



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
PREPARATORIA AGRÍCOLA
ÁREA DE AGRONOMÍA**



**ASIGNATURA DE SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



MANUAL DE PRÁCTICAS

EDITORES

**ROGELIO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ
JOSÉ CRUZ SALAZAR TORRES**

Chapingo, México. Mayo de 2023.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DR. ÁNGEL GARDUÑO GARCÍA	<i>Rector</i>
M. C. LAVINIA ENID ESPINOSA HEREDIA	<i>Director</i>
DRA. AMANDA YAOLLIN DÍAZ ANGUIANO	<i>Subdirectora Académica</i>
M.C. MARTHA CASTILLO BELTRÁN	<i>Subdirectora de Investigación y Servicio</i>
LIC. MIGUEL ÁNGEL REYES RETANA	<i>Subdirector Administrativo</i>
ING. BERNARDO VARGAS MONROY	<i>Comisionado en la Coordinación del Área de Agronomía</i>
DR. ELÍAS JAIME MATADAMAS ORTIZ	<i>Representante de la Academia de Sistemas de Producción Agrícola</i>

Edición: Rogelio Álvarez Hernández y José Cruz Salazar Torres.

Diseño de portada: José Cruz Salazar Torres y Rogelio Álvarez Hernández

Publicación a cargo de la Academia de Sistemas de Producción Agrícola del Área de Agronomía del Departamento de Preparatoria Agrícola, UACH.

Impresión: Centro de Producción de Material Impreso (CPMI), del Dpto. de Preparatoria Agrícola. Tiraje: 450 ejemplares.

ISBN:

Derechos Reservados ©

Universidad Autónoma Chapingo
Departamento de Preparatoria Agrícola
Área de Agronomía
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C. P. 56230
Tel. 01 595 95 2-15-00 Ext. 5382.
Mayo de 2023
Impreso en México

PRESENTACIÓN

Este manual reúne los diferentes formatos de las prácticas, tanto de laboratorio como de campo, de la Asignatura de Sistemas de Producción Agrícola que se imparte durante el primer semestre a la generación de Propedéutico de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo.

Se trata de un material complementario a las actividades teóricas de dicha asignatura, el cual surge como una necesidad para adecuar la enseñanza de la Producción Agrícola en atención a las recientes modificaciones del plan de estudios del Propedéutico.

Se ha procedido a revisar y adecuar, tanto la forma como el contenido de los formatos, y en todos los casos se han respetado los nombres de los autores originales en cada práctica, aunque la edición de los materiales haya implicado algunos cambios.

Queda el compromiso permanente del personal académico de esta asignatura de mejorar la calidad y los contenidos de este manual de prácticas.

Los editores.

CONTENIDO

Presentación	i
Visita a los Museos Nacionales de Antropología y Agricultura Rogelio Álvarez Hernández y José Cruz Salazar Torres	1
Observación y descripción de algunos implementos agrícolas Rogelio Álvarez Hernández y José Cruz Salazar Torres	6
Análisis de semillas para la siembra Rogelio Álvarez Hernández	11
Producción de plántulas de hortalizas Elías Jaime Matadamas Ortiz y Roberto Noguez Hernández	19
Siembra directa y trasplante de hortalizas Mardonio García Pineda.	27
Muestreo y determinación de propiedades físicas y químicas del suelo en campo Elías Jaime Matadamas Ortiz.	32
Descripción del perfil del suelo Rogelio Álvarez Hernández	43
Determinación de la densidad aparente del suelo en laboratorio Rogelio Álvarez Hernández y José Cruz Salazar Torres	57
Determinación de la textura del suelo por el método de Bouyoucos Rogelio Álvarez Hernández	60
Conservación del suelo y del agua Elías Jaime Matadamas Ortiz	66
Observación de algunos sistemas de riego Rogelio Álvarez Hernández	73
Abonos, fertilizantes y cálculo de fórmulas Eleuterio E. Estrada Ramírez†.	76
Calibración de equipo para la aplicación de pesticidas José Cruz Salazar Torres y Rogelio Álvarez Hernández	81
Métodos y técnicas de cosecha Eleuterio E. Estrada Ramírez†.	87
La comercialización agrícola Eleuterio E. Estrada Ramírez†.	90

VISITA A LOS MUSEOS NACIONALES DE ANTROPOLOGÍA Y AGRICULTURA

Rogelio Álvarez Hernández
José Cruz Salazar Torres

I. INTRODUCCIÓN

Los museos son instituciones donde la sociedad guarda, preserva, investiga, expone y se educa sobre el patrimonio histórico-cultural de la humanidad, y no solo sirven como elemento de comunicación entre el hombre y el pasado, sino que también ayudan a la globalización de la cultura y de la tecnología. Se entiende por patrimonio el conjunto de bienes que tienen un valor excepcional desde el punto de vista de la historia, el arte, la ciencia y la cultura y que, por tanto, son dignos de ser considerados, conservados y conocidos por la población a través de las generaciones. También se puede considerar que el patrimonio es el legado que hemos recibido del pasado, lo que vivimos en el presente y lo que transmitiremos a las futuras generaciones.

La clasificación de los museos es útil a efectos organizativos; para establecer a que tipo pertenece cada museo se consideran los siguientes criterios: titularidad, ámbito geográfico de cobertura de las colecciones, y contenido temático de las colecciones. Al respecto el Consejo Internacional de Museos (CIM) estableció una tipología según el contenido temático de las colecciones en las siguientes categorías: Museos de arte, Museos de Historia Natural, Museos arqueológicos, Museos monográficos, Museos históricos, Museos de las ciencias y de las técnicas, y Museos de la agricultura y de los productos del suelo.

Los museos agrícolas ilustran el progreso técnico alcanzado por la industria rural con el desarrollo de nuevos instrumentos y maquinaria y con los nuevos descubrimientos en las técnicas agropecuarias. Estos museos tienen ante todo un objetivo técnico-pedagógico y sirven de ayuda para la enseñanza de la agricultura. Los primeros museos de esta clase, y los más importantes, fueron creados en el decenio de 1890 en Hungría y Checoslovaquia, fundándose luego otros en Dinamarca, Egipto, Alemania, el Reino Unido, etc. Al respecto, en el edificio Principal de la ex hacienda de Chapingo, se ubica el Museo Nacional de Agricultura (MNA) el cual tiene el propósito de ofrecer a la comunidad una perspectiva explicativa del origen, desarrollo e importancia de la agricultura en México.

Por ello, es importante visitar, tanto el Museo Nacional de Antropología, así como el Museo Nacional de Agricultura, donde se pueden observar, y apreciar, algunos de los aspectos y momentos trascendentales acerca del origen y evolución del hombre, además del surgimiento de la agricultura.

Tratándose del pasado agrícola de México, debe ser motivo de interés para todo estudiante de Agronomía conocer tales evidencias para comprender el presente y orientarse mejor en el estudio de esta disciplina.

II. OBJETIVOS

1. Conocer el origen y la evolución del hombre.
2. Obtener información acerca del origen de la agricultura en Mesoamérica.
3. Observar los elementos más sobresalientes de algunos sistemas de producción agrícola de Mesoamérica.

III. METODOLOGÍA

La práctica consistirá en la visita a dos museos: la primera al Museo Nacional de Antropología, en la Cd. de México, y la segunda al Museo Nacional de Agricultura en la Universidad Autónoma Chapingo. De cada visita y con las guías de trabajo correspondientes, se desarrollará un ensayo diagramático o narrativo, o un mapa conceptual de los temas que se mencionan a continuación, con los que se elaborará el informe correspondiente que deberá entregarse una semana después de cada visita.

3.1. Museo Nacional de Antropología.

Sala de Introducción a la Antropología: (1) Unidad y diversidad del orden Primate, (2) Nuestros antepasados bípedos, (3) Diversidad de homínidos, (4) Árbol filogenético del género *Australopithecus*, (5) Emergencia del género *Homo*, (f) Árbol filogenético del género *Homo*, (6) Evolución del género *Homo* [*H. ergaster*, *H. habilis*, *H. erectus*, *H. sapiens arcaico*, *H. sapiens heidelbergensis*, *H. sapiens neanderthalensis* y *H. sapiens sapiens*], (7) Evolución de la vida social del género *Homo*, (i) Elaboración de herramientas primitivas hasta el Paleolítico.

Sala del Poblamiento de América: (1) Primeros habitantes en América después del paso por el Estrecho de Bering, (2) Formas de vida primitiva en el México prehistórico, (3) Cazadores de megafauna, (4) La vida en las zonas semiáridas, caso Corralitos, Baja California, (5) La vida en las zonas costeras, caso Santa Martha y Chantuto, Chiapas, (6) La vida en la selva tropical, (7) La vida en los Valles Altos, Tlapacoya, (8) Principales centros de domesticación en América, (9) Principales plantas domesticadas, (10) Plantas útiles en la elaboración de artefactos, (11) Transición del modo de vida cazadores-recolectores y (13) Modo de vida agrícola sedentario.

Sala Mexica: (1) Mercado de Tlatelolco, (2) Vida cotidiana del campesinado y (3) Rutas comerciales de los mexicas.

Sala Maya: (1) Subsistencia maya, (2) Los animales en el mundo maya. (3) De la vida nómada a los primeros centros urbanos., (4) Murales de la Sala Maya relacionados con el origen de la agricultura.

Sala de la Cultura Nahua: (1) El maíz como símbolo de la Cultura Nahua, (2) Agricultura tradicional y (3) Diversidad de maíces.

Sala de Oaxaca y Pueblos Indios del Sur: (1) Tlacolol, (2) Cultivo de roza, tumba y quema, (3) Ciclo de cultivo y ciclo de fiestas y (4) Los frutos de la tierra.

Sala Purecherío (Tarascos): (1) El tributo del bosque, (2) Agricultura y (3) Ciclo agrícola.

Sala Otopame: (1) Agricultura prehispánica, (2) Agricultura colonial, (3) Agricultura actual, (4) Mercado indígena o tianguis y (5) Tributos otomianos a la Triple Alianza.

3.2. Museo Nacional de Agricultura.

(1) Primeros asentamientos indígenas, (2) Agricultura prehispánica, (3) Agricultura en Chinampas, (4) Razas de maíz, (5) Estructura agraria prehispánica y (6) Mural: Lo que aportó Mesoamérica y lo que a ella llegó.

IV. BIBLIOGRAFÍA

Anónimo. 2009. Mesoamérica. Museo nacional de Antropología. Servicios Educativos. INAH. México, D. F. 20 pp.

Benz, B. F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz en México. Hombre y naturaleza. Arqueología Mexicana 5 (25): 16-23

Clark-Howell, F. 1980. El hombre prehistórico. Colección Popular, Time-Life International. Madrid, España. 128 pp.

Constable, G. 1990. El hombre de Neanderthal. Orígenes del Hombre. Libros Time-Life, Ediciones Culturales Internacionales S.A. de C.V. México, D. F. 160 pp.

De Sahagún, B. 1975. Historia general de las cosas de la Nueva España. 3ª ed. Colección Sepan Cuántos Núm. 300. Ed. Porrúa, S. A. México. 1093 pp.

Del Castillo, B. D. 1973. Historia verdadera de la conquista de la Nueva España. 10ª Publicación. Fernández Editores, S. A. México. 730 pp.

Edey, M. A. 1990. El eslabón perdido. Orígenes del Hombre. Libros Time-Life, Ediciones Culturales Internacionales S.A. de C.V. México, D. F. 160 pp.

Engels, F. 1985. El Papel del Trabajo en la Transformación del Mono en Hombre. Editorial Quinto Sol. México. 18 pp.

Espasa Calpe Editores. 2001. Historia Universal. Prehistoria y protohistoria. Tomo I. Espasa-Calpe S.A. de C.V. Madrid, España. 160 pp.

Froncek, T. 1990. Los hombres nórdicos. Orígenes del Hombre. Libros Time-Life, Ediciones Culturales Internacionales S.A. de C.V. México, D. F. 160 pp.

García B. J. 2001. Cenolítico superior y protoneolítico. Primeros pobladores. Arqueología Mexicana 9 (52): 52-57

- García C., A. 1997. Richard Stockton MacNeish y el origen de la agricultura. *Semblanza. Arqueología Mexicana* 5 (25): 40-43
- García, C. A. y Merino, C. B. L. 1989. Historia Prehispánica del Valle de Tehuacán. *Lecturas Históricas de Puebla*. Núm. 19. Gobierno del Estado de Puebla. Secretaría de Cultura. Puebla. México.
- Gómez, T. S. 1995. Museo Nacional de Antropología México. 13ª ed. GV Editores. México, D. F. 160 pp.
- González, L. E. 2005. Culturas del norte. Museo Nacional de Antropología. Cédulas de Sala. 1ª. impr. Departamento de Promoción Cultural. CONACULTA – INAH. México, D. F. 26 pp.
- Hall, S. S. 2008. Los últimos Neandertales. *National Geographic*. XXIII (4): 1 – 25).
- McClung de Tapia, E. 1997. La domesticación del maíz. Evidencia arqueológica. *Arqueología Mexicana* 5 (25): 34-39
- Morett A. y Arceo, J. M. 2009. Chinampas. Exposición temporal. Museo Nacional de Agricultura. Dirección General de Difusión Cultural y Servicio. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 27 pp.
- Olivier, G. 1999. Los animales en el México prehispánico. *Taxonomía. Arqueología Mexicana* 6 (35): 4-14
- Palerm, A. 1980. Agricultura y sociedad en Mesoamérica. Ed. SEP. Setentas. Diana. México. 195 pp.
- Polaco, O. J. y Arroyo C., J. 2001. El ambiente durante el poblamiento de América. Primeros pobladores. *Arqueología Mexicana* 9 (52): 30-35
- Pompa y Padilla, J. A. y Serrano C., E. 2001. Los más antiguos americanos. Primeros pobladores. *Arqueología Mexicana*. 9 (52): 36-41
- Pompa, A. 2009. Poblamiento de América. Cédulas de Sala. Museo Nacional de Antropología. Departamento de Promoción Cultural. CONACULTA-INAH. México, D. F. 30 pp.
- Prideaux, T. 1990. El hombre de Cro-Magnon. *Orígenes del Hombre*. Libros Time-Life, Ediciones Culturales Internacionales S.A. de C.V. México, D. F. 160 pp.
- Reverte-Coma, J. M. 1990. El origen del hombre. *Enigmas*. Espacio y Tiempo, S.A. de C.V. Madrid, España. 48 pp.
- Rivet, P. 1984. Los orígenes del hombre americano. 10ª reimpr. Ed. Fondo de Cultura Económica. México. 198 pp.
- Rojas, R. T. 1983. La agricultura chinampera. *Compilación histórica*. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 7. Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 229 pp.
- Salvat Editores. 1999. *Historia Universal Salvat*. Tomo I. La prehistoria. Salvat Editores, S. A. de C. V. Madrid, España. 214 pp.
- Serrano, E. 2009. Introducción a la Antropología. Cédulas de Sala. Museo nacional

de Antropología. Departamento de Promoción Cultural. CONACULTA-INAH. México, D. F. 30 pp.

Valadez A., R. 1999. Los animales domésticos. Aves y Abejas. *Arqueología Mexicana* 6 (35): 32-39

Vassallo, M. 2004. Gente de maíz, maíz de la gente. *México Desconocido*. XXVIII (329): 28 – 38).

OBSERVACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS

Rogelio Álvarez Hernández
José Cruz Salazar Torres
Eleuterio E. Estrada Ramírez†

I. INTRODUCCIÓN

Con esta práctica, se pretende abordar uno de los aspectos muy importantes en el proceso de producción agrícola a través de los tiempos, a partir de que el hombre logra controlar el ciclo vital de las plantas y de los animales, para asegurar la obtención de sus propios satisfactores. Se trata de las técnicas de producción que el hombre ha creado y ha venido perfeccionando en el proceso agrícola; así como, del conjunto de cosas, instrumentos o utensilios, métodos, conocimientos y habilidades que surgen de todo este proceso; es decir, de la técnica y la tecnología.

