2$

18) 
 $a^2 + b^2 = x^2 + y^2$

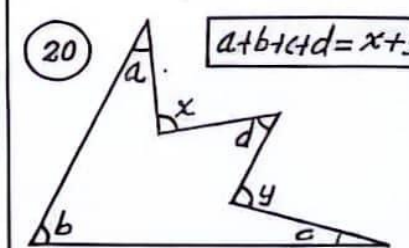
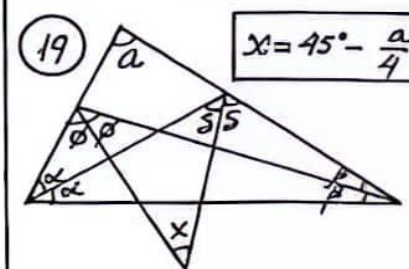
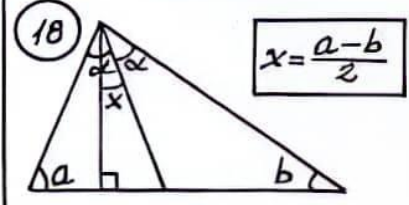
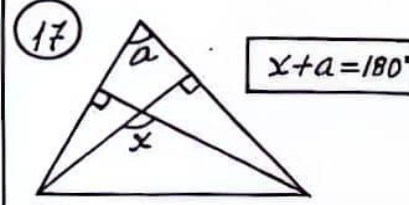
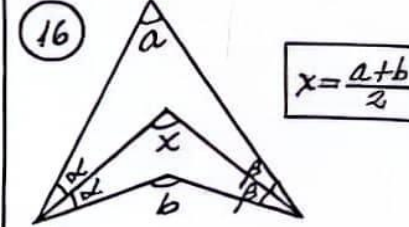
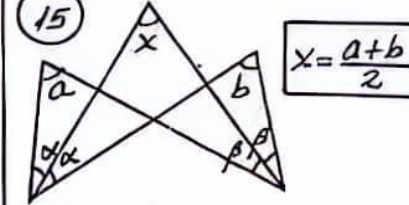
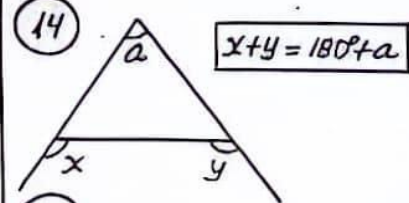
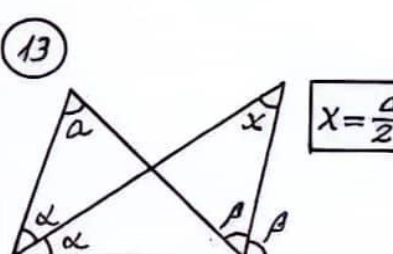
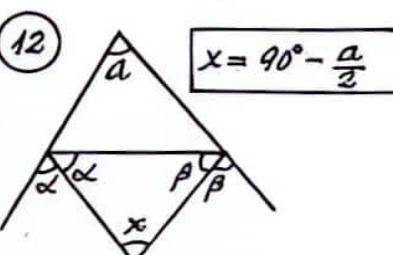
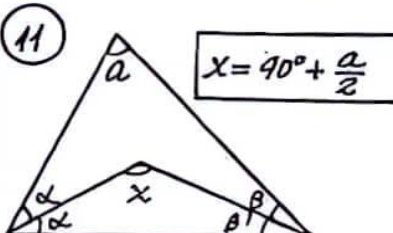
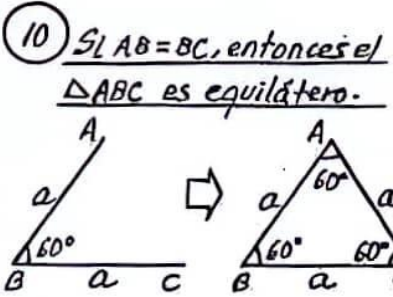
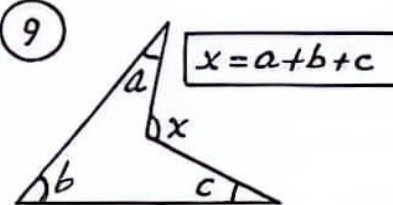
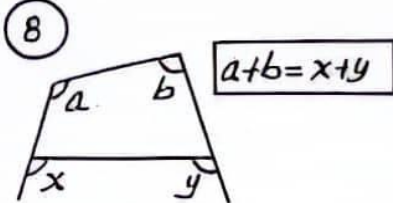
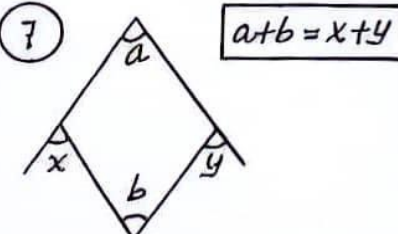
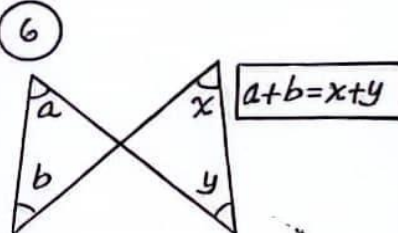
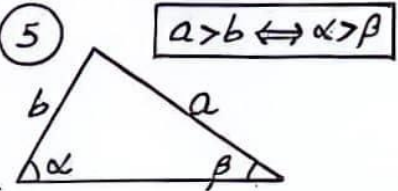
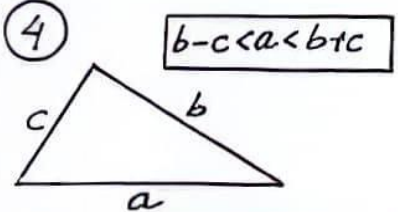
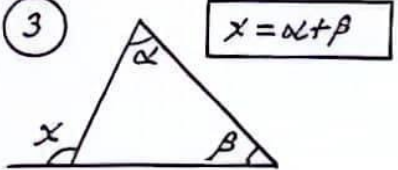
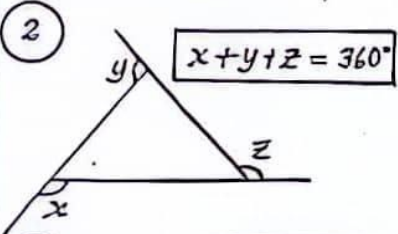
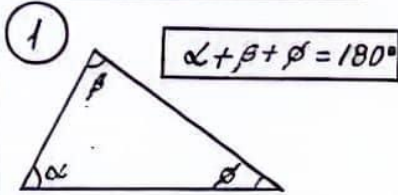
19) 
 $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = 4R^2$

20) 
 $x = \frac{3L}{5}$

Tomado de : (25Ju3)

CC BY-NC-ND 4.0

Formulario N° 1.