Como una forma de asegurar su existencia, el hombre primitivo tuvo la necesidad de utilizar, tanto para su defensa como para la caza y la recolección, los objetos de que libremente pudo disponer y que, la naturaleza, así le proporcionó. Poco a poco, fue pasando del simple aprovechamiento de esos objetos, a la elaboración y construcción de instrumentos; siendo éste, uno de los rasgos fundamentales que dio origen al trabajo humano, propiamente dicho. Por ello, los instrumentos de trabajo se definen como aquellas cosas o complejo de cosas que sirven directamente como intermediarios de la acción del hombre sobre la naturaleza.

El paso de la apropiación natural del hombre, de sus medios de existencia, a la producción de los mismos, implica necesariamente, la producción de instrumentos de trabajo. Este hecho está íntimamente relacionado con la invención de la agricultura, a lo que se conoce como La Revolución del Neolítico y el ulterior desarrollo de la sociedad. A partir de este momento de la historia social, la producción de instrumentos de trabajo se desarrolló de manera vertiginosa, a la par del desarrollo social y económico del hombre; pasando de los instrumentos más rústicos de piedra y de madera, a los más sofisticados de la época moderna. De esto se desprende que, el grado de desarrollo alcanzado por la agricultura en las diferentes etapas de la historia de la sociedad, se ha caracterizado, no por lo que se ha producido, sino por el tipo de instrumentos de trabajo con los que se ha producido hasta el presente.

Es necesario que los estudiantes del Propedéutico de la UACH, conozcan los principales instrumentos de trabajo utilizados en nuestro país, tanto en la agricultura tradicional como en la moderna. Los instrumentos más representativos de la agricultura tradicional, pueden observarse en el Museo Nacional de Agricultura y, los de la agricultura convencional, en el Campo Agrícola San Ignacio de la UACH.

II. OBJETIVOS

1. Valorar la importancia histórica y social de los instrumentos de trabajo utilizados en la agricultura.
2. Conocer los principales instrumentos agrícolas empleados en cada fase del proceso de trabajo agrícola.

3. Identificar los principales componentes de los instrumentos agrícolas observados.
4. Analizar los usos de cada instrumento observado.

III. METODOLOGÍA

- 3.1. Se visitará el área de maquinaria agrícola del Campo San Ignacio de la UACH, para observar algunos implementos usados en la agricultura convencional;
- 3.2. Posteriormente se realizará un recorrido por las salas principales del Museo Nacional de Agricultura, para conocer algunos implementos usados en la agricultura tradicional.
- 3.3. En cada caso se explicará la importancia de los instrumentos y las clasificaciones de los mismos.
- 3.4. Se abordará la explicación de los instrumentos de trabajo de acuerdo al proceso de trabajo.
- 3.5. Se procurará mostrar en funcionamiento, algunos de los implementos utilizados en la agricultura convencional.

IV. MATERIALES

4.1. Implementos usados en la Agricultura convencional.

4.1.1. Para la preparación del terreno: (1) Desvaradora, (2) Arados subsoleadores, (3) Estercoladora, (4) Arados de discos, (5) Arados de reja y vertedera, (6) Rastras de discos, (7) Azadón rotatorio, (8) Discos bordeadores, (9) Cuchillas niveladoras, (10) Niveladora Láser, (11) Zanjadoras, (12) Arado surcador.

4.1.2. Para la siembra y transplante: (1) Sembradora unitaria tipo Lister para maíz y frijol, (2) Sembradora para labranza de conservación, (3) Sembradora múltiple para granos pequeños, (4) Sembradora múltiple para granos pequeños para cero labranza, (5) Sembradora centrífuga para granos pequeños, (6) Transplantadora.

4.1.3. Para las labores de cultivo.

4.1.3.1. Iniciales: (1) Rodillo, rulo o cultipaker, (2) Rastra de picos.

4.1.3.2. Intermedias: (1) Cultivadora de cinceles, (2) Arado aporcador, (3) Equipo para aplicación de pesticidas.

4.1.4. Para la cosecha: (1) Cosechadora de cereales de grano pequeño (combinada), (2) Cosechadora de forraje, (3) Rastrillo de entrega lateral, (4) Empacadora de forraje.

4.2. Implementos usados en la agricultura tradicional: Museo Nacional de Agricultura.

4.2.1. Para la preparación del terreno: (1) Coas, (2) Asta de venado para arar, (3) Arados de palo de tracción animal, (4) Arados de vertedera de tracción animal, (5) Implementos para uncir a los animales de tiro.

4.2.2. Para la siembra y transplante: (1) Recipiente para sembrar, (2) Semilleros, (3) Sembradora de tracción animal, (4) Sembradora de labranza cero manual, (5) Pala

recta, (6) Bastones plantadores, (7) Coas de metal y madera, (8) Excavador recto, (9) Chuzas, (10) Cavadores, (11) Cubos, (12) Barretas, (13) Barretera, (14) Sembrador, (15) Plantador, (16) Edullo, (17) Lanza, (18) Punzón y (19) Espeque.

4.2.3. Para las labores de cultivo.

4.2.3.1. Iniciales: (1) Cochinita o cochinito para escarificar, (2) Rastra de picos.

4.2.3.2. Intermedias: (1) Tarecua, (2) Coa, (3) Aro escardador, (4) Aro de limpia, (5) Azadones, (6) Gatas, (7) Hoz de raspa, (8) Cultivadora de tracción animal, (9) Machetes curvos, (10) Machetes rectos, (11) Hoces, (10) Coa de Yucatán, (12) Tarpela, (13) Huíngaro, (14) Mochila aspersora, (15) Ganchos para podar café, (16) Serrucho podador, (17) Tijeras de podar, (18) Hachas.

4.2.4. Para la cosecha: (1) Brevera, (2) Jaba, (3) Tenate, (4) Coa de Jimar, (5) Cosechadora de ajo, (6) Almocafre, (7) Piante, martillo y messora, (8) Cuchilla y tasa o jícara para cosechar hule, (9) Rozadera, (10) Gancho para cortar coco, (11) Gancho para tuna, (12) Bajador recolector, (13) Canastilla para cosecha de mango, (14) Biello para cosecha, (15) Aguja para tabaco, (16) Morteador, (17) Piscadores de maíz.

4.2.5. Transformación o beneficio de la cosecha: (1) Castañas, (2) Rastrillo para rayar café, (3) Tallador de lechuguilla y de pita, (4) Despiscador de Jamaica, (5) Desgranadores de maíz y oloteras, (6) Biello de madera, (7) Acocote, (8) Rayador de coco, (9) Tijeras para desrrabonar cebolla, (10) Moldes para piloncillo y pala, (11) Pala para bildar, (12) Cuarterones y medidas de volumen, (13) Zaranda de cuero, (14) Alambique.

4.2.6. Uso de las fibras vegetales en las labores agrícolas: (1) Ayates, (2) Canastos sembradores, (3) Honda, (4) Mecapal, (5) Coyunda, (6) Barcina, (7) Petacas, (8) Costales y (9) Canastos.

4.2.7. Implemento usados en la producción de pulque: (1) Raspadores, (2) Tapa tepa, (3) Barrica-Cuba, (4) Tina para fermentar pulque, (5) Barril semillero, (6) Acocote, (7) Marcadores de maguey, (8) Cubo y cuarterón, (9) Cuero o calambre, (10) Jícaras y litros, (11) Cañón o tonel, (12) Barril, (13) Castaña.

V. CUESTIONARIO

1. ¿Qué son los instrumentos de trabajo?
2. ¿En qué consiste el proceso de trabajo agrícola?
3. Explique la importancia de los instrumentos de trabajo en el proceso de producción agrícola.
4. Mencione las diferencias básicas entre los implementos usados en la agricultura convencional y la tradicional.
5. ¿Cuál fue el impacto de la cultura española sobre los instrumentos de trabajo agrícola durante la colonización?
6. Mencione algunos de los principales instrumentos agrícolas introducidos por los españoles.

7. ¿Cuál es la importancia del uso de las fibras vegetales tejidas para el trabajo agrícola en México?

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Arceo A., J. M. 2010. Canasto, ayates y más. Fibras tejidas para el trabajo agrícola. Exposición temporal. Museo Nacional de Agricultura. Dirección General de Difusión Cultural y Servicio. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 27 pp.
- Arnal A.P.V. y Laguna. 1980. Tractores y motores agrícolas. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 357 pp.
- Arnal A.P.V. y Laguna. 1980. Tractores y motores agrícolas. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 357 pp.
- Ashburner, J. y Sims, B. 1984. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. IICA. San José, Costa Rica. 250 pp.
- Berlijn J. D. 1982. Tractores agrícolas. Editorial Trillas, México, D. F. 328 pp.
- Childe, V. G. 1982. Los Orígenes de la Civilización. 14ª reimpr. Fondo de Cultura Económica. México. 291 pp.
- Cortés, Elkin. Mecanización agrícola: relación máquina-suelo. Palmira: Universidad Nacional. 1994. 115 pp.
- Cruz, L. A. 1991. Instrumentos agrícolas. Museo Nacional de Agricultura y Centros Regionales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 pp.
- Culpin, Claude. Farm Machinery. 11a Ed. William Collins, Son And Co Ltd. 560 pp.
- DGETA. 1978. Serie de manuales para mecánica agrícola. Tractores agrícolas. SEP. México, D. F.
- Diehl, R. y Mateo Box, J. M. 1978. Fitotecnia general. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 814 pp.
- Donell H. 1983. Maquinaria agrícola. Editorial Limusa, S. A. México, D. F. 398 pp.
- Laguna B., A. 1990. Maquinaria agrícola: constitución, funcionamiento, regulaciones y cuidados. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España. 540 pp.
- Ortíz Cañavate, J. 1989. Las máquinas agrícolas y su aplicación, 3a Ed. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 658 pp.
- Pérez A., J. y J. M. Arceo A. 2006. El maguey y el pulque. Herramientas agrícolas y utensilio tradicionales del tinacal. Exposición temporal. Museo Nacional de Agricultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 20 pp.
- Shippen J., M. y J. C. Turner. 1968. Maquinaria agrícola básica. Vol. 1. El tractor. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 689 pp.
- Smith H., P. y L. H. Wilkes. 1989. Maquinaria y equipo agrícola. Editorial Omega, S. A. Barcelona, España. 765 pp.

- Smith H., P. y L. H. Wilkes. 1989. Maquinaria y equipo agrícola. Editorial Omega, S. A. Barcelona, España. 765 pp.
- Stone, A. A. y Gulvin, H. E. 1987. Biblioteca de agricultura. Tomos 4-6. 16ª impr. Ed. CECSA. México. 671 pp.
- Stone, A. y H. Gulvin. 1989. Maquinaria agrícola. Editorial CECSA, México, D.F. 678 pp.

ANÁLISIS DE SEMILLAS PARA SIEMBRA

Rogelio Álvarez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

Las semillas representan el germen de las futuras plantas, y su análisis, es un eslabón muy importante en la práctica agrícola, ya que interviene al mismo nivel de relevancia que el clima y el suelo en el rendimiento de la cosecha. La adecuada selección de las semillas es un factor determinante en la sanidad y vigor del cultivo, así como para asegurar la densidad de población requerida. Sin embargo, la elemental precaución de seleccionar adecuadamente las semillas, frecuentemente es olvidada, constituyendo una de las principales causas de los malos rendimientos de los cultivos. Es por eso que, previo a la siembra de los cultivos, se debe de practicar el análisis de la semilla, lo cual evita los fracasos en el establecimiento de cultivos; debido a que ésta se deteriora por causa ambientales, mal manejo durante la cosecha y el almacenamiento.

Las características más importantes para la determinación de las cualidades de las semillas son: (1) Identidad. Correspondencia de la semilla con el nombre de la especie y de la variedad que se desea cultivar. (2) Tamaño. Una semilla grande posee un germen y albumen mayor que la semilla pequeña, tiene más reservas y, puede germinar con más vigor. (3) Forma. Es de gran importancia práctica; por ejemplo en el caso del maíz, las sembradoras modernas exigen el empleo de formas precisas de la semillas: planas, ovaladas, esféricas, etc. (4) Color y brillo. Son caracteres que en algunas plantas, tienen relación con la edad, el estado sanitario de la semilla y su grado de humedad. (5) Olor. Puede servir para una rápida identificación de estados anormales en la semilla (enmohecimiento, humedad excesiva, etc.). (6) Vitalidad o facultad germinativa. A veces, las semillas completamente formadas y vivas (*viabiles*) no pueden germinar, lo cual puede deberse a que han alcanzado la madurez morfológica, pero no la madurez fisiológica o a que las condiciones ambientales son inadecuadas para la germinación. (7) Viabilidad. Representa la semilla viva con potencial de germinar; aunque en un momento dado éstas no germinen, debido a la impermeabilidad de cubierta, a través del tiempo puede ocurrir la emergencia de la plántula, debido a que la semilla se encontraba viva y latente. (8) Capacidad de germinación. Representa el porcentaje de las semillas que desarrollan una plántula normal, con la presencia de todas las estructuras fundamentales que aseguren el establecimiento potencial del cultivo. Esta prueba también determina las plántulas anormales o con defectos, las semillas muertas, latentes o duras y también las hinchadas. (9) Pureza. Es la proporción de semillas que reúne las especificaciones de identidad y se expresa en porcentaje, en peso de semillas pertenecientes a la especie considerada. (10) Sanidad. Las semillas pueden portar gérmenes de diversas enfermedades y plagas, susceptibles de ser transmitidas a la plántula como hongos, bacterias, virus y muy raramente, insectos. (11) Humedad. Representa el contenido de agua. Cuando la semilla está en maduración el contenido de humedad es alto, decreciendo conforme la semilla llega a madurez fisiológica y (12) Peso específico. La densidad de la semilla es importante técnica y comercialmente. El peso por unidad de volumen, revela en muchos casos,

calidad de la semilla, grado de selección y limpieza, reservas de nutrientes, estado sanitario, grosor o calibre y estado de madurez.