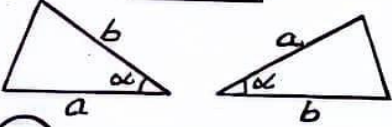
Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

**Formulario Nº 2.**

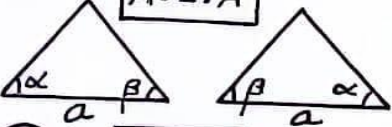
1

L.A.L



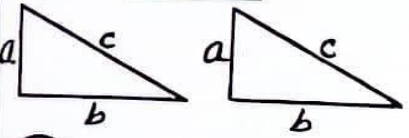
2

A.L.A



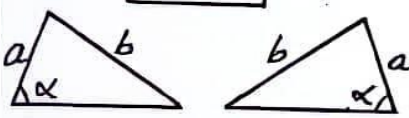
3

L.L.L



4

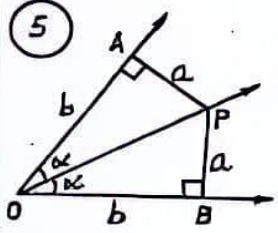
L.L.Am



5

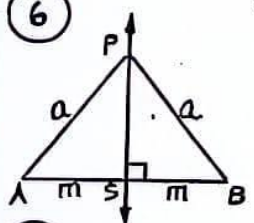
PA=PB

OA=OB



6

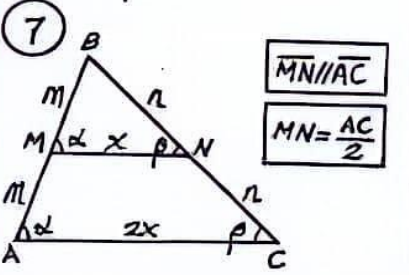
PA=PB



7

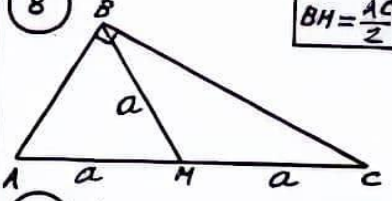
MN//AC

MN = AC/2



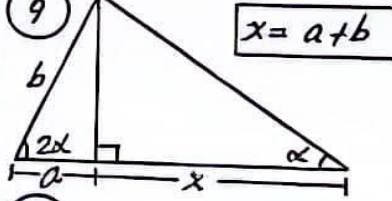
8

BH = AC/2



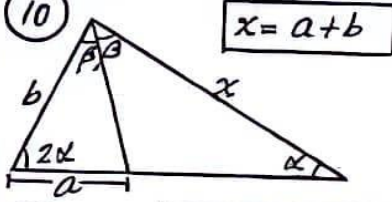
9

x = a + b



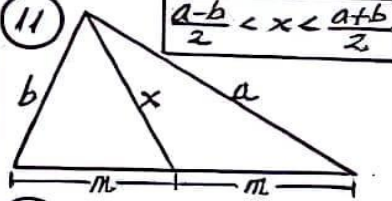
10

x = a + b



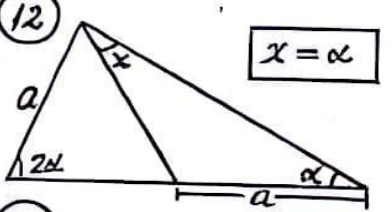
11

(a-b)/2 < x < (a+b)/2



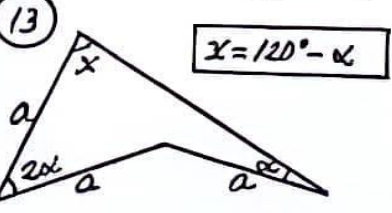
12

x = alpha



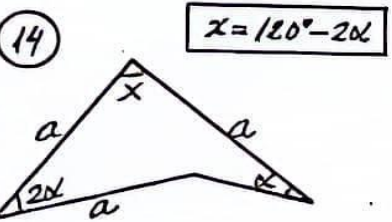
13

x = 120 - alpha

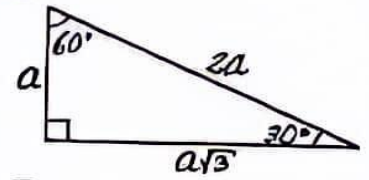


14

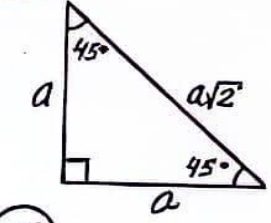
x = 120 - 2alpha



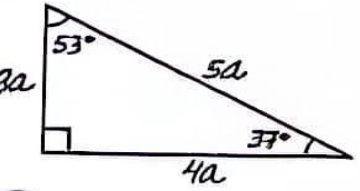
15



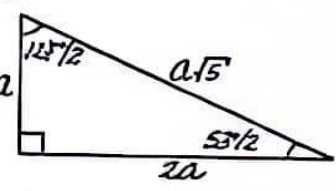
16



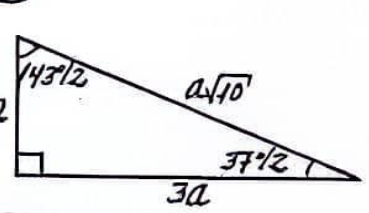
17



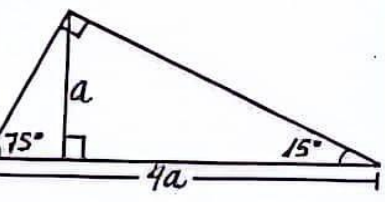
18



19



20



Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

**Fórmula No 3**

1  $\alpha + \beta + \theta + \phi = 360^\circ$

2  $x = \frac{a+b}{2}$

3  $x = \frac{a-b}{2}$

4  $x = y$

5  $x + y = 180^\circ$

6  $x = \frac{a+b}{2}$

7  $x = \frac{a-b}{2}$

8  $x = \frac{a-b}{2}$

9  $x = \frac{a+b}{2}$

10  $x = \frac{a+b}{2}$