II. OBJETIVOS

1. Determinar las pruebas que avalan la calidad de semillas para la siembra.
2. Comprender la importancia de hacer el análisis de la semilla, antes de la siembra

III. METODOLOGÍA

3.1 Muestreo de semillas. Con las semillas disponibles se realizarán las pruebas respectivas para valorar la calidad de la semilla, de acuerdo con lo especificado por las normas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA, por sus siglas en inglés), cuyos tamaños de muestra para algunas especies se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tamaños de muestras de semillas recomendados para algunas especies

Tamaño de semilla	Especie tipo	Muestra (gr)
Semillas grandes	Maíz y frijol	1000
Semilla de cereales de grano pequeño	Trigo	1000
Semillas pequeñas de hortalizas	Tomate	15
Semillas forestales grandes	<i>Quercus</i>	500
Semillas forestales pequeñas	<i>Eucaliptus</i>	15-60
Semillas ornamentales grandes	<i>Lathyrus</i>	400-600
Semillas ornamentales pequeñas	<i>Achillea</i>	5

3.2 Contenido de humedad de las semillas. El contenido de humedad debe determinarse para las semillas antes de su almacenamiento. El contenido de humedad objetivo para la mayoría de las semillas es entre 8 y 14%. Las semillas que están por encima de este rango se deben secar aún más antes de ser almacenadas. Dos muestras de aproximadamente 10 gramos cada una (para la mayoría de las especies) se colocan en frascos refractarios y se llevan a un horno de convección a 105 °C durante 17 horas. El contenido de humedad se calcula mediante la fórmula:

$$\%HS = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso fresco}} * 100$$

3.3 Peso de la semilla (determinación del número de semillas por Kg). Esta información es útil para la determinación del número de semillas a una muestra pesada y para proporcionar una indicación de la variación de tamaño de la semilla dentro de una especie. Dividiendo el resultado entre 1000 podemos tener el peso unitario de las semillas. Este ensayo se realiza con la semilla pura obtenida del análisis de pureza. Para realizar esta determinación existe un método aprobado por la ISTA, el cual se describe a continuación:

Consiste en tomar dos submuestras de la muestra de trabajo formada por 1000 semillas cada una, para luego pesarlas, calcular el promedio y determinar el número de semillas por kilogramo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{No.de semillas/Kg} = \frac{1000 \text{ semillas}}{\text{Peso promedio}}$$

3.4 Pureza física o analítica. El objetivo del análisis de la pureza es determinar la composición en peso de: (a) La composición en peso de la muestra que se analiza y por consiguiente la composición del lote de semillas y (b) La identidad de las distintas especies de semillas contaminantes (semillas y pseudosemillas de especies distintas a la semilla pura) y de las partículas de materia inerte de la muestra (piedras, suelo, tallos, pedazos de hoja, raíces, glumas, glumelas, fragmentos de plantas o de semillas de plantas silvestres o cultivadas quebradas o dañadas, semillas desprovistas de testa y semillas enfermas o dañadas). Para determinación del % de pureza. A cada equipo se le proporcionará una muestra de 100 gramos de semillas con impurezas. Cada equipo separará con cuidado todas las impurezas como semillas rotas, enfermas, vanas o muy pequeñas; tierra, paja y toda clase de materiales extraños. Se pesará el lote de semillas "buenas" o "puras" que hayan quedado. Para el cálculo de los porcentajes se utilizan las siguientes formulas:

$$\% \text{ de Semillas Puras} = \frac{\text{Peso de las semillas puras}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ de Semillas de otros cultivos} = \frac{\text{Peso de las semillas de otros cultivos}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ de Materia Inerte} = \frac{\text{Peso de la materia inerte}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

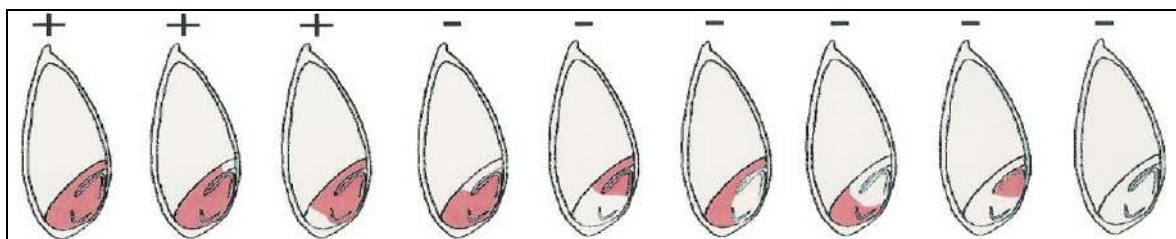
3.5 Pruebas de viabilidad. La determinación de la viabilidad es importante en todas las semillas que presentan latencia. La *viabilidad* y la *capacidad germinativa* determinan la *vitalidad* de las semillas. Se usa para algunas semillas que presentan períodos de dormancia o latencia, o sea que a pesar de estar vivas, poseen un período de letargo que les impide germinar hasta que las condiciones ambientales (horas de frío, luz, oscuridad, etc.) determinen la finalización de ese estado.

3.5.1. Ensayo bioquímico de viabilidad con 2,3,5-trifeniltetrazolio. Es un ensayo bioquímico que utiliza un colorante indicador de la actividad enzimática que, de acuerdo a la viabilidad de la semilla, la colorea en diferentes grados o zonas, o no la colorea, según esa semilla tenga tejidos sanos, débiles y/o enfermos y muertos. La diferencia de coloración u otras consideraciones, permitirá realizar la evaluación acerca de la presencia, localización y naturaleza de las alteraciones en el embrión y demás partes constituyentes de la semilla. La prueba de Tetrazolio resulta de utilidad para: (a) Hacer una rápida estimación de la viabilidad de la semilla. (b) Determinar la viabilidad de las semillas latentes o aletargadas que no germinaron y (c) Aceptar o rechazar lotes de semillas antes de cosecharla, antes de acondicionarla, antes de mezclar lotes, antes de comprar, de despachar, o de clasificar un lote.

A cada equipo se le entregará un lote de semillas de maíz y frijol, seleccionadas antes de la práctica y que hayan estado sumergidas en agua durante 24 horas. Las semillas se cortarán longitudinalmente, abarcando el eje embrionario; se desechará una mitad y la otra se colocará en una caja de Petri que contenga 3 ml de solución de Cloruro de Tetrazolio. El eje embrionario debe quedar en contacto con la solución. Después de una hora, con una aguja o con una pinza de disección se volteará la mitad de la semilla, se observará al microscopio o con una lupa si el embrión se ha coloreado y se contarán. Las semillas cuyos embriones se colorean, estarán vivas (Cuadro 2). El porcentaje de viabilidad se obtiene de la manera siguiente:

$$\% \text{ de Viabilidad} = \frac{\text{No. de semillas coloreadas}}{\text{No. total de semillas}} * 100$$

Cuadro 2. Prueba topográfica por Tetrazolio (TZ) utilizada para determinar viabilidad de la semilla.



3.5.2. Determinación visual de la viabilidad de las semillas. Para la determinación de la viabilidad de las semillas se emplea el método de la *prueba del corte*, que consiste en tomar 2 submuestras de la muestra de trabajo, compuesta de 10 semillas c/u, para luego seccionarlas con ayuda de un bisturí y examinar el tejido interno. Las semillas seccionadas serán consideradas viables o vanas según los siguientes criterios: (a) Semilla viable. Aquella semilla cuyo tejido interno presenta una consistencia blanda y una coloración blanca o crema. (b) Semilla vana. Aquella cuyo tejido interno está seco o presenta una coloración marrón, además de aquellas en las que el tejido ocupa menos de la mitad de la cavidad interna de la semilla, o aquellas semillas que floten en el agua. El registro de los datos obtenidos se realiza en el cuadro, mostrado a continuación:

Repetición	Número de semillas	
	Viables	Vanas
1		
2		
3		
4		
Promedio		

El cálculo de la viabilidad de las semillas se realiza con el promedio de las semillas viables obtenidas, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Viabilidad} = \frac{\text{Promedio de semillas viables}}{10} * 100$$

3.6. Determinación del % de germinación. Muchas veces el porcentaje de germinación, no corresponde al porcentaje de viabilidad y la diferencia entre ambos, sirve como pauta para investigar las causas por las que no todas las semillas vivas germinan. Estas causas pueden ser: (a) internas (humedad de la semilla, tamaño del endospermo y embrión, forma de las semillas, tegumentos duros, compuestos inhibidores de la germinación, etc.), o (b) externas (temperatura, luz y humedad del ambiente). Sirve para ajustar la densidad de siembra de los cultivos y para evitar la comercialización de semillas con mínima germinación que conllevarían a fracasos en su establecimiento.

3.6.1. A cada equipo se le proporcionará una muestra de semillas que se desinfectarán como sigue: (1) Las semillas se depositan en un frasco que contenga una solución de Hipoclorito de Calcio al 3%. (2) El frasco se tapa y se agita. (3) Se desecha la solución de Hipoclorito y se agrega agua esterilizada 2 ó 3 veces.

3.6.1.1. Ensayo de germinación. En una caja de Petri, esterilizada, se colocará gasa o papel filtro, también esterilizados; agregando agua según sea necesario. Con los resultados se elabora una gráfica en que se considere el Tiempo contra el Número de semillas germinadas por día. Una vez que se tiene la suma de las semillas germinadas, el porcentaje de germinación se obtiene de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Germinacion} = \frac{\text{No. de semillas germinadas}}{\text{Numero total de semillas}} * 100$$

3.6.1.2. Medición de la germinación. El cálculo del % de germinación se determina mediante la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Coeficiente Germinacion Absoluta} = \frac{\text{No. de semillas germinadas normalmente}}{\text{No. total de semillas del lote}} * 100$$

$$\text{Coeficiente Germinacion Relativa} = \frac{\text{No. de semillas germinadas normalmente}}{\text{No. total de semillas viables del lote}} * 100$$

3.6.1.3. Porcentaje de semillas en dormancia. Una combinación de la prueba de germinación y la prueba del cloruro de tetrazolio nos puede proporcionar información del porcentaje de germinación, así como también del porcentaje de dormancia de las semillas. Así, resulta lo siguiente:

$$\% \text{ de semillas en dormancia} = \% \text{ de semillas viables con TZ} - \% \text{ de germinacion}$$

3.6.1.4. Ensayos de vigor de nacencia. La emergencia de la plántula en el campo es fuertemente influenciada por condiciones ambientales, muy difícil de estandarizar, siendo difícil de predecir el potencial real de vigor de la semilla. Sin embargo, el parámetro más usado para determinar el vigor de nacencia es el porcentaje de emergencia de plántulas en el campo, que es definido como:

$$\% \text{ de emergencia} = \frac{\text{No total de plantulas emergidas al final del ensayo}}{\text{No. total de semillas sembradas}} * 100$$

3.6.1.5. Velocidad de germinación (VG). Esta prueba se basa en el hecho de que las semillas vigorosas germinan más rápidamente que las restantes. Se ha estimado como el % de germinación medido cuatro días después de sembrar. Se sugiere la siguiente fórmula para medir la tasa de germinación:

$$TG = \Sigma \frac{\text{No.de plantulas normales de semillas germinadas en el intervalo T}}{\text{Tiempo desde la siembra hasta el conteo de germinación}}$$

Otra forma de evaluar la VG es a través de la siguiente fórmula:

$$VP = \frac{\text{Maximo valor de porcentaje de germinacion acumulativo}}{\Sigma \text{ No.de días desde la siembra hasta el conteo de germinación}}$$

3.6.1.6. Determinación del valor cultural real de la semilla.

Una vez conocido el % de pureza y el % de germinación, el valor cultural para cada especie se determinará de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Valor Cultural Real de la Semilla} = \frac{\% \text{ de pureza} * \% \text{ de germinacion}}{100} * 100$$

3.6.1.7. Determinación del coeficiente de nacencia. La facultad germinativa deducida en el laboratorio, es un valioso índice de la vitalidad de la semilla, pero las condiciones de siembra, tanto del suelo como del ambiente, pueden hacer que las semillas germinen bien bajo condiciones controladas y fracasen en las condiciones reales de campo. El coeficiente de nacencia se puede calcular de la manera siguiente:

$$\text{Coeficiente de nacencia} = \frac{100 * \text{No.de plantas nacidas en campo}}{\% \text{ de germinación en el laboratorio}}$$

IV. MATERIALES.

Cajas de Petri de plástico	Papel filtro o gasa fina esterilizados
Cloruro de tetrazolio al 0.1%	Etiquetas de pegar
Semillas diversas	Microscopios estereoscópicos o lupas
Frascos Gerber con tapa	Probetas graduadas
Navajas de corte fino	Pipetas de 10 ml
Agujas y pinzas de disección	Balanza de 2 kg de capacidad
Solución de Hipoclorito de Calcio al 3%	Agua destilada

V.- ELABORACIÓN DEL REPORTE

1. Cada equipo entregará un informe escrito, con los datos que haya obtenido durante la práctica, que habrá determinado la cantidad de semilla necesaria para la siembra, de acuerdo con las recomendaciones técnicas sobre densidades de población para la especie de que se trate.
2. Al reporte se anexará, contestado, el siguiente:

VI. CUESTIONARIO

1. Definir los conceptos siguientes, indicando especies que requieran de esas condiciones. a) Escarificación b) Estratificación c) Letargo

- 2.. ¿Cuáles son los procedimientos principales para la desinfección de las semillas y del suelo en condiciones de campo y qué importancia tienen?
3. ¿Qué es la madurez fisiológica de las semillas y cómo se puede determinar?
4. ¿Qué contenido de humedad deben tener las semillas almacenadas para la siembra y cómo se puede determinar?
5. ¿Desde qué momento se puede considerar que se ha iniciado la germinación y qué características indican ese inicio?
6. ¿Qué sustancias reguladoras del crecimiento se pueden emplear y cuál es la razón de que las semillas se coloreen?

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arriagada, Velia. 2005. Semillas. Inspección, análisis, tratamiento y legislación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA-OEA). Dirección Regional Sur. Santiago de Chile, Chile. 114 pp.
- Borrajó, Celina I. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Curso Internacional en Ganadería Bovina Tropical. CR Corrientes – INTA. Corrientes, Argentina. 8 pp.
- Delouche, J. C. 2002. Germinación deterioro y vigor de semillas. Seed News 6 (6).
- Douglas, S. M. & Inman, M. K. 2002. Seed germination and purity analysis Bulletin 961. Connecticut Agricultural Experiment Station. New Haven, Connecticut. USA. 12 pp.
- Dungan, G.H. et. al. 1967. Prácticas Agrícolas. Vol. 1. Chapingo, México. 194 pp.
- Estrada R., E. E. y Salazar T., J. C. 2011. La germinación de las semillas, sus tipos y factores. En: Estrada R., E. E. Manual de Prácticas de Cultivos Básicos. C.P.M.I. Preparatoria Agrícola, UACH. Chapingo, México. 107 pp. Pags. 40-45.
- França Neto, J.B.; Krzyzanowski, F.C.; Costa, N.P. da. 1998. El test de tetrazolio en semillas de soja. EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 117. 72 pp.
- Hampton, J. G. 2001. ¿Qué significa calidad de semillas? Seed News 5 (5).
- Hartman, H.T. y Kester, B.E. 1981. Propagación de plantas. 2a. impr. Ed. CECOSA. México. 814 pp.
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. 2006. Compendio. Manejo tradicional de semillas de los cultivos nativos de Perú. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos. Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología. Dirección de Investigación Agraria. Lima, Perú. 96 pp.
- Krzyzanowski, F. y franca, J. M. 2003. Agregando valor a la semillas de soja a través del control de calidad. Seed News 5: 16-20.
- Méndez N., J. L., Savit, M. y Merazo, J. 2007. Uso del agua caliente para evaluar la calidad de las semillas de maíz (*Zea mays* L.). Revista Tecnológica ESPOL 20(1): 229-236.

- Peters, J. & Lanham B. 2000. Tetrazolium Testing Handbook. Contribution No. 29 To the Handbook on Seed testing. Prepared by The Tetrazolium Subcommittees of the Association of Official Seed Analysis Published by the Association 1970. First Revision 2000. Association of Official Seed Analysis. USA. 100 pp.
- Quirós O., W. y Carrillo A., O. 2002. La importancia del insumo semilla de buena calidad. Oficina Nacional de Semillas. Cali, Colombia. 14 pp.
- Ruiz, M. A. El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas. Caso de estudio: cebadilla chaqueña. EEA INTA Anguil. Publicación Técnica N°77. 20 pp.
- Salinas, A. R., Yoldjian, A. M., Craviotto, R. M. y Bisaro, V. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 36 (2): 371-379.
- Uribe Cortés, T. B. 2011. Prueba de pureza física. Laboratorio Central de Referencia. Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México, D. F. 17 pp.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1980. Semillas. Centro de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional (AID). USDA. Compañía Editorial Continental, S. A. 1020 pp.
- Van Waes, J. M. & P. C. Debergh. 1986. Adaptation of the tetrazolium method for testing the seed viability, and scanning electron microscopy study of some Western European orchids. Physiology Plantarum 66(3): 435-442.

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS EN CHAROLAS

Elías Jaime Matadamas Ortiz
Roberto Noguez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

En México se tiene cada año aproximadamente una superficie de 347 mil hectáreas de hortalizas de especies de trasplante. Entre las de mayor importancia tenemos al chile, jitomate, tomate verde, cebolla, brócoli y lechuga. Para lograr esta superficie se propagan alrededor de 28 mil millones de plántulas.

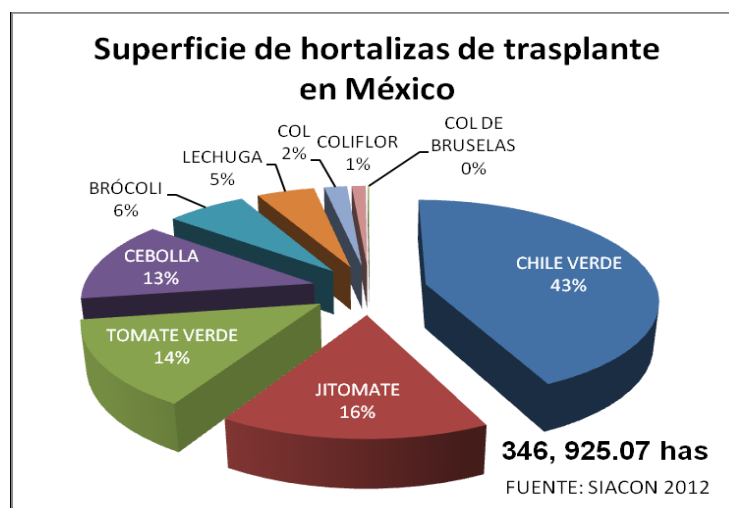


Figura 1. Superficie de hortalizas de trasplante en México.

En los sistemas de producción agrícola actuales, la producción de plántulas tiene una importancia fundamental debido a que representa las bases para el establecimiento de plantaciones de alta calidad que van a proporcionar los máximos rendimientos.

El objetivo primordial de la producción de plántulas en charolas y en general bajo este sistema, es el de obtener plántulas con un óptimo desarrollo para que una vez trasplantadas al terreno, alcancen su máximo potencial genético.

II. CONCEPTOS BÁSICOS

Antes de entrar a describir esta práctica, nos detendremos a revisar algunos conceptos que nos ayudarán a comprenderla mejor.

2.1. Sistema de Producción Agrícola. Conjunto de técnicas y fases de un proceso de producción vegetal que se da en un agroecosistema (espacio) y en un tiempo determinado.

2.2. Plántula. Es una pequeña planta que se encuentra en su primera fase de crecimiento como producto del proceso de germinación de la semilla que le dio origen.

2.3. Sustrato. Es el material de origen orgánico o mineral dentro del cual se deposita la semilla para que se lleve a cabo la germinación.

2.4. Charola. Es un contenedor que está dividido en celdas que se rellenarán de sustrato y donde se realizará la siembra.

2.5. Siembra. La siembra consiste en depositar la semilla dentro del sustrato y de cada celda de la charola.

2.6. Cepellón. Una vez que se da la germinación de la semilla y emergen las pequeñas raicillas de la plántula, éstas se internan en el sustrato que toma la forma del volumen de la celda de la charola. Al extraer la plántula de la charola al momento del trasplante, el cepellón consiste en las raíces junto con el sustrato.

2.7. Solución nutritiva. Son disoluciones acuosas balanceadas donde los solutos son sales minerales que contienen los elementos esenciales para la nutrición de las plántulas.

2.8. Sistema de riego. Conjunto de técnicas, materiales y equipo que suministran el agua que necesitan las plántulas para su sobrevivencia.

2.9. Cubiertas. Es un espacio de terreno cubierto con algún material que permite la entrada de luz.

2.10. Invernadero. Es un tipo de infraestructura que cuenta con una cubierta pero además está equipado con sistemas de control de temperatura, ventilación, riego, control de patógenos, sistema de conducción o tutoreado y nutrición vegetal.

III. SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN CHAROLAS.

Los principios del sistema de producción de plántulas en charolas son los siguientes:

- a) Utilización de contenedores para el crecimiento de las plántulas en un volumen uniforme e individual.
- b) Utilización de sustratos de baja densidad con propiedades excelentes de textura y retención de humedad que proporcionan las condiciones óptimas para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plántulas en un cepellón individual que permitirá un manejo con menores riesgos de deshidratación y daño radicular al momento del trasplante.
- c) Nutrición completa y balanceada con base a la aplicación de soluciones nutritivas con fertilizantes con alta solubilidad y fácil absorción.
- d) Riego por aspersión periódico, permanente y automatizado, para mantener el sustrato a un nivel de humedad a Capacidad de Campo (CC), y al mismo tiempo crear un microambiente húmedo de la atmósfera que mantenga un potencial hídrico elevado; y no se provoque una alta transpiración, y por ende se evite que las plántulas sufran estrés hídrico.

- e) Manejo de las plántulas dentro de cubiertas o invernaderos que mantienen una temperatura óptima límite que aceleran los procesos de crecimiento.
- f) Control estricto de malezas, plagas y enfermedades.

IV. OBJETIVO

El objetivo general de esta práctica es el de aprender el proceso de producción de plántulas en charolas; las que una vez que tengan la edad y características adecuadas serán trasplantadas a un terreno donde los mismos estudiantes les proporcionarán el manejo agronómico a fin de lograr la producción de especies como lechuga, brócoli y coliflor.

V. MATERIALES Y METODOLOS

Los estudiantes se organizarán en equipos y cada uno de ellos sembrará 10 charolas de cualquiera de las siguientes especies: lechuga, brócoli, coliflor, cebolla, jitomate o chile, o alguna otra especie de trasplante que haya sido previamente autorizada por la academia. Desde el momento de la siembra y hasta el trasplante, los equipos se organizarán para los riegos y demás labores requeridas en el manejo agronómico de las plántulas. Una semana antes del trasplante, los integrantes de cada equipo observarán sus charolas y cuantificarán el porcentaje de germinación, el estado de las plántulas y las actividades realizadas y harán un análisis de estos resultados. Cada equipo trasplantará sus plántulas en una parcela en el Campo San Ignacio de la Preparatoria Agrícola. Con las observaciones, hasta el momento del trasplante, cada equipo elaborará un reporte detallado de la práctica, apoyado en fotografías, esquemas y comentarios de los resultados obtenidos.

Los materiales indispensables en este sistema de producción de plántulas y en esta práctica son:

1. Semillas de hortalizas. Se recomienda que sean de alta calidad.

Semilla	Cantidad (pieza)	Variedad o Híbridos (tolerantes al frío). Se deben actualizar periódicamente
Lechuga	1500,000	Coolguard, Honcho II
Brócoli	100,000	Heritage, Marathon
Coliflor	50,000	Incline

2. Charolas. Contenedores de 338 celdas de poliestireno.

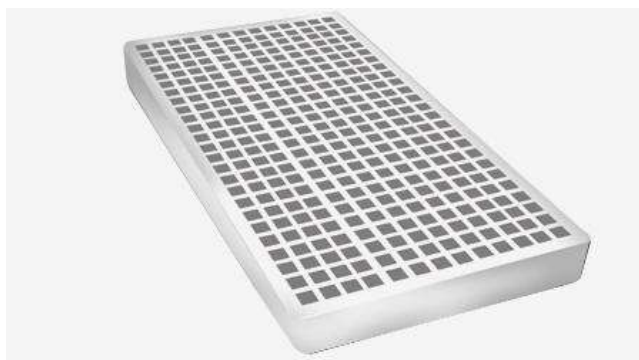


Figura 2. Charolas de poliestireno.

3. Sustrato. En esta práctica utilizaremos un sustrato de origen orgánico llamado comúnmente peat moss. Se trata de un material vegetal derivado de musgos de turba del género *Sphagnum*, dentro del que existen alrededor de 300 especies que crecen en climas de tundra. Este sustrato una alta capacidad de retención de humedad (aproximadamente el 48% de su volumen), una alta porosidad; la cual permite la aireación, y una baja densidad, $0.06-0.3\text{g/cm}^3$, comparada con la media del suelo agrícola que es de 1.25g/cm^3 .



Figura 3. Empaque de musgo o peat moss.

4. Solución nutritiva. Es necesario utilizar una solución nutritiva, sobre todo cuando ha finalizado el proceso de germinación de la semilla y la plántula comienza a crecer a partir de la realización de la fotosíntesis. Tomando en cuenta que el sustrato no posee capacidad de intercambio de cationes. Esta disolución debe contener:

Elemento	Concentración (ppm)	Elemento	Concentración (ppm)
Nitrógeno	140.9-350	Hierro	2.5
Fósforo	60	Manganeso	1.0
Potasio	50	Boro	0.45
Magnesio	25.3	Zinc	0.05
Calcio	151	Cobre	0.05
Azufre	44.9	Molibdeno	0.05

5. Invernadero. Las plántulas las vamos hacer crecer dentro de un invernadero equipado con sistema de riego automatizado. Cuando así se requiera, éste sistema será utilizado para hacer pasar la solución nutritiva, por lo que se convertirá en un sistema de fertirrigación.

El procedimiento para la siembra en charolas es el siguiente:

5.1. Hidratación del sustrato. Por cada 1000 cm³ de sustrato vamos a adicionar 480 cm³ de agua. Este contenido de humedad se encuentra en el punto denominado Capacidad de campo. En este punto de contenido de humedad, el sustrato al ser manipulado no escurre agua. En otras palabras, es la máxima cantidad de agua que el sustrato puede retener sin soltar agua gravitacional. Esta operación debe hacerse con mucho cuidado de mojar todo el sustrato y revolver continuamente. Se procede como cuando se hace una mezcla para la construcción. Se vierte sobre un plástico sobre el suelo una cantidad manejable de sustrato y se hace un montón, y en el centro se hace una cavidad para el agua; se vierte agua y con ayuda de palas, se revuelva hasta obtener una homogeneidad de humedad.

5.2. Llenado de charolas. Las charolas deben estar debidamente desinfectadas para evitar que proliferen patógenos que vayan a afectar a las plántulas. Para esto se prepara una disolución de hipoclorito de sodio al 5% en un recipiente grande de unos 200 litros de capacidad. Las charolas son sumergidas por un tiempo de 5 minutos y después son escurridas. Se recomienda que el llenado de las charolas se realice manualmente. Se toma una porción de sustrato humedecido y se van llenando las celdas de manera que no queden espacios de aire. Cada celda de la charola se llena hasta 1 cm debajo de su borde.

5.3. Siembra. La siembra también se hace manualmente. Las semillas se sacan de su embalaje y se ponen en un recipiente de fondo amplio. Se coloca solo una semilla en el centro de cada celda de la charola. Lo recomendable, en este sistema, es que se utilicen semillas con alto poder germinativo (98%) para evitar fallas en la obtención de las plántulas.

5.4. Tapado de la semilla. Se coloca sustrato húmedo sobre las semillas sembradas de tal manera que las charolas quedan llenas al ras.

5.5. Riego de siembra. Al manipular el sustrato durante la siembra es posible que pierda humedad y es necesario reponerla. Para lo anterior nos auxiliamos de una regadera de poro muy fino para hacer el primer riego a nuestras semillas.

5.6. Estibado. Dentro del invernadero, las charolas se apilan unas sobre otras y varias pilas se juntan para formar un bloque de alrededor de 50-100 charolas y se envuelven con plástico. Así se deja el bloque cubierto por un tiempo de 2 a 4 días. Esta operación tiene por finalidad que el sustrato se caliente y se active rápidamente la germinación de la semilla. Así también obtener una germinación uniforme. Si se deja más tiempo, las plántulas comienzan a desarrollar un tallo blanco y largo; fenómeno conocido como etiolación o ahilamiento.

5.7. Desestibado. Esta actividad consiste en descubrir los bloques de charolas y colocarlas sobre caballetes. Las charolas quedan distribuidas dentro del invernadero de tal forma que reciban la máxima cantidad de luz, pero que al mismo tiempo puedan ser manejadas fácilmente.

5.8. Trasplante. Desde la siembra hasta después de 4 a 6 semanas, las plántulas estarán listas para su trasplante. Pero durante este periodo, se deben cuidar los siguientes aspectos de manejo agronómico: riegos, fertilización y control de malezas, plagas y enfermedades. Para realizar el trasplante, las charolas son transportadas a un terreno ya preparado y surcado. Las plántulas son sacadas de las celdas tomándolas por la base del tallo y ejerciendo una pequeña fuerza con los dedos. Al hacer esto, las plántulas salen con su cepellón. Se procede entonces a hacer un orificio en el suelo colocando la plántula de manera que todo el cepellón se cubra de suelo y dejar la parte aérea fuera de él.



Figura 4. Plántula extraída con su cepellón.

VIII. CUESTIONARIO

1. Indique las especies de hortalizas de trasplante y de siembra directa más importantes en México.
2. Investigue y describa las enfermedades fungosas que más frecuentemente atacan a las plántulas en su primera fase de crecimiento y los métodos para combatirlas.
3. Indique cuales son las características de las plántulas de jitomate, chile, lechuga, brócoli, coliflor y tomate de cáscara cuando ya están listas para su trasplante.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abad M. y P. Noguera. 1997. Sustratos para el Cultivo sin Suelo y Fertirrigación. *In: Fertirrigación Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. Cadahia C. (ed). Mundi – Prensa. Madrid, España. pp. 287 – 342.
- Búres, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas, S.L. Madrid, España. 341 p.
- Cáceres, E. 1984. Producción de hortalizas. Edit. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica. 338 p.
- Carrasco, G. 2004. Semilleros en sistema flotante. En: Tratado del cultivo sin suelo. Urrestarazu M. (editor). Editorial Mundi-Prensa. 573-586.
- Carrasco, G., Rebolledo, P. 1999. Producción de plántulas de tabaco en sistema flotante. *Revista Científica Agropecuaria* 3: 39-43.
- Everhart, E., Jauron, R. y C. Haynes. 2002. El huerto doméstico. Guía de Horticultura. Iowa State University. University Extension. 4 p.
- García P. y E. Primo. 1996. Germinación de Semillas. *In: Fisiología y Bioquímica vegetal*. Azcon J. y M. Talon (ed). McGraw – Hill – Interamericana. Madrid, España. pp. 419 – 433.
- León H. 2006. Guía para el Cultivo de Tomate en Invernadero. Ed. Talleres Gráficos del Gobierno del Estado de Chihuahua. pp. 100 – 114.
- Magdaleno V. J.J., Peña L.A., Castro B.R., Castillo G.A.M., Galvis S.A., Ramirez P.F. y Hernández H.B. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 12(2):223-229.
- Maroto B., J. V. 1992. Horticultura herbácea especial. Ed Mundi – Prensa. Madrid. España. Pp. 335 – 371.
- Maroto, J., F. Pomares y C. Baixauli. 2007. El cultivo de la coliflor y el brócoli. Ed Mundi – Prensa, España. 404 p.
- Martínez, C. 2001. Evaluación de distintos sustratos para la producción de lechuga y espinaca en sistema hidropónico flotante. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, 48 p.
- Montaño, M.N.J. 2000. Evaluación de tres métodos de producción de plántulas de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.) en Jusepín, Estado Monagas, Venezuela. *Bioagro* 12(3): 81-84.
- Noguez, H.R. 2007. Producción de plántulas de hortalizas en charolas de poliestireno. En: Memoria del 14º. Encuentro de Investigadores en Preparatoria Agrícola 2007. XVIII. Jornadas de Investigación en Preparatoria Agrícola. 13 y 14 de septiembre de 2007. La Trinidad, Tlaxcala. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 212-215.
- Palacios A. A. 2001. Manejo de almácigos de jitomate en charolas de poliestireno. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo

- Experimental "Zacatepec", Zacatepec, Morelos, México. Folleto Técnico No. 16. Febrero de 2001. 11 p.
- Palacios A. A. 2001. Producción de planta de jitomate en charola. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental "Zacatepec", Zacatepec, Morelos, México. Folleto Técnico No. 15. Febrero de 2001. 11 p.
- Piñón M. y Casanova, A. 2002. Comparación de sistemas para la producción de plántulas de tomate frente al complejo moscas blancas-geminivirus. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. 63:64-74.
- Resh, M. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ed. Mundi – Prensa, España. 369 p.
- Reveles-Hernández, M., Huchín-Alarcón, S., Velásquez-Valle, R., Trejo-Calzada, R. y Ruiz-Torres, J. 2010. Producción de plántula de chile en invernadero. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana, Durango, México. Folleto Técnico No. 41. Febrero, 11 p.
- Snyder, R. 2005. Guía del cultivo del tomate en invernaderos. Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Mississippi. ExtensionService. Mississippi StateUniversity. 24 p.
- Valadez A. 2001. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México, D.F. 298 p.