11 *En un trapezio isósceles.*  $x = \frac{a+b}{2}$

12 *En un trapezio isósceles.*  $x = \frac{a+b}{2}$

13 *En un trapezio isósceles.*  $x = \frac{a-b}{2}$

14  $x = 90^\circ$

15 *Si ABCD es un paralelogramo.*  $x = \frac{a+b}{2}$

16 *Es un paralelogramo*

17  $x = y$

18 *Si ABCD es un paralelogramo.*  $x = \frac{a+b}{2}$

19 *Paralelogramo*  $a + d = b + c$

20 *Paralelogramo*  $d = b + c$

Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

**Formulario N° 4.**

1 Si O es centro.

2

3

4

5

6

7

8 Si A y B son puntos de tangencia

9 Si T es punto de tangencia

10 Si A, B y C son puntos de tangencia

11

12

13

14

15

16

17 Si T es punto de tangencia

18

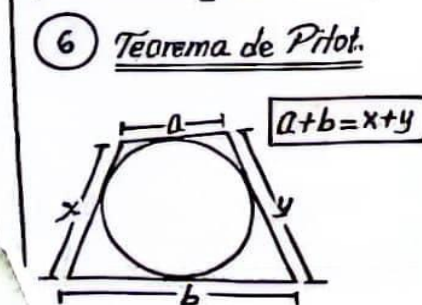
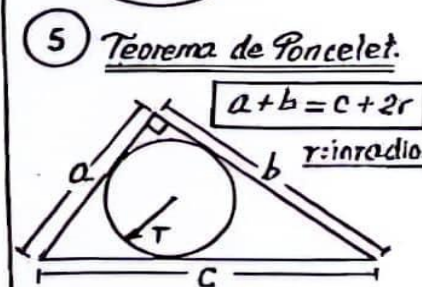
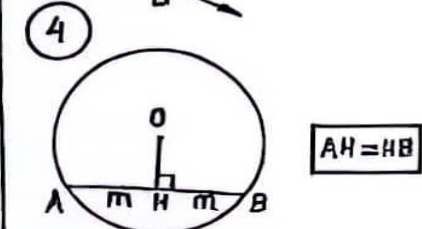
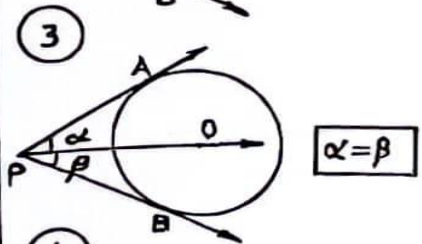
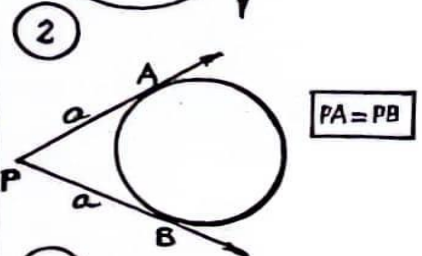
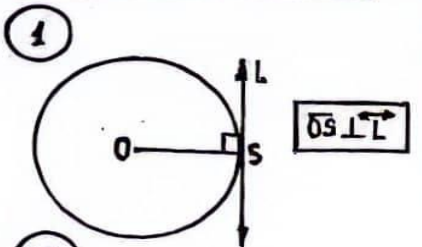
19

20 Si O es centro

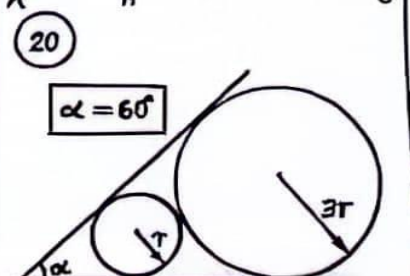
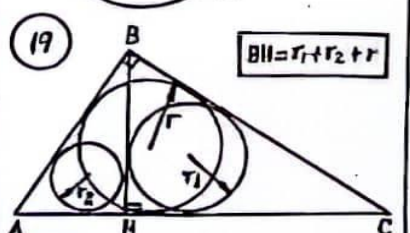
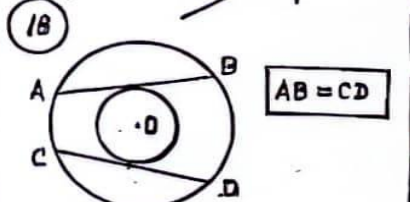
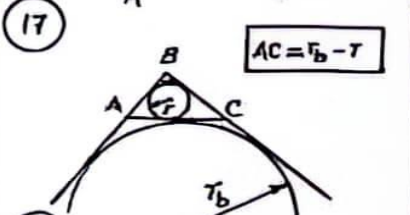
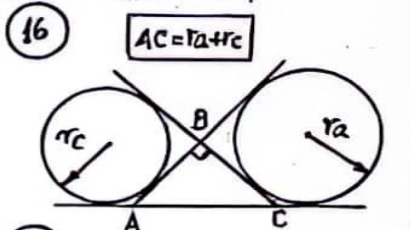
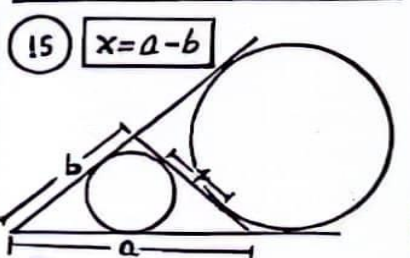
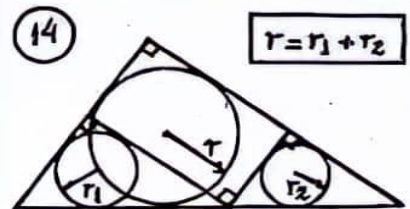
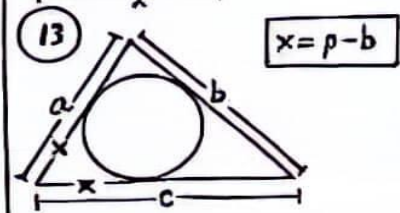
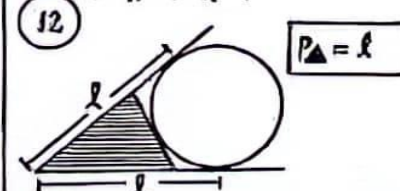
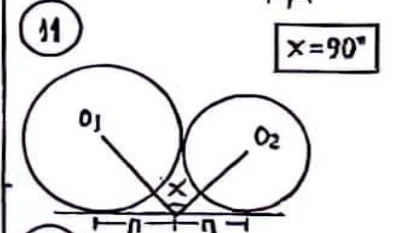
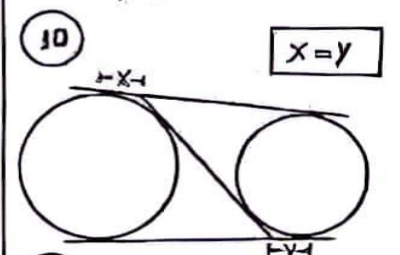
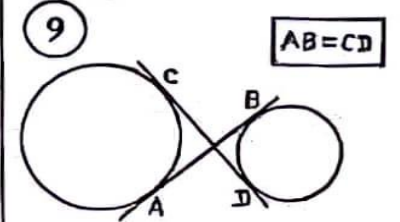
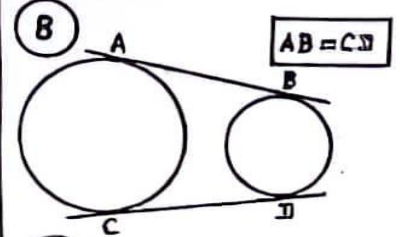
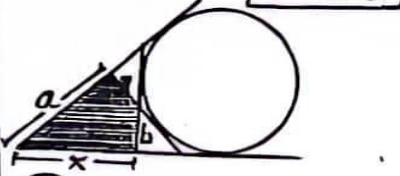
Tomado de: (25Ma)