SIEMBRA DIRECTA Y TRASPLANTE DE HORTALIZAS

Mardonio García Pineda

I. INTRODUCCIÓN

Las técnicas de siembra de hortalizas, varían de acuerdo con las características de la especie y la variedad de la misma. Pueden aplicarse dos técnicas distintas:

a) La siembra directa, consiste en depositar las semillas en el lugar definitivo, donde germinan y donde las plantas se desarrollan y permanecen hasta la cosecha, y

b) El trasplante, consiste, primero en depositar la semilla en lugares especiales, como almácigos, charolas, macetas, etc., donde germina y la plántula permanece sólo un breve periodo de su vida, antes de ser trasplantada en el lugar definitivo, en el campo, donde la planta se desarrolla hasta la cosecha. Estas técnicas comprenden las siguientes labores:

1. Preparación del terreno. Su objetivo principal es mullir una capa de suelo, para que adquiera una estructura uniforme, donde se desarrollen con mayor facilidad las raíces de las plantas.

2. Época de siembra. Tiene especial importancia, porque está relacionada, tanto con el período en que debe efectuarse la cosecha, como con la calidad y el precio que la misma pueda llegar a tener en el mercado, todo lo cual, determina el valor de la producción y los beneficios que el agricultor logre obtener. Por ello, la fecha de siembra debe asegurar que durante el ciclo vegetativo las condiciones ambientales no afecten la producción. Esto obliga a conocer las características agronómicas de las diferentes especies y variedades y sus exigencias en cada una de las etapas de su desarrollo.

3. Densidad de siembra y Densidad de población. Si la densidad de siembra consiste en la cantidad de semilla utilizada por unidad de superficie, si tal semilla reúne las características apropiadas, esto permitirá obtener la densidad de población óptima o deseada; es decir, el número de plantas por unidad de superficie. Con ello se logra utilizar de manera eficiente la capacidad productiva del suelo; o sea, que pueda nutrir, el número apropiado de plantas por unidad de superficie en metros cuadrados (m^2) o por hectárea (ha).

4. Métodos de siembra. Según los medios con que se realice, la siembra puede ser manual o mecanizada, pudiendo ser en ambos casos: a voleo, en hileras y en matas o golpes. En los dos últimos casos, puede hacerse a chorrillo o mateado. El trasplante siempre se realiza mateado.

5. Profundidad de siembra. Es la profundidad a la que debe depositarse la semilla en el terreno y depende, tanto de su tamaño, como de la textura del suelo y la humedad disponible en el mismo.

II. OBJETIVOS

1. Realizar la siembra directa y trasplante de hortalizas.

2. Aprender a atender un cultivo de hortalizas realizando las labores culturales correspondientes, como: siembra y/o trasplante, abonado, deshierbe, riego, combate de plagas y enfermedades, etc.
3. Describir las fases de crecimiento del cultivo.

III. METODOLOGÍA

1. Cada grupo debe sembrar una de las hortalizas siguientes:

Siembra directa	Siembra de transplante
Acelga	Ajo
Betabel	Brócoli
Cebolla	Cebolla
Cilantro	Col
Espinaca	Coliflor
Rabanito	Lechuga romana
Zanahoria	Lechuga de oreja

2. Se harán los cálculos de semilla y fertilizante necesarios para cada surco, según las recomendaciones técnicas, correspondientes.
3. Para hacer la siembra directa de los cultivos indicados, deben observarse las siguientes recomendaciones:
 - 3.1. Desterronar y mullir el suelo.
 - 3.2. Si la siembra se hace a doble hilera, el fertilizante se aplicará a *chorrillo* en ambos taludes del surco, a 5 cm. de profundidad y de 8 a 10 cm. de distancia de donde se deposite la semilla.
 - 3.3. Para sembrar a doble hilera, se abre un canalillo en ambos taludes del surco donde se deposita la semilla.
 - 3.4. La semilla se distribuye a chorrillo y se tapa con una capa de tierra de 1.0 cm. de espesor.
4. Para el trasplante, se observan las siguientes recomendaciones:
 - 4.1. Regar el almácigo antes de extraer las plántulas.
 - 4.2. Las plántulas se arrancan con una pala recta o de hortelano, cuidando no dañarlas.
 - 4.3. Se hacen manojos de 50 a 60 plántulas y se atan flojamente.
 - 4.4. Los manojos se transportan en cajas o cubetas al lugar de trasplante.
 - 4.5. Con las palas de hortelano se hacen hoyos en ambos taludes del surco a una distancia entre sí que puede variar según la especie. Por ejemplo: cebolla a 10 cm; lechuga de cabeza a 20 cm; lechuga de oreja a 30 cm; col y brócoli a 50 cm. y coliflor a 60 cm.
 - 4.6. Las plántulas se colocan en los hoyos y sobre sus raíces, se coloca tierra húmeda y suelta, presionándola muy bien para que no queden espacios

vacíos; encima, se coloca otra capa de tierra suelta.

4.7. El abono se aplica “mateado” en el talud del surco, a 5 cm de profundidad y a 10 cm de la planta.

4.8. Si el trasplante se realiza sobre terreno inundado, la raíz de la plántula se entierra con la mano, sobre la línea que marca el agua en el talud del surco.

5. Descripción de las fases de crecimiento del cultivo:

5.1. A partir de la siembra o del trasplante, cada 15 días, cada equipo de alumnos seleccionará, al azar, 10 plantas.

5.2. De las plantas seleccionadas, registrar: número de hojas, altura y peso fresco.

5.3. Con los datos obtenidos se llena el siguiente cuadro y se trazan las curvas de crecimiento.

Cuadro 1. Datos generales de la parcela y del grupo.

Cultivo	
Fecha de siembra	
Fecha de muestreo	
Grupo y grado	

Cuadro 2. Para la toma de datos en la parcela.

No. de planta	Altura (cm)	No. de hojas	Peso fresco (gr)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Total			
Promedio			

IV. MATERIALES

Etiquetas colgantes
Rastrillos
Azadones
Palas de hortelano
Palas rectas
Regaderas
Cubetas

Balanzas de 2 kg de capacidad
Estufa para el secado de muestras
Reglas o cintas de 1 m
Bolsas de plástico
Mecahilo
Semillas de hortalizas
Plántulas de hortalizas

V. CUESTIONARIO

1. Ventajas de la siembra por trasplante con relación a la directa.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alcázar Ocampo, J. C. Manual Básico: Producción de Hortalizas. (en línea). Consultado 15 mar. 2011. Disponible en: http://www.utn.org.mx/docs_pdf/novedades/MANUAL_HORTALIZAS_PESA_CHIAPAS_2010.pdf. 30 PP.
- Corpeño, B. 2004. Manual para la construcción y siembra de semilleros de cebolla. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. San Salvador, El Salvador. (en línea). Consultado 15 junio de 2011. Disponible en: http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/MANUAL_PARA_LA_CONSTRUCCION_Y_SIEMBRA_DE_SEMILLEROS_DE_CEB%85.pdf
- Estrada, R. E. E. y Salazar, T. J. C. 2007. La germinación de las semillas, sus tipos y factores. En: Manual de Prácticas de Cultivos Básicos. Preparatoria Agrícola. UACH. Chapingo, México. 107 pp.
- Estrada, R. E. E. y Salazar, T. J. C. 2007. La siembra, sus factores y sus métodos. En: Manual de Prácticas de Cultivos Básicos. Preparatoria Agrícola. UACH. Chapingo, México. 107 pp.
- Magallanes, L. Obando N., C. McLeod, B. 2010. Manual práctico de cultivo de hortalizas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike, Punta Arenas, Chile. (en línea). Consultado 15 junio de 2011. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/kampenaike/descargas/Boletin205.pdf>
- Martínez de la Cerda, J. Aspectos importantes del suelo en la producción de Hortalizas. Facultad de Agronomía, UANL. (en línea). Consultado 15 junio de 2011. Disponible en: <http://www.agronuevoleon.gob.mx/oeidrus/hortalizas/3suelo.pdf>
- Mora, F. 1994. Algunas consideraciones para la producción orgánica de hortalizas. Agronomía Mesoamericana 5: 171-183.
- Muñoz Ch, C. A. 2006. Propuesta técnica para el cultivo de hortalizas tomate-imentón-habichuela-pepinillo. (en línea). Consultado 15 mar. 2011. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006112717137_Propuesta%20tecnica%20cultivo%20de%20hortalizas.pdf
- Pomerleau, T. 1998. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas para la área metropolitana de Honduras conforme a las normas internacionales de certificación orgánica. Proyecto de Apoyo a la Gestión Sostenible de los Recursos Naturales en Honduras (PAGS) Unidad de Apoyo al Programa de Cooperación Canadiense en Honduras (UAP/ACDI) Tegucigalpa, Honduras

Nov. – Dic. 1998. (en línea). Consultado 15 junio de 2011. Disponible en: http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/hortalizas_organicas.pdf.

Sánchez-Guerrero, M.C., F. Portero, E. Medrano, R. Lorenzo. 1998. Efecto del enriquecimiento carbónico sobre la producción y eficiencia hídrica en cultivo de pepino. *Actas de Horticultura* 21: 83-90

Zoppolo, R., Faroppa, S., Bellenda, B. García, M. Alimentos en la huerta: guía para la producción y consumo saludable. 2008, INIA - OPS – UDELAR. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA. Montevideo, Uruguay. (en línea). Consultado 15 junio de 2011. Disponible en: http://www.fagro.edu.uy/~huertas/alimentos_en_la_huerta.pdf

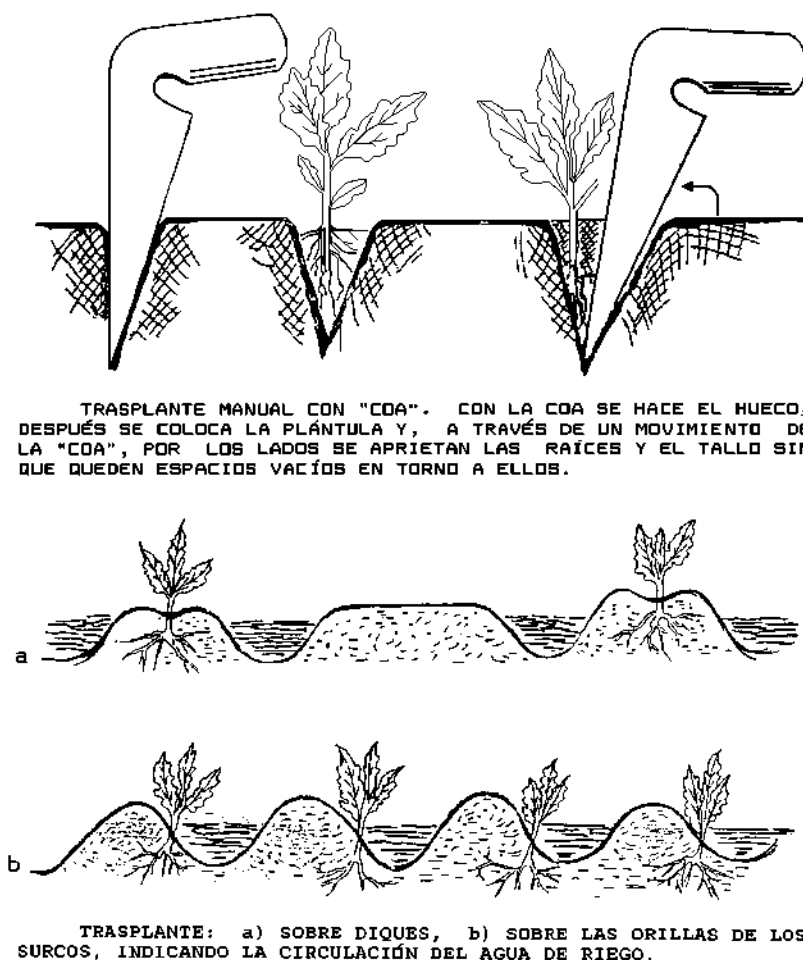


Figura 1. Formas de realizar el trasplante manual.

MUESTREO Y DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO EN CAMPO

Elías Jaime Matadamas Ortiz

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de los suelos es una rutina de gran valor para los especialistas en la producción agrícola, ya que, en base a la información obtenida, es posible tomar decisiones de manejo del suelo y del cultivo que redundan directamente en los rendimientos. Aunque existen técnicas de laboratorio para el análisis cuantitativo de las propiedades básicas del suelo que con gran precisión, exactitud y reproducibilidad nos arrojan información muy valiosa; las técnicas cualitativas de campo nos pueden proporcionar datos no menos importantes. Estos métodos de campo son fáciles de hacer y generalmente los reactivos y materiales se pueden encontrar hasta en los lugares más apartados. No obstante, el agrónomo está obligado a complementar la información recabada en campo y la que eventualmente nos proporcionen los análisis de laboratorio para así estar en condiciones de sugerir el manejo agronómico de los agroecosistemas. En otras palabras, los métodos de campo y de laboratorio son complementarios y no excluyentes, y su utilización dependerá de la factibilidad de la realización de los análisis cuantitativos.

En esta práctica se explicará y se realizará un muestreo de suelos agrícolas y se hará la determinación de algunas propiedades físicas como textura, la densidad aparente (Dap) y el contenido de humedad (Hs) y de algunas propiedades químicas como el contenido de carbonatos, materia orgánica y pH.

Esta práctica es la primera etapa del estudio de suelos del curso de Cultivos Básicos, ya que la información obtenida se constatará con la segunda etapa de análisis de laboratorio.

II. PROPÓSITOS

Con esta práctica se pretende que los estudiantes:

1. Comprendan la importancia de la información sobre las propiedades de los suelos agrícolas obtenida en campo y su implicación en el manejo de los mismos.
2. Practiquen la metodología para hacer un muestreo adecuado de suelos para obtener información confiable.

3. Practiquen las técnicas de campo para determinar: textura, densidad aparente y humedad del suelo.
4. Practiquen las técnicas cualitativas de determinación de pH, contenido de carbonatos y contenido de materia orgánica.
5. Aprendan a interpretar la información obtenida en campo.

III. PRINCIPIOS TEÓRICOS

3.1. MUESTREO DE SUELOS

La metodología del muestreo de suelos, persigue obtener una cantidad de material que se someterá a análisis en el laboratorio y conocer sus propiedades físicas y químicas básicas, además de determinar los contenidos de elementos nutritivos para las plantas. De aquí que la pequeña cantidad de suelo que será sometida a estudio, debe ser “representativa” de una cantidad mucho mayor. El principio básico del muestreo de suelos, es que el estudio de las muestras recolectadas, reflejen, con precisión, el estado de las propiedades del suelo, incluyendo su fertilidad.

El procedimiento de muestreo debe tomar en consideración el hecho de que las variables a ser evaluadas en un terreno, no se encuentran de manera uniforme y esta variación, puede estimarse mediante un determinado número de submuestras, y que cada una de éstas, darán una estimación del valor promedio de las variables de estudio.