**CC BY-NC-ND 4.0**

**Formulario N° 5**



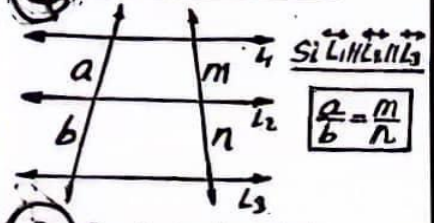
7 **Teorema de Steiner.**  
 $a - b = x - y$

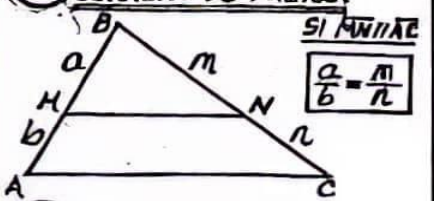


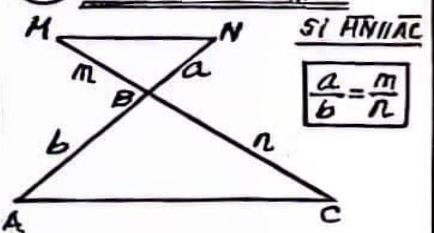
Tomado de: (25Ma)

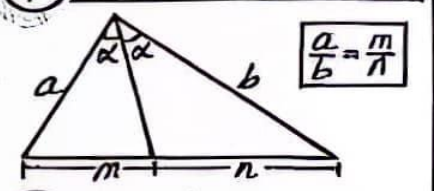
CC BY-NC-ND 4.0

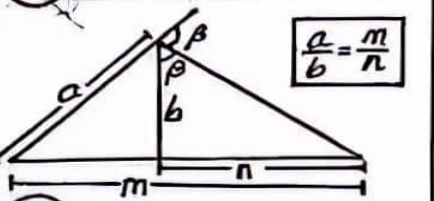
**Formulario N° 6**

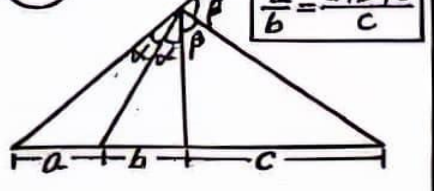
**1) Teorema de Tales.**  
  
 Si  $l_1 \parallel l_2 \parallel l_3$   
 $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$

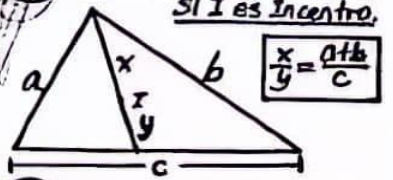
**2) Corolario de Tales.**  
  
 Si  $MN \parallel AC$   
 $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$

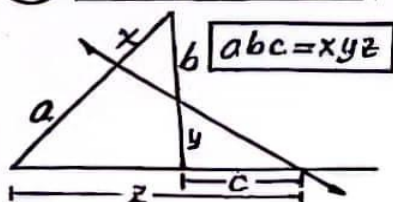
**3) Corolario de Tales.**  
  
 Si  $MN \parallel AC$   
 $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$

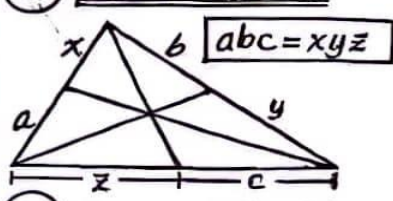
**4) Teorema de la bisectriz interior**  
  
 $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$

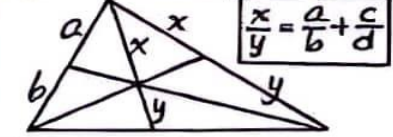
**5) Teorema de la bisectriz exterior**  
  
 $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$

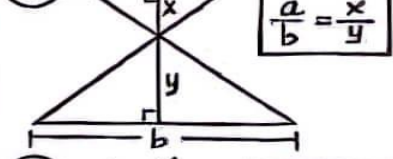
**6)**  
  
 $\frac{a}{b} = \frac{a+b+c}{c}$

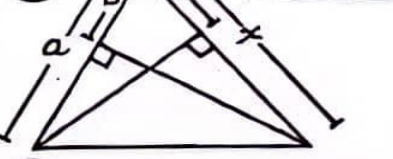
**7) Teorema del Incentro.**  
 Si I es Incentro.  
  
 $\frac{x}{y} = \frac{a+b}{c}$

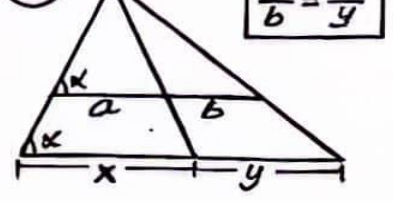
**8) Teorema de Menelao.**  
  
 $abc = xyz$

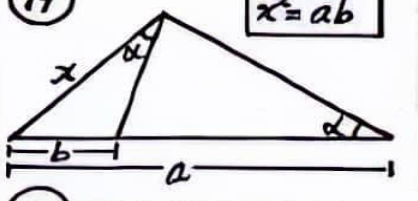
**9) Teorema de Ceva.**  
  
 $abc = xyz$

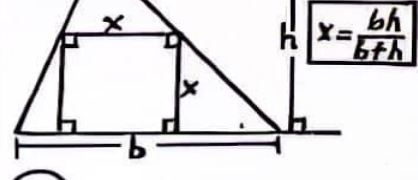
**10) Teorema de Van Aubel.**  
  
 $\frac{x}{y} = \frac{a+c}{b+d}$

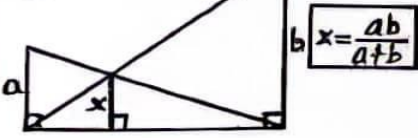
**11)**  
  
 $\frac{a}{b} = \frac{x}{y}$

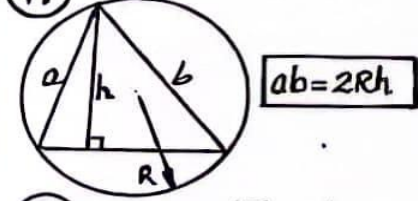
**12)**  
  
 $ab = xy$

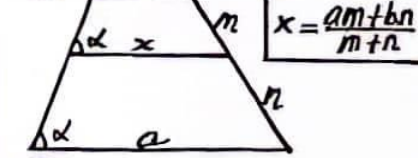
**13)**  
  
 $\frac{a}{b} = \frac{x}{y}$

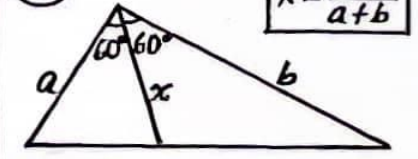
**14)**  
  
 $x^2 = ab$

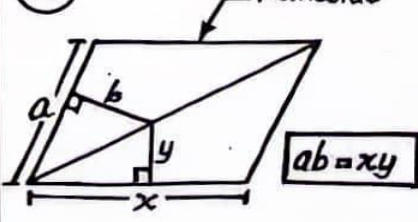
**15)**  
  
 $x = \frac{bh}{b+h}$

**16)**  
  
 $x = \frac{ab}{a+b}$

**17)**  
  
 $ab = 2Rh$

**18) Trapecio**  
  
 $x = \frac{am+bn}{m+n}$

**19)**  
  
 $x = \frac{ab}{a+b}$

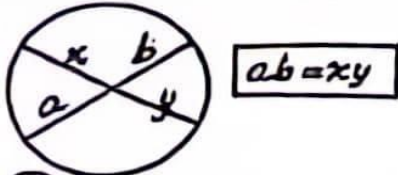
**20) Romboide**  
  
 $ab = xy$

Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

**Formulario N° 7.**

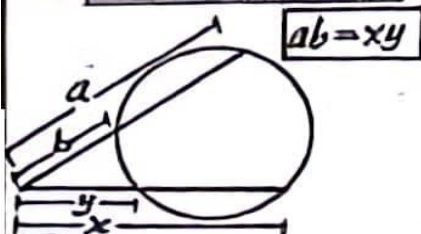
1 Teorema de las cuerdas.



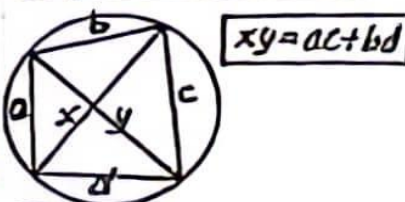
2 Teorema de la tangente.



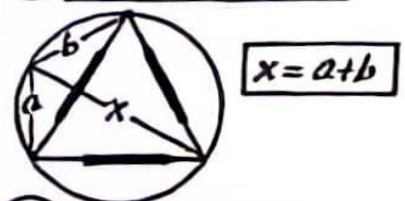
3 Teorema de las secantes.



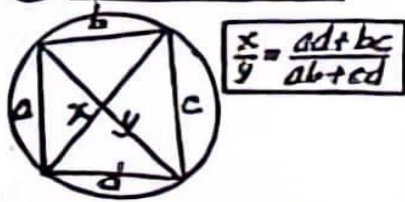
4 Teorema de Ptolomeo.



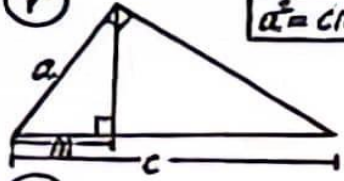
5 Teorema de Chadi.



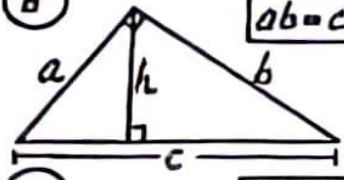
6 Teorema de Viette.



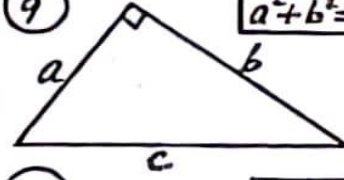
7  $a^2 = cm$



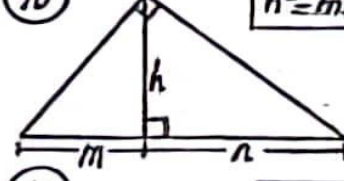
8  $ab = ch$



9  $a^2 + b^2 = c^2$



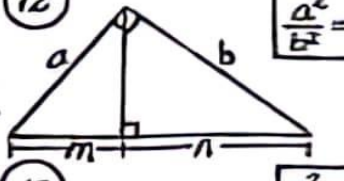
10  $h^2 = mn$



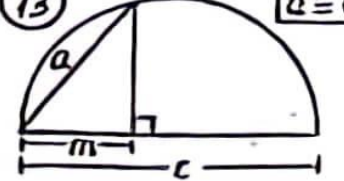
11  $\frac{1}{h^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2}$