Para entender mejor el muestreo de suelos, es necesario diferenciar entre **exactitud** y **precisión**. La exactitud indica cuán cercano está el valor de una estimación respecto del promedio real del campo. La precisión nos refleja el valor de la variación entre datos estimados de una determinada variable, y nos describe la reproducibilidad de los resultados. Tanto la precisión como la exactitud están determinadas por el número de muestras. Los procedimientos con altos niveles de precisión y exactitud, garantizan una muestra que representa el terreno y que cuyos resultados son reproducibles.

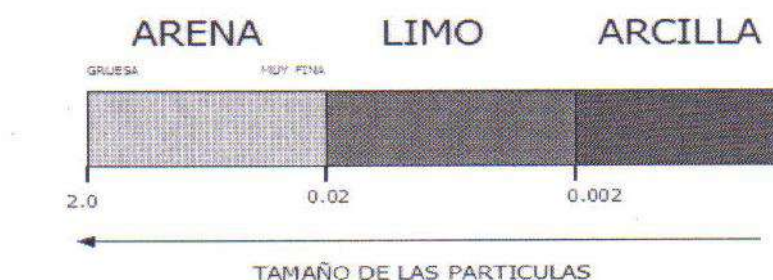
Para dar una idea de la importancia del muestreo de suelos, supongamos que tenemos un terreno con una superficie de 2.5 hectáreas y que queremos estudiar algunas propiedades del suelo a una profundidad de 35 cm. El dominio “total” de estudio será de un volumen de 8 750 m³. Si suponemos también que ese suelo tiene una densidad aparente de 1.25 g/cm³, el peso del suelo a estudiar será de 10.9 millones de kilogramos. Si tomamos 50 g para realizar alguna determinación, los

resultados obtenidos de 4 diezmillonésimas partes deberán ser, representativos de un dominio miles de veces esa muestra. Por ello, el procedimiento de muestreo y del número de submuestras, son de vital importancia para lograr resultados confiables.

3.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

3.2.1. TEXTURA

La textura se define como la proporción relativa de las diferentes fracciones sólidas del suelo según su tamaño. Estas fracciones son llamadas “separados” que miden desde 2.0 hasta menos de 0.002 mm., y son: la arena, el limo y la arcilla.



La textura del suelo está relacionada con otras propiedades del suelo como la estructura, porosidad, densidad aparente, difusión del aire, retención de humedad y fertilidad. Así también resulta determinante en el laboreo del suelo. Los suelos arenosos son relativamente fáciles de preparar, no así los arcillosos que son llamados por este hecho, “suelos pesados”. Sin embargo, estos últimos retienen más humedad al poseer mayor número de microporos y tienen un complejo de adsorción más grande, pudiendo ser más fértiles que los arenosos. El tipo textural está definido por el separado predominante. Por ejemplo, un suelo con más del 55 % de arcilla, será arcilloso.

3.2.2. DENSIDAD APARENTE (Dap)

El suelo agrícola, por su carácter tridimensional posee dos densidades: la densidad real (Dr) y la densidad aparente (Dap). La densidad aparente se define como la relación entre la masa (peso) de las partículas sólidas y el volumen ocupado por esas partículas y el espacio poroso, y se calcula por la siguiente fórmula:

$$Dap = \frac{P}{Vp + Vep}$$

Donde: P = peso en gramos

Vp = volumen de las partículas en cm³

Vep = volumen del espacio poroso en cm³

El valor de la densidad aparente nos proporciona información sobre:

- a) La textura del suelo
- b) La cantidad de poros
- c) El grado de compactación
- d) La estructura del suelo
- e) La capacidad de retención de humedad del suelo
- f) El contenido de materia orgánica del suelo.

3.2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO

Conocer el contenido de humedad del suelo es un dato muy importante para evitar deficiencias de agua disponible para los cultivos. La cantidad de agua para que un suelo se sature o se encuentre seco depende principalmente de la textura, estructura, porcentaje de porosidad, grosor y contenido de materia orgánica. Por lo anterior, la capacidad de retención de humedad, por un lado; y por otro, la capacidad de evacuar los excedentes (drenaje) son propiedades que varían de un terreno a otro, o aún en mismo suelo. El contenido de agua en el suelo generalmente se expresa en porcentaje del peso del agua y el peso del suelo seco.

Por convención, el procedimiento de secado del suelo se debe hacer en una estufa a una temperatura de 105–110°C durante 24 horas o hasta obtener un peso constante. El porcentaje de humedad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100$$

Donde: %H = contenido de humedad en porcentaje

Psh = peso de la muestra de suelo tomada del campo

Pss = peso de la muestra después de secada a la estufa.

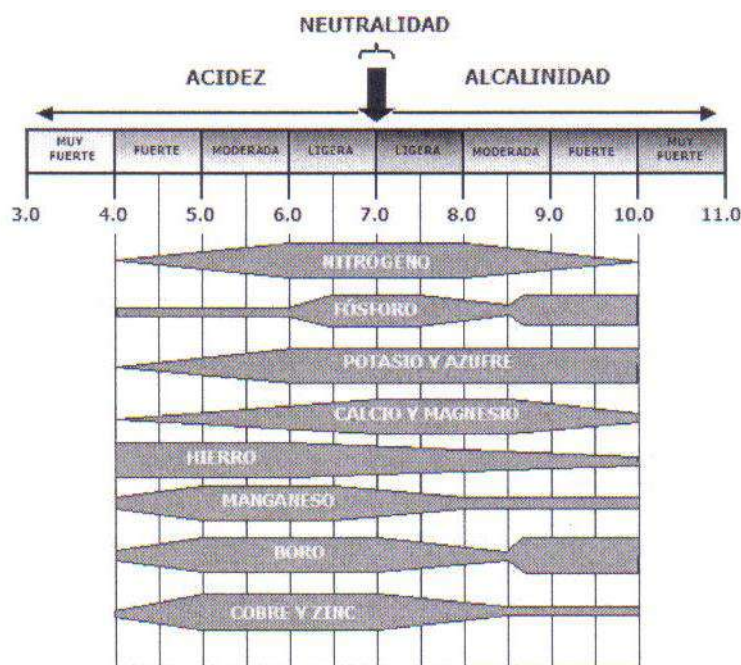
3.2.4. REACCIÓN DEL SUELO O pH.

El pH de la solución del suelo está determinado por la composición iónica (OH^- y H^+) de la fracción que se disocia del agua en el sistema. Un valor de pH es el logaritmo del inverso de la concentración de iones (H^+). Este valor simplifica manejar cifras muy pequeñas de concentración. La ecuación del pH es:

Una escala de valores de pH nos describe el grado de acidez o alcalinidad de la

$$\text{pH} = \log \left(\frac{1}{[\text{H}^+]} \right)$$

solución del suelo:



El pH de la solución del suelo determina la disponibilidad química de los elementos esenciales para la nutrición de las plantas. Por otra parte, cada una de las especies vegetales se adapta a rangos más o menos definidos de pH.

3.2.5. CONTENIDO DE CARBONATOS

Los carbonatos son predominantemente derivados directamente de material parental y ocasionalmente son formados por la intemperización de los minerales que componen las rocas. En ambos casos, estos carbonatos son llamados “autóctonos”. En otros casos, los carbonatos se originan de fuentes externas y transportados por el aire o el agua, estos son conocidos como “alóctonos”. Los carbonatos forman parte de algunos minerales primarios que se encuentran principalmente en las rocas calizas y el mármol. La calcita y la dolomita son minerales primarios que contienen carbonatos de calcio y de magnesio, respectivamente. Un mineral secundario que contiene carbonatos es el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), el cual se forma del sulfato de calcio al evaporarse el agua que contiene y se acumula en regiones áridas y semiáridas del país.

Un suelo “calcáreo” es aquel que contiene más del 2.0 % de carbonatos. Estos suelos pueden presentar un pH que va de 7.3 hasta 8.4. En estos suelos, los principales factores limitativos son la disponibilidad de hierro y de zinc; en menor

proporción de magnesio; y, en ocasiones, de fósforo; ya que los carbonatos presentes pueden fijar estos elementos.

3.2.6. CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA

El contenido de materia orgánica del suelo es, sin duda, una de sus principales características. Esta propiedad se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre, en cuyos ciclos juega un papel muy importante. La disponibilidad de Fe, Mn, Cu y Zn, está influenciada por la acción quelante de la materia orgánica. También es una fuente de ácidos húmicos y fúlvicos que participan en la fisicoquímica del suelo y en la fisiología de las plantas. En suma, la materia orgánica en el suelo tiende a mejorar las características físicas y químicas, incluyendo la retención de humedad, fertilidad y actividad microbiana. El contenido de materia orgánica en los suelos agrícolas minerales, va de 0 a 5.0 %. Considerándose este último, como un valor alto y depende del manejo agronómico, pero principalmente relacionado con la incorporación de estiércoles y de residuos de cosechas a los suelos.

IV. MATERIALES

- Una pala recta
- Diez bolsas de plástico con una capacidad de 2.0 Kg.
- Una cuerda de 10 m de longitud o cinta métrica.
- 2 litros de agua destilada.
- Cilindro muestreador.
- Bernier.
- Martillo.
- Una pala de hortelano.
- Un clavo de 4 pulgadas de largo.
- Una balanza granataria
- Dos frascos “gerber” con tapa perforada.
- Un frasco de agua oxigenada de 100 ml.
- 200 ml de ácido clorhídrico.
- Una placa de porcelana.
- Una piceta.
- Papel indicador de pH.
- Una regla de 30 cm.
- Una navaja.
- Cuaderno y lápiz para anotar.

V. METODOLOGÍA

El profesor, con ayuda del Técnico Académico, harán una distribución del grupo por equipos en los terrenos del Campo “San Ignacio”, a fin de trabajar en condiciones de cultivos y manejo diferentes (frutales, alfalfa, avena, etc.) y una vez ubicados los equipos, se procederá a hacer las determinaciones.

5.1. MUESTREO DEL SUELO

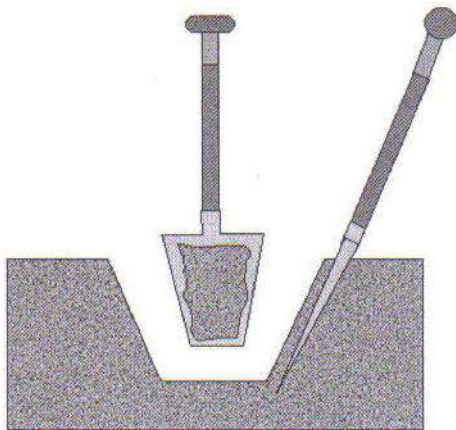
Antes de iniciar el muestreo, se debe elaborar un plano del terreno; anotar su ubicación y las observaciones sobre el cultivo anterior y el presente. La profundidad del muestreo depende de la profundidad radicular de los cultivos que generalmente se tienen.

5.2. INTENSIDAD DEL MUESTREO

Para que la muestra sea representativa es necesario tomar una suficiente cantidad de submuestras. En nuestro caso tomaremos 10 muestras por cada hectárea de terreno. En caso que el lote sea menor de una hectárea, de todas maneras tomaremos 10 submuestras. Estas se deben tomar en forma de zig – zag en todo el terreno a una distancia una de otra de 15 metros, tratando de cubrir el área total.

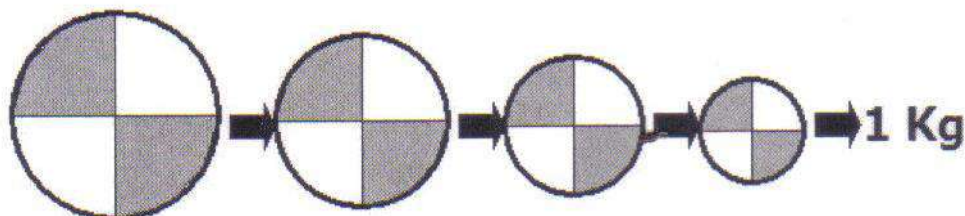
5.3. RECOLECCIÓN DE LAS SUBMUESTRAS

La recolección de las submuestras se puede hacer con una herramienta que permita que estas tengan el mismo volumen y peso (2.0 Kg.) de suelo muestreado (misma profundidad y espesor). Cuando se use una pala, las submuestras se deberán tomar como se indica en la siguiente figura:



5.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Una vez tomadas las submuestras del terreno, estas se mezclan cuidadosamente y dicha muestra grande se reduce a una muestra que representará a todo el terreno, cuyo peso aproximado es de 1.0 Kg., para lo cual se utiliza el sistema de cuarteos diagonales como se indica en la siguiente figura:



Todas las submuestras se reúnen en un solo sitio y se homogeneizan en una sola muestra compuesta, se forma un círculo y se divide en cuadrantes para tomar dos opuestos, con los cuales se repite el proceso hasta reducir la muestra a 1.0 Kg. de suelo. Durante el proceso de reducción de la muestra se deben eliminar los restos vegetales o de materia orgánica reciente y la grava o piedras.

Finalmente, identificar la muestra con los datos: fecha, predio o lote, cultivo presente o anterior, grado, grupo e integrantes del equipo que hace el muestreo.

5.5. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA POR EL “MÉTODO DEL TACTO”

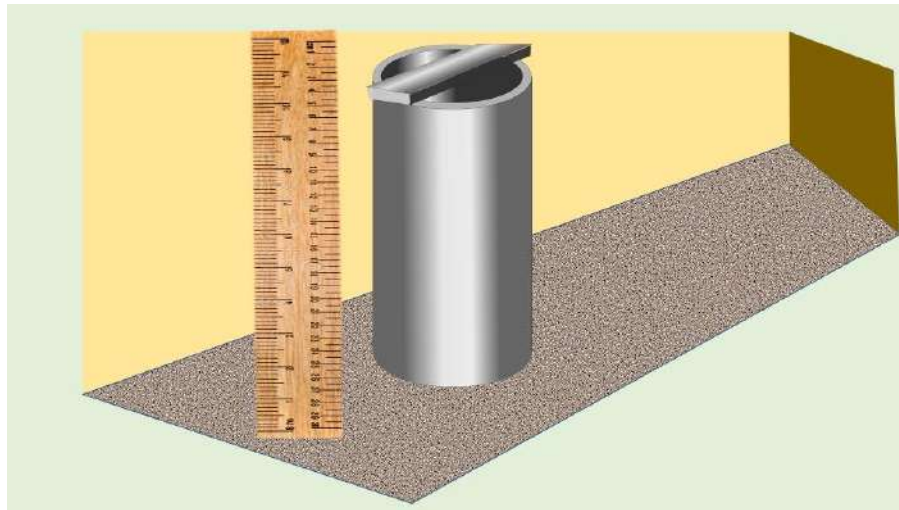
El método de campo para la determinación de la textura, está basado en el análisis sensorial, sobre todo del tacto y consiste en tomar una pequeña porción de suelo de la muestra reducida, humedecerla y friccionarla entre los dedos pulgar e índice.

- **ARENAS:** Son partículas grandes y finas que pueden apreciarse a simple vista y que, al friccionarlas con los dedos, se sienten ásperas; y al acercar la muestra al oído, se escucha un ruido de rozamiento. No hay adhesión entre partículas y muy poco moldeables.
- **LIMOS:** Son partículas que al tacto se sienten suaves, jabonosas y ligeramente pegajosas. Cuando están secas, se sienten como harina o polvos de talco. So moderadamente moldeables.
- **ARCILLAS:** Son partículas que, húmedas, al tacto, se sienten “pegajosas” o con una consistencia de chicle; y secas, son duras. Las arcillas son muy moldeables.

De hecho, si tomamos una porción de suelo y la humedecemos, podemos formar un cordón que tiene una apariencia lustrosa y, al doblarlo, no se rompe.

Cada uno de los miembros del equipo hará la determinación y anotará sus observaciones para después discutir las y contrastar los resultados.