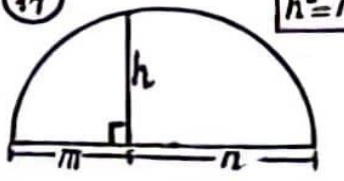
12  $\frac{a^2}{b^2} = \frac{m}{n}$



13  $a^2 = cm$



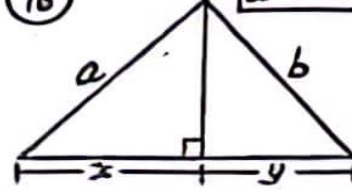
14  $h^2 = mn$



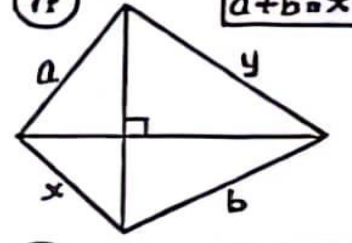
15  $x = 2\sqrt{Rr}$



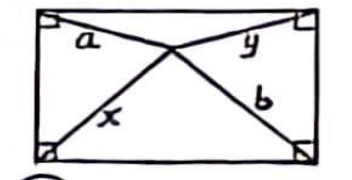
16  $a^2 - b^2 = x^2 - y^2$



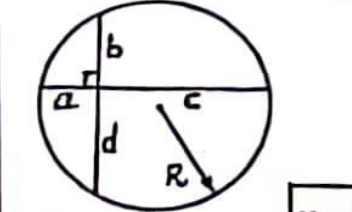
17  $a^2 + b^2 = x^2 + y^2$



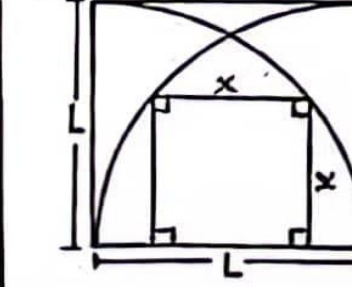
18  $a^2 + b^2 = x^2 + y^2$



19  $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = 4R^2$



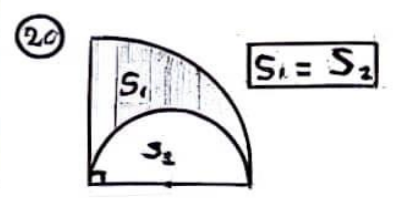
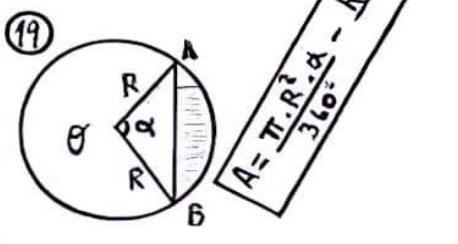
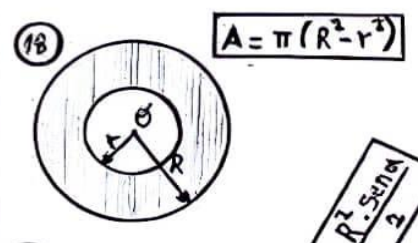
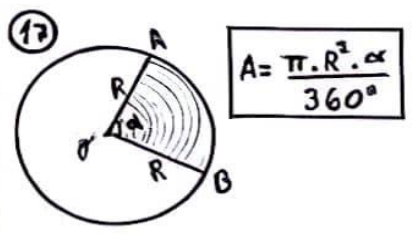
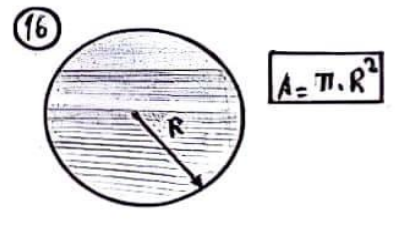
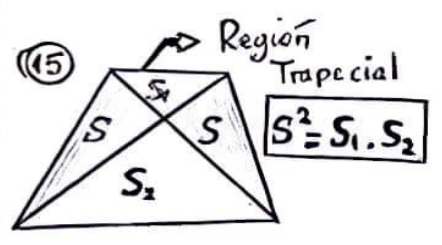
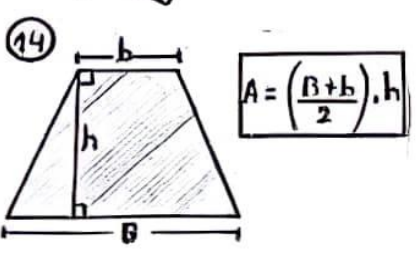
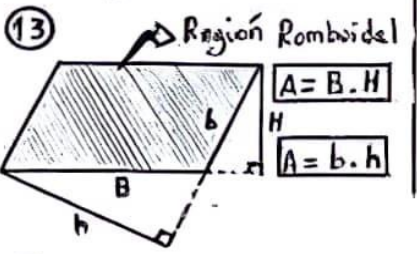
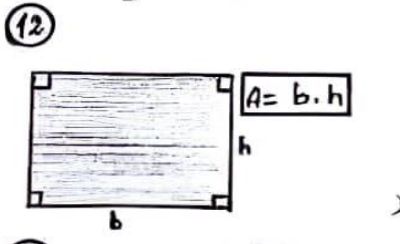
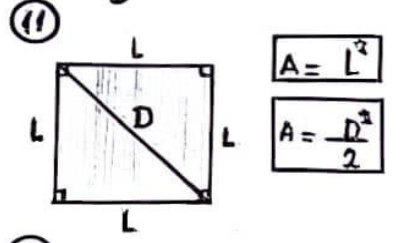
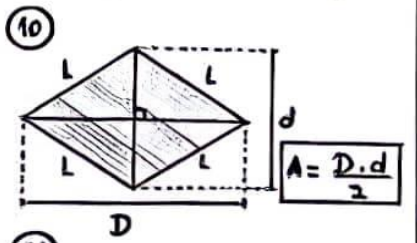
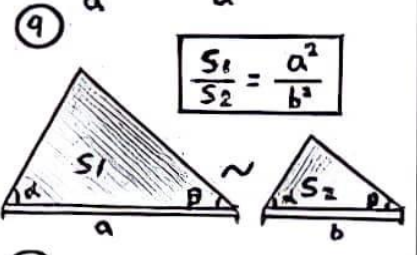
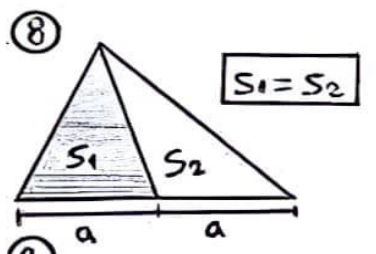
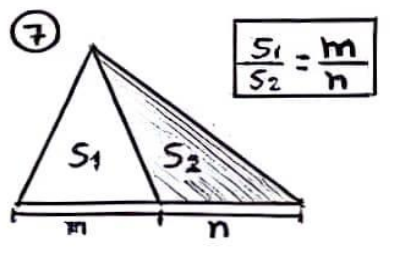
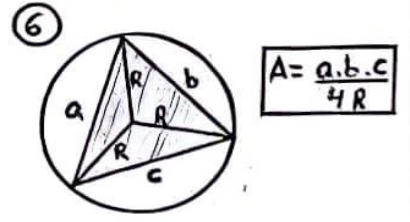
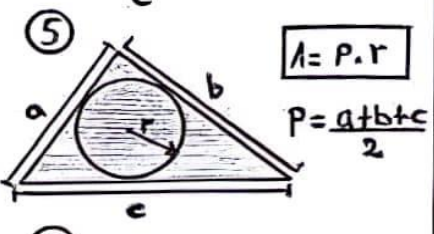
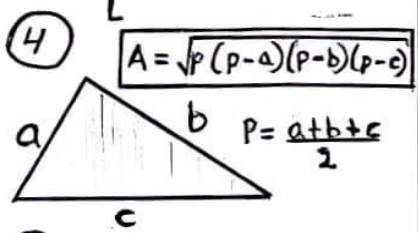
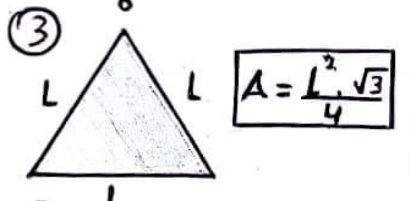
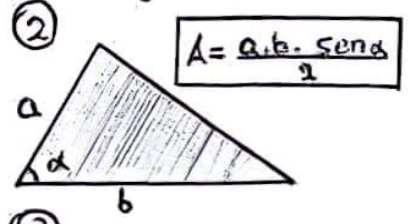
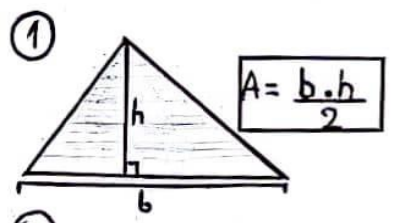
20  $x = \frac{3L}{5}$



Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

**Formulario N° 8**

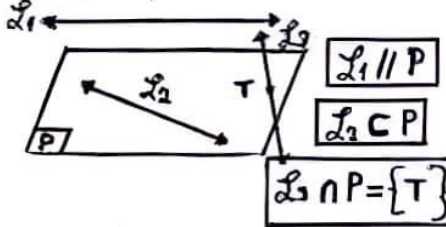


Tomado de: (25Ma)

**CC BY-NC-ND 4.0**

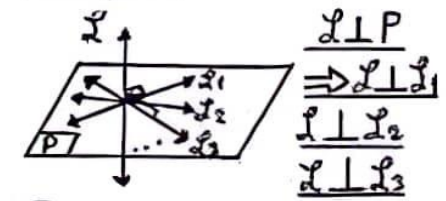
**Formulario N° 9**

① Posiciones entre una recta y un plano

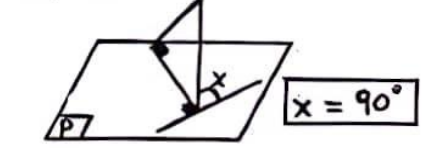


② Recta perpendicular a un plano

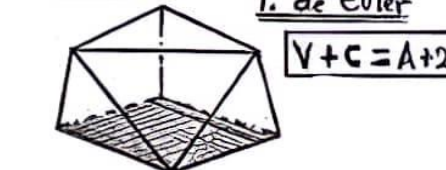
③ Si una recta es perpendicular a un plano