5.6. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO POR EL “MÉTODO DEL CILINDRO”



Cada equipo, en el terreno que se le asignó, seleccionará un sitio en el centro del terreno, aplanará la superficie y seguirá el siguiente procedimiento:

1. Con la pala recta excavar una fosa de aproximadamente 40 x 20 cm. y 15 cm. de profundidad, cuidando que los bordes sean lo más rectos y el piso lo más plano posibles.
2. Medir el diámetro interior del cilindro (D) con el vernier y también su altura (h). Luego obtener su radio (r), que será la mitad del diámetro (D).
3. Calcular el volumen del cilindro con la siguiente fórmula: $\pi r^2 h$.
4. Dentro de la cavidad, en el piso, colocar de forma recta el cilindro y hacerlo penetrar en el suelo hasta que llegue a su borde superior.
5. Con la pala de hortelano retirar el suelo alrededor del cilindro y retirarlo cuidando que esté completamente lleno, ocupando todo su volumen.

6. Con el clavo, retirar todo el suelo que haya quedado en el interior del cilindro, teniendo la precaución de recuperarlo íntegramente, vaciándolo en un frasco “gerber” previamente pesado.

7. Obtener, por diferencia, el peso del suelo al que llamaremos “peso del suelo húmedo” (P_{sh}).

8. Llevar la muestra al Laboratorio de Agronomía y meterlo a la estufa de convección a una temperatura de 105°C , por un tiempo de 24 horas, luego del cual pesaremos nuevamente y obtenemos el “peso del suelo seco” (P_{ss}).

9. Calculamos el contenido de humedad de suelo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \right) \times 100$$

10. La densidad aparente (D_{ap}) la vamos a calcular utilizando el valor del peso del suelo seco y el volumen del cilindro por medio de la siguiente fórmula:

$$D_{ap} = \frac{\text{Peso del suelo seco (g)}}{\text{Volumen interior del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

5.7. DETERMINACIÓN DEL pH DE LA SOLUCIÓN DEL SUELO

En un recipiente poner aproximadamente 10 g de suelo y agregar 20 ml. de agua destilada. Homogeneizar la suspensión y sumergir por un tiempo de 10 a 15 segundos, una tira de papel indicador de pH. Comparar la tira con los colores de la caja y determinar el valor de pH. Anotar el valor.

5.8. ANÁLISIS CUALITATIVO DE CARBONATOS

Sobre unas celdas de una placa de porcelana verter unos gramos de suelo y aplicar con gotero unas gotas de HCl y observar la reacción. El ácido se disociará en el agua contenida en el suelo y reaccionará con los iones, provocando una efervescencia. La magnitud de la efervescencia será la medida de carbonatos. Si no hay reacción evidente, entonces concluiremos que no hay una cantidad importante de carbonatos.

5.9. DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA

Al igual que la determinación anterior, esta es de carácter cualitativo. La técnica consiste en poner unos gramos sobre las celdas de una placa de porcelana y dejar caer sobre el suelo unas gotas de agua oxigenada y observar la reacción. Si hay materia

orgánica, se observará el resultado de una reacción violenta de oxidación. Como se trata de una reacción exotérmica, se liberará energía que se observará como una efervescencia. A mayor efervescencia, mayor contenido de materia orgánica.

VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ELABORACIÓN DEL REPORTE

A nivel de equipo, elaborar el reporte de la práctica e investigar:

- 1) Texturas de suelo óptimas para cada uno de los diez cultivos más importantes de México.
- 2) Valores de densidad aparente de los suelos sin compactar y muy compactados.
- 3) Rangos de pH para los diez cultivos más importantes de México.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Castellanos, J. Z., Uvalle B. J. X. y Aguilar S. A. 2000. ***Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas***. ICAPA. México.
- Del Valle, F. H. 1993. ***Uso Consuntivo del agua por las plantas***. Apoyos Académicos. UACH, Chapingo, México.
- Kramer, J. P. 1989. ***Water Relations of Plants***. Academia Press Inc. London.
- Ortiz V. B. y Ortiz S. C. 1990. ***Edafología***. Ed. UACH. Chapingo, México.

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

Rogelio Álvarez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

El término suelo se deriva del latín *solum* que significa: piso o terreno. Se considera suelo el material mineral no consolidado sobre la superficie inmediata de la tierra, que ha estado sujeto e influenciado por los factores genéticos y edafogénicos o ambientales, como: (a) material madre, (b) clima, (c) macro y microorganismos, y d) relieve, actuando a través del tiempo. El resultado esa acción conjunta es el suelo, que difiere del material madre del que proviene, en muchas propiedades, que pueden observarse y analizarse, mediante métodos de laboratorio y de campo.

La unidad fundamental para el estudio del suelo, es el perfil del mismo, que es una sección vertical de 2.0 m. de profundidad, formado por capas sucesivas, superpuestas u horizontes, diferenciados entre sí por sus propiedades físicas, químicas y biológicas, relacionados genéticamente por el material madre, del que provienen. El perfil se divide en 3 horizontes principales (A, B y C), aunque a veces, puede estar presente el lecho rocoso (R). Los horizontes pueden dividirse en subhorizontes (A₀₀, A₀, A₁, A₂, A₃, B₁, B₂, B₃, C y R). Cada horizonte difiere de los demás, en sus propiedades físicas (textura, estructura, color, etc.), químicas (pH., C.I.C., etc.), o biológicas (actividad macro y microbiológica). Los horizontes A y B, son el verdadero suelo o *solum*. El estudio de cada capa del perfil, radica en el hecho de que aporta información sobre el grado de fertilidad del suelo, el manejo que debe dársele, los cultivos que pueden establecerse, etc.

II. OBJETIVOS

1. Describir las capas u horizontes que constituyen el perfil del suelo.
2. Comprender parte del proceso de formación del suelo.
3. Conocer algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.
4. Comprender la importancia del suelo para el desarrollo de los cultivos.

III. METODOLOGÍA

En un recorrido de campo se seleccionarán al menos dos sitios contrastantes, donde se abrirán sendos perfiles, para observar y analizar las propiedades físicas, químicas y biológicas de cada horizonte. En cada sitio, se explicará la localización y características generales del lugar. Se ordenará la información en los Cuadro 1 y 2.

3.1. Descripción del Perfil

3.1.1. Selección del sitio. En cada sitio seleccionado, se abrirá un pozo de 2.0 m de profundidad, siguiendo las indicaciones del Profesor respecto a: ubicación, orientación y otros aspectos. La información de los perfiles descritos, se ordenará en los Cuadro 1 y 2.

3.1.2. Identificación de capas y horizontes. Se identificará y nominará cada horizonte de acuerdo con las características descritas para reconocimiento de las capas y

horizontes del suelo (Cuadros 3, 4 y 5; Figura 1).

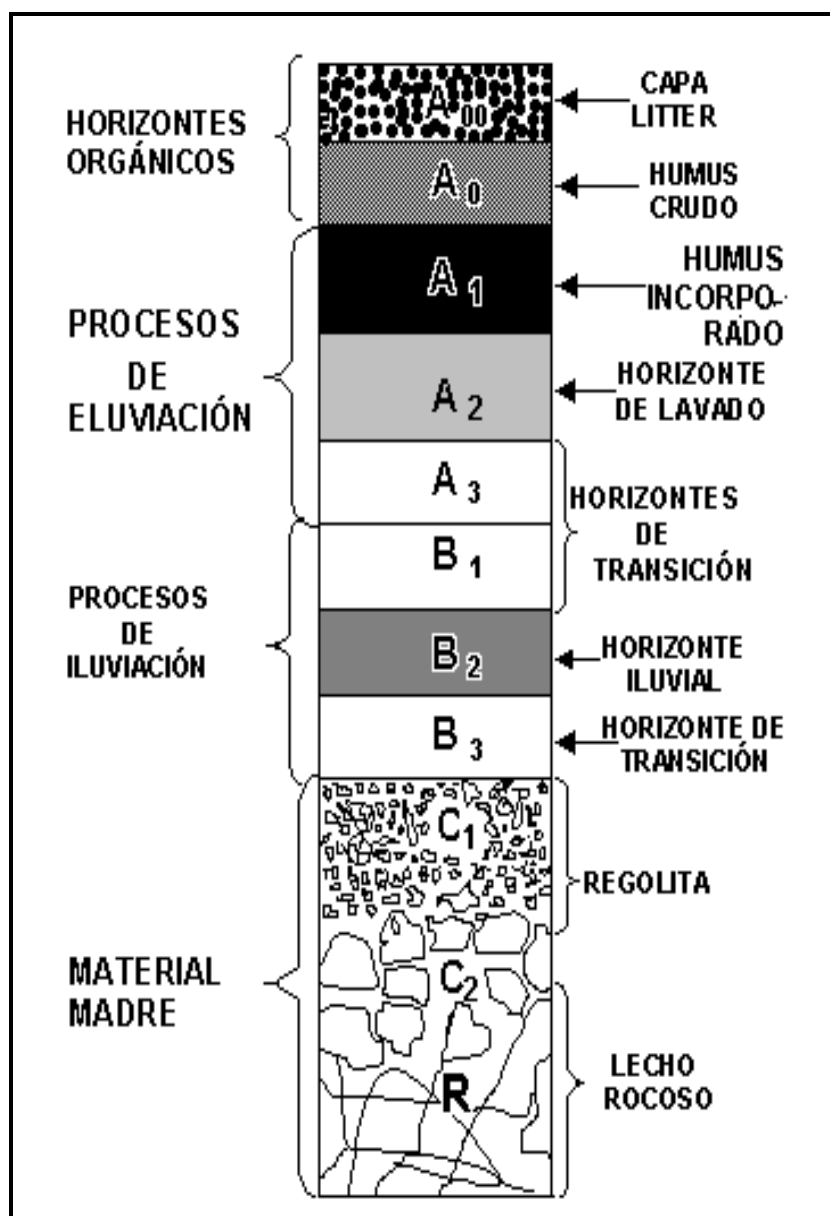


Figura 1. Descripción de un perfil de suelo típico

Cuadro 1. Características del sitio seleccionado para descripción del perfil.

No. de perfil:	Fecha:	Localidad:
Descrito por:	Geología:	
Localización:	Clima:	
Relieve y pendiente:	Fauna:	
Flora:	Erosión. Tipo:	Grado:
Pedregosidad superficial:	Hidrología:	
Uso actual del suelo:	Observaciones:	

Cuadro 2. Descripción de horizontes identificados en el perfil del suelo.

CARACTERÍSTICAS		HORIZONTES									
		O ₁	O ₂	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	C	R
Profundidad											
Espesor											
Textura											
Estructura											
Color	Seco										
	Húmedo										
Consistencia	Seco										
	Húmedo										
	Mojado										
pH											
Carbonatos											
Materia orgánica											
Minerales ferrosos o férricos											
Minerales volcánicos											
Otros minerales											
Otras características											
Observaciones											

Cuadro 3. Descripción del horizonte A y sus capas.

Capa	Características
HH	Acumulaciones de M.O. sin descomponer (>20–30%), saturados en agua por largos períodos; común en turberas y pantanos.
HO	Capa de hojarasca sobre la superficie del suelo, común en bosques (> 17% de M.O), en suelos orgánicos o minerales muy húmedos; a menudo está ausente.
HA	Horizonte mineral en o cerca de la superficie, mezclado con materiales orgánicos humificados; zona de remoción de materiales en suspensión y en solución; con mayor acumulación de M.O. que los horizontes inferiores; color gris oscuro o negro; cuando tiene poca M.O. (suelos cultivados), es claro; estructura migajosa y granular de mayor a menor grado de desarrollo; hay lavado de K, Mg, Na y arcilla removida.
A ₀₀	Conocido como capa litter; formado por residuos orgánicos sueltos, poco descompuestos, como restos de plantas y animales, fácilmente identificables.
A ₀	Horizonte orgánico, parcial o totalmente humificado.
A ₁	Horizonte mineral de color oscuro, con una proporción relativamente alta de materia orgánica, íntimamente mezclada con la capa inorgánica.
A ₂	Horizonte mineral de color claro, como resultado de procesos de lixiviación y eluviación o lavado.
A ₃	Capa de transición, generalmente ausente; cuando existe, se parece más al horizonte A, que al B.

Cuadro 4. Descripción del horizonte B y sus capas.

Capa	Características
HB	Horizonte con evidencia de pedogénesis o iluviación (movimiento dentro del horizonte); con enriquecimiento de arcillas silíceas, Fe, Al o humus; alterado por hidrólisis, reducción u oxidación con cambio de estructura o color; color pardo y/o rojo, tonos más intensos que el material original; estructura: angular, subangular, prismática o columnar (suelos salinos); en suelos jóvenes, no existe
B ₁	Capa de transición, generalmente ausente; cuando existe, se parece más al horizonte B, que al A.
B ₂	Zona de acumulación o de iluviación, formada especialmente por arcillas silicatadas, compuestas de hierro y aluminio.
B ₃	Capa de transición, que puede o no, estar presente.

Cuadro 5. Descripción del horizonte C y otras capas.

Capa	Características
HC Regolita	Horizontes o capas que excluyen la roca; poco afectadas por procesos edafogénicos, sin propiedades de horizontes O, A ó B (sin rasgos edáficos); el material puede o no ser parecido al suelo que ha formado; puede haber sido modificado incluso sin evidencia de edafogénesis; es blando y suelto, se puede cavar con un azadón; puede estar meteorizado pero nunca edafizado.
Capa R	Material original; roca dura y coherente que no se puede cavar. Granito, basalto, cuarcita, caliza endurecida; puede designarse como R y tener rupturas o fracturas que se llenan con arcilla u otro tipo de material, y que permiten la penetración de raíces.
Saprolito	Material residual no consolidado que subyace en el suelo y delimita el espacio donde se inicia la roca. Se trata de roca intemperizada.

3.1.3. Profundidad. Con una regla se miden, desde la parte superior hasta la roca madre, si es que existe, 2.0 m de profundidad.

3.1.4. Espesor. Se determina midiendo el grosor o profundidad de cada horizonte.

3.1.5. Textura. Es la proporción relativa de las partículas elementales del suelo: arenas, limos y arcillas. La composición por tamaño de las partículas de un suelo, es el % de materia mineral en peso de cada fracción, obtenida por separación de las partículas minerales en dos más clases por tamaño. Las propiedades de las partículas gruesas y finas del suelo difieren considerablemente, pero no hay una división natural marcada de ninguna clase de tamaño de partícula. Sin embargo, para propósitos prácticos se han establecido algunos límites. Comúnmente en los suelos se separan en por lo menos 3 clases por tamaño, usualmente denominados arena, limo y arcilla. En el campo, se determina “al tacto”, friccionando entre los dedos índice y pulgar, una pequeña porción de suelo húmedo (Cuadro 6), tal como se indica en la siguiente metodología: (1) Tomar una muestra de suelo representativa del lote en cuestión. (2) Desmenuzarla bien y retirar piedras, palitos, insectos, etc. (3) Agregar agua, mezclar hasta formar una masa maleable, que pueda trabajarse con las manos. (4) Formar bolitas de un par de centímetros de diámetro. (5) Amasar las bolitas en forma de cilindros tan largos como se pueda. Los resultados se interpretan de la manera que se indican en los Cuadros 6, 7, 8, 9 y Figura 3:

Cuadro 6. Clases texturales de los suelos, con predominancia de un fracción.