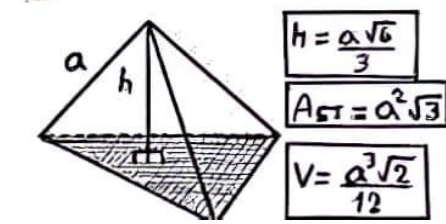
④ Teorema de las 3 perpendiculares



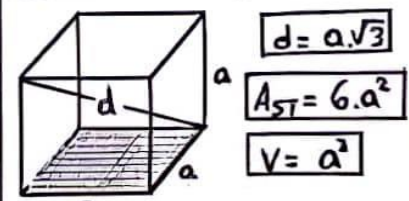
⑤ En todos los poliedros convexos



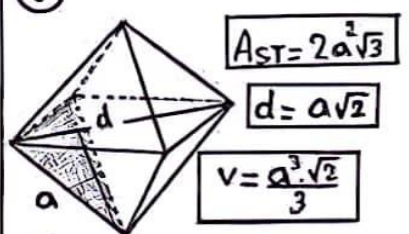
⑥ Tetraedro Regular



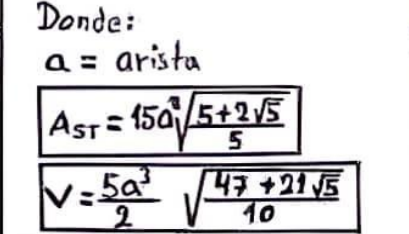
⑦ Hexaedro Regular



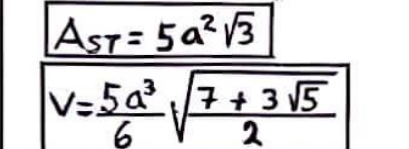
⑧ Octaedro Regular



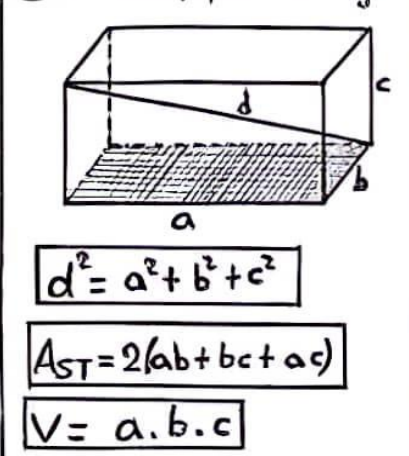
⑨ Dodecaedro Regular



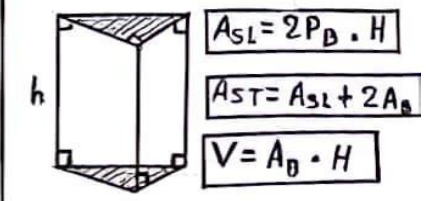
⑩ Icosaedro Regular



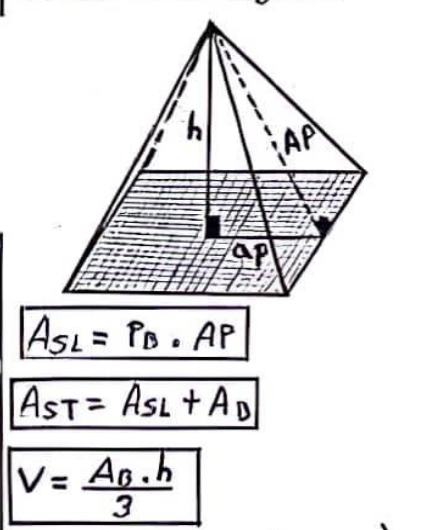
⑪ Paralelepípedo Rectangular



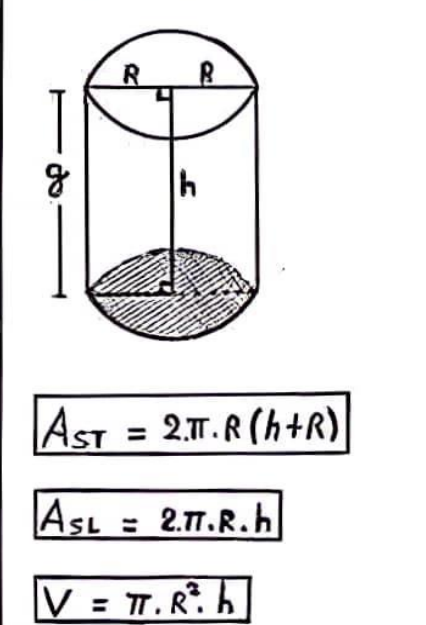
⑫ Prisma Recto



⑬ Pirámide Regular



⑭ Cilindro Recto (circular)

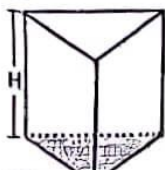


Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0

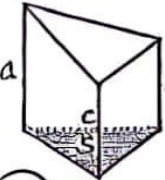
**Formulario N° 10**

1 Prisma recto.




$ASL = 2p_{BASE} \cdot H$   
 $AST = ASL + 2A_{BASE}$   
 $V = A_{BASE} \cdot H$

2 Tronco de prisma recto



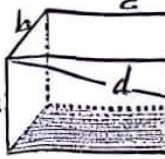
$V = S \frac{(a+b+c)}{3}$

3 Tronco de prisma recto



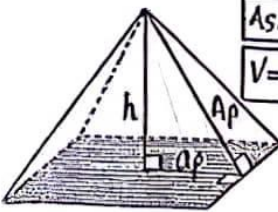
$V = S \frac{(a+b)}{3}$

4 Paralelepípedo rectangular



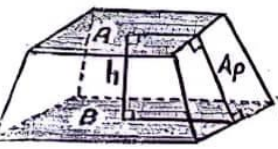
$d^2 = a^2 + b^2 + c^2$   
 $AST = 2(ab + bc + ca)$   
 $V = abc$

5 Pirámide regular



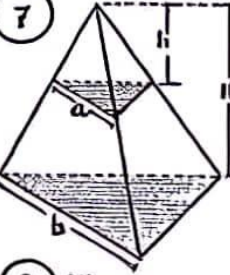
$ASL = p_{BASE} \cdot Ap$   
 $V = \frac{A_{BASE} \cdot H}{3}$

6 Tronco de pirámide regular



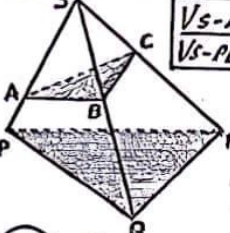
$ASL = (A + B) Ap$   
 $V = \frac{h}{3} (A + B + \sqrt{AB})$

7 En pirámides semejantes



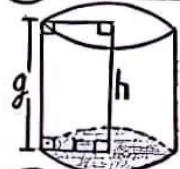
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{h_1^3}{h_2^3}$

8 Teorema




$\frac{VS - AOC}{VS - PQR} = \frac{SA \cdot SO \cdot SC}{SP \cdot SQ \cdot SR}$

9 Cilindro circular recto




$ASL = 2\pi r h$   
 $AST = 2\pi r (h + r)$   
 $V = \pi r^2 h$

10 Tronco de cilindro circular recto




$ASL = 2\pi r e$   
 e: eje

11 Una cilíndrica




$V = \frac{2}{3} \pi R^2 h$

12 Cono circular recto



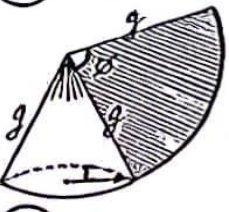
$ASL = \pi r g$   
 $AST = \pi r (g + r)$   
 $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

13 Tronco de cono circular recto.



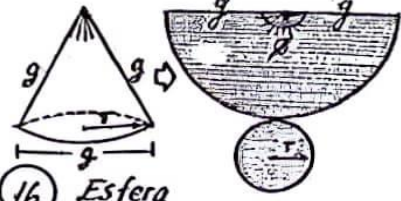
$V = \frac{\pi h}{3} (r^2 + R^2 + rR)$

14 En un cono circular recto

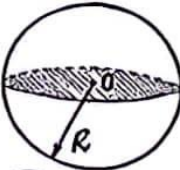


$\phi = \left(\frac{r}{g}\right) 360^\circ$

15 En un cono equilátero




16 Esfera



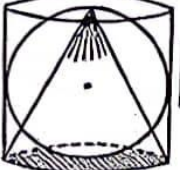
$V = \frac{4}{3} \pi R^3$   
 $ASE = 4\pi R^2$

17 Semiesfera



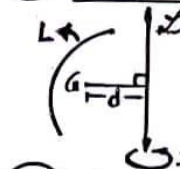
$V = \frac{2}{3} \pi R^3$   
 $A_T = 3\pi R^2$

18 Teorema de Arquímedes



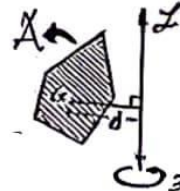
$\frac{V_A}{1} = \frac{V_B}{2} = \frac{V_C}{3}$

19 Teorema de Pappus (1°)



$ASG = 2\pi d \cdot L$

20 Teorema de Pappus (2°)



$VSG = 2\pi d \cdot A$

Tomado de: (25Ma)

CC BY-NC-ND 4.0