Textura	Sensación al tacto y características
Gruesa o arenosa	Áspera al tacto; dificultad para formar una masa trabajable; los cilindros se cuarteán y desarmen con facilidad: son partículas grandes y finas que pueden apreciarse a simple vista y que, al friccionarlas con los dedos, se sienten ásperas; y al acercar la muestra al oído, se escucha un ruido de rozamiento. No hay adhesión entre partículas y son muy poco moldeables
Fina o arcillosa	Suave al tacto; se forma una masa trabajable, como plastilina o masilla; se arman cilindros largos y estables: son partículas que, húmedas, al tacto, se sienten “pegajosas” o con una consistencia de chicle; y secas, son duras. Las arcillas son muy moldeables. Si tomamos una porción de suelo y la humedecemos, podemos formar un cordón que tiene una apariencia lustrosa y, al doblarlo, no se rompe.
Media o limosa	Suave con leve aspereza. La muestra se amasa bien, pero con tendencia a agrietarse. Se forman los cilindros pero se fracturan al estirarlos: son partículas que al tacto se sienten suaves, jabonosas y ligeramente pegajosas. Cuando están secas, se sienten como harina o polvos de talco. Son moderadamente moldeables.

Cuadro 7. Clases texturales de los suelos y características granulométricas.

Clases texturales	Características
Arcillosa, arcillo arenosa y arcillo limosa	Forman plastas de 8 a 10 cm de largo y se sienten pegajosos al estrn húmedos; forma terrones muy duros cuando están secos
Franco arcillo arenosa, franco arcillosa y franco arcillo limosa	Forman plastas de 3 a 8 cm de largo cuando están húmedas; forman terrones duros cuando están secos
Franca, franco limosa, franco arenosa y arenosa	No forman plastas, o forman plastas de menos de 3 cm de largo al huedecerlos. Las arenas muestran granos gruesos

Cuadro 8. Evaluación de la textura del suelo por el tacto.

Clase textural	Características del suelo al tacto
Arenoso (A)*	La tierra permanece suelta y con granos separados; sólo se puede amontonar en una pirámide
Franco arenoso (B)	La tierra contiene suficiente limo y arcilla para tener cierta cohesión; se puede moldear para formar una bola que se desmorona fácilmente
Franco limoso (C)	Lo mismo que el franco arenoso, pero se puede moldear la tierra rodándola con la mano para formar un cilindro grueso y corto
Franco (D)	Cantidad casi igual de arena, limo y arcilla, hacen que la tierra se pueda rodar con la mano y formar un cilindro de 15 cm de largo, que se quiebra al doblarlo
Franco arcilloso (E)	Igual que el suelo franco, aunque el cilindro se puede doblar en U (pero no más allá) sin que se rompa
Arcillo limoso (F)	Se puede moldear la tierra en un anillo que se agrieta
Arcilloso (G)	Se puede formar un círculo con la tierra sin que se agriete

* La letra entre paréntesis se refiere a la imagen correspondiente en la figura 3.

Cuadro 9. Interpretación de la textura al tacto

Textura	Filamentos de 3 mm		Filamentos de 1 mm	
	Se puede hacer	Se puede doblar	Se puede hacer	Se puede doblar
Arenosa.	No	No	No	No
Areno-limosa	Sí	No	No	No
Limo-arenosa	Sí	Se resquebraja	No	No
Franca	Sí	No	Sí	No
Limo-arcillosa	Sí	Sí	Sí	No
Arcillosa	Sí	Sí	Sí	Sí

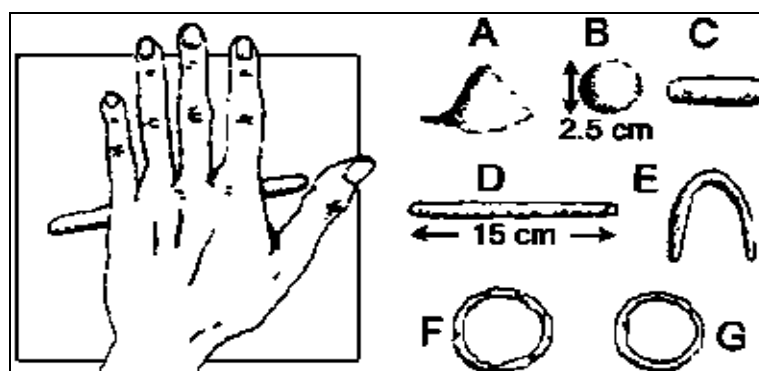


Figura 3. Determinación manual de la textura del suelo

3.1.6. Estructura. Es la disposición y forma de los “agregados” de partículas fundamentales del suelo, encontrándose, los siguientes tipos (Figura 4 y Cuadro 10).

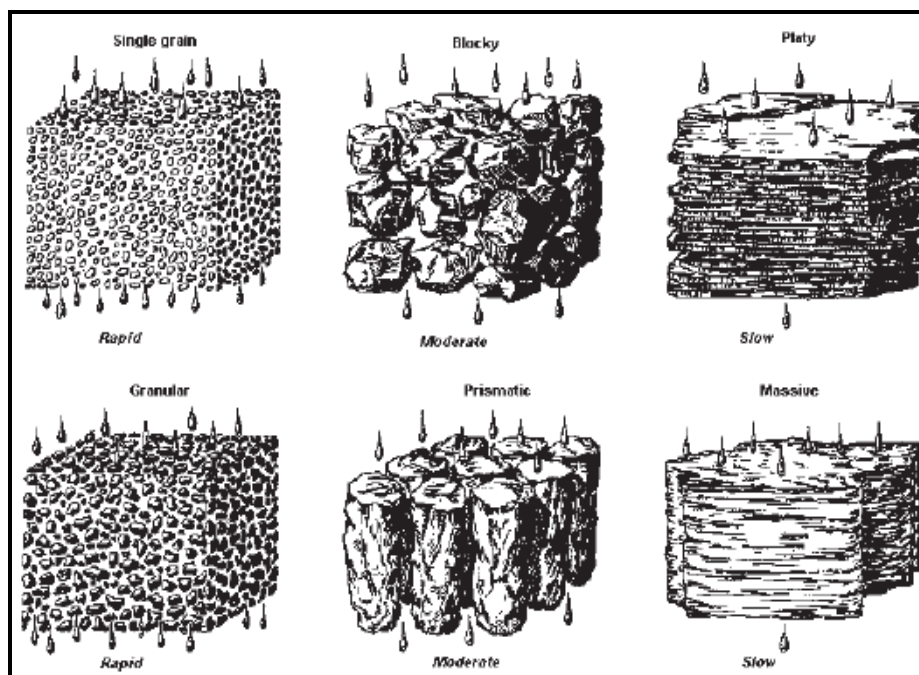


Figura 4. Tipos principales de estructuras del suelo y su permeabilidad.

Cuadro 10. Características de los diferentes tipos de estructura de los suelos.

Estructura	Características
Migajosa	Agregados pequeños, irregulares, porosos sin unión a otros agregados. Es de las mejores estructuras para la agricultura. Típicos de los HA.
Granular o esferoidal	Los agregados son pequeños, esferoidales, poco porosos y no se unen a otros agregados. Son comunes en HA. Muy buena para la agricultura.
Bloques angulares	Agregados poliédricos o en forma de bloque, con superficies planas, aristas vivas y vértices; con caras angulares limitados por otros agregados que se rompen en bloques más pequeños; las caras del agregado se ajustan muy bien a las de los agregados vecinos; son típicos en los HB arcillosos.
Bloques subangulares	Agregados poliédricos, de superficies no muy planas, de aristas romas y sin vértices; presentan caras subangulares, redondeadas; las caras del agregado se ajustan bien a las de agregados vecinos; comunes en los HB arcillosos.
Prismática	Los agregados toman la forma de columnas verticales y angulares, con las partes superiores no redondeadas; se hallan en los horizontes más arcillosos, a veces HB o HC. Cuando algunos agregados se rompen en terrones más pequeños, forman bloques. Las dimensiones de los prismas varían de 5 a 20 cm de alto y de 5 a 12 cm de ancho.
Columnar	Prismas con cara superior redondeada; es una estructura muy rara, abunda en HB de suelos alcalinos y sódicos. Los agregados toman la forma de columnas con extremos redondeados unidos a otros agregados columnares.
Laminar	Cuando los agregados se desarrollan en dos direcciones horizontales más que en la vertical; los agregados son similares a placas; en su posición natural, las dimensiones verticales de los mismos son menores a las horizontales; se superponen e impiden la permeabilidad. Son comunes en HA de suelos de bosque o en suelos con capas de arcilla compacta; es una de las peores desde el punto de vista agrícola.
Sin estructura	Cuando no hay desarrollo de agregados; son horizontes de partículas sueltas (pulverulentos) o masivos (endurecidos).

3.1.7. Color. Es una característica muy variable entre las clases de suelos y entre los horizontes de un mismo perfil. El valor del color de la mayor parte de los suelos disminuye al perder humedad, por lo que se determina: (a) en suelo secado al aire y (b) con poca humedad. Los suelos húmedos o mojados son más oscuros que los suelos secos. Es fácilmente observable e indicador de ciertas propiedades del suelo (Cuadro 8), así, el color da información de la M.O., drenaje, aireación, actividad biótica y fertilidad, cantidad y estado de los minerales del suelo (Cuadro 11). El suelo húmedo es más oscuro que suelo seco. El HA del suelo es más oscuro, por su alto contenido de humus. Al considerar el color de los suelos es importante diferenciar si el color refleja un proceso de formación reciente del suelo, o si sólo es color procedente del material parental que lo formó. Los elementos que permiten describir el color del suelo son: (a) Nombre, (b) Notación Munsell, (c) Humedad y (d) Estado físico.

Los principales elementos de la carta de colores Munsell se indican a continuación:

3.1.7.1. Matiz, tinte o hue. Indica su posición relativa en una escala de 10 matices de color distintos: rojo-R, rojo amarillento-YR, amarillo-Y, amarillo verdoso-GY, verde-G, verde azulado-BG, azul-B, azul purpúreo-PB, púrpura-P y púrpura rojizo-RP.

3.1.7.2. Brillo, pureza o value. Es la luminosidad u oscuridad de un color en relación con una escala neutra de grises, desde el negro absoluto [0/] al blanco absoluto [10/].

3.1.7.3. Saturación, intensidad o chroma. Muestra el grado de alejamiento de ciertoo matiz de color respecto a un gris neutral [5/] con el mismo brillo. La escala va desde /0 [gris neutro] hasta /10, /12, /14 o más, según la muestra que se evalúe. Así, la nomenclatura del café rojizo es 5YR 5/3. El valor de Hue 5YR, indica la relación del color con el rojo, amarillo, verde, azul o púrpura, y se asigna una carta por matiz. La notación 5/ de Value, indica la claridad del color; desde oscuro en la parte inferior de la carta hasta más claro en la parte superior. La cifra 3, Chroma, indica la fuerza del color o su desviación del gris, a una misma claridad.

Cuadro 11. Principales elementos cromógenos del suelo.

Color del suelo	Elemento cromógeno
Negro	Humus, material húmico muy polimerizado, carbonato sódico (Na_2CO_3), Magnetita (Fe_3O_4) o Ilmenita (FeTiO_3), Pirolusita (MnO_2), sulfuro ferroso (FeS), Pirita (FeS_2) Grafito, cierto tipo de ceniza volcánica
Gris	Humus, compuestos ferrosos (FeO), eliminación del Oxido férrico (Fe_2O_3) por eluviación en suelos ácidos. Minerales ricos en sílice (SiO_2) como Cuarzo (SiO_2), Feldespatos (KAlSi_3O_8) y Caolinita [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$]
Gris-azul	Mal drenaje del suelo, Oxidos e Hidróxidos de Cobre (Cu_2O) y (CuO). A veces, se debe a la actividad de raíces de plantas en áreas encharcadas.
Gris oscuro	Glaucónita [$(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Mg})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$]
Rojo	Hematita (Fe_2O_3) y goethita ($\text{FeO}\cdot\text{OH}$), complejo ferrisilícico en zonas tropicales. Muy común en climas cálidos con estaciones de intensa y larga sequía. Indica un buen drenaje del suelo que favorece la oxidación.
Rojo oscuro	Ferrihidrita (FeOOH), Maghernita (Fe_2O_3), Ferroxihiita (FeOOH)
Pardo	Complejo Fe-Arcilla-Humus + Oxidos de fierro (Fe_2O_3) en el trópico
Amarillo	Goethita (FeOOH), limonita ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$), Sesquióxidos de aluminio (Al_2O_3), Jarosita [$\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$], Schwertmannita [$\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{OH})_{16}(\text{SO}_4)\cdot n\text{H}_2\text{O}$]
Amarillo-rojizo	Lepidocrita, Lepidocrocita o Pyrrhosiderita ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$) , Akaganeita [$(\text{Fe}^{3+},\text{Ni}^{2+})_8(\text{OH},\text{O})_{16}\cdot 1.25\text{Cl}$]
Blanco*	Sílice (SiO_2), Calcita (CaCO_3), Dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], Arcilla, Yeso ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Cloruros (NaCl). En horizontes eluviales, se debe al lavado de las arenas (cuarzo) en zonas fías y muy húmedas.
Amarillo- gris	Hidróxidos férricos [$\text{Fe}(\text{OH})_3$] + Humus + Elementos blancos*
Naranja claro	Hematita (Fe_2O_3) + Elementos blancos*
Manchado	Acumulación de CaCO_3 , M.O. o Hierro oxidado (Fe_2O_3)
Azul-olivo	Largos períodos de inundación y poca aireación. Calcopirita (CuFeS_2), Hidróxido de cobre [$\text{Cu}(\text{OH})_2$], Hierro reducido (FeO), en Vivianita [$\text{Fe}_2+3(\text{PO}_4)_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$] de color azul, o Nontronita [$\text{Na}_{0.3}\text{Fe}_{3+2}(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$], Clorita [$(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\cdot (\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{OH})_6$] o Glaucumita [$(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Mg})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$] de color verde.
Veteado	Infiltraciones de coloides orgánicos y Sesquióxidos de hierro (Fe_2O_3)
Matizado	Infiltraciones (con roca completamente intemperizada)

3.1.8. Consistencia. Corresponde a la resistencia de un material a la deformación o

ruptura; o bien, al grado de cohesión o adherencia de la masa del suelo. La determinación se hace en suelo seco (Cuadro 12 y 15), húmedo (Cuadro 13) o mojado (Cuadro 14).

Cuadro 12. Tipos de consistencia en seco de los suelos.

Consistencia en seco. Se determina con un suelo que se haya secado al aire.	
Suelto	El suelo es no coherente
Blando	El suelo es debidamente coherente
Ligeramente duro	Se rompe fácilmente entre el pulgar y el índice
Duro	Es medianamente resistente a la presión, pero difícilmente se rompe entre el pulgar y el índice
Muy duro	El suelo puede romperse con dificultad con las manos
Extremadamente duro	El suelo no puede romperse ni con las manos

Cuadro 13. Tipos de consistencia en húmedo de los suelos.

Consistencia en húmedo. Se determina con humedad aproximada, entre la Capacidad de Campo y la humedad del suelo secado al aire.	
Suelto	Es un suelo no coherente
Muy friable	Es un suelo que se desmorona con una ligera presión y es no coherente cuando se aprieta
Firme	Es un suelo que se desmenuza bajo una presión moderada
Muy firme	Es un suelo que se desmenuza bajo fuerte presión y apenas desmoronable entre el índice y el pulgar
Extremadamente firme	El suelo sólo se desmenuza bajo fuerte presión, rompiéndose en pedazos. No se desmorona entre el índice y el pulgar

Cuadro 14. Tipos de pegajosidad de los suelos.

Consistencia en mojado (pegajosidad). Se determina con humedad a capacidad de campo o poco mayor. Es la cualidad o capacidad de adherencia del suelo a otros objetos y se evalúa presionándolo entre el pulgar y el índice.	
No pegajoso	Es un suelo que después de presionarlo, ningún material se adhiere al índice o al pulgar
Ligeramente pegajoso	Es un suelo que al presionarlo, se adhiere al pulgar o al índice, quedando uno de ellos casi limpio. El suelo no se estira al separar los dedos
Pegajoso	Es un suelo que al presionarlo se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse al separarse uno de ellos

Cuadro 15. Consistencia del suelo para capas endurecidas o cementadas.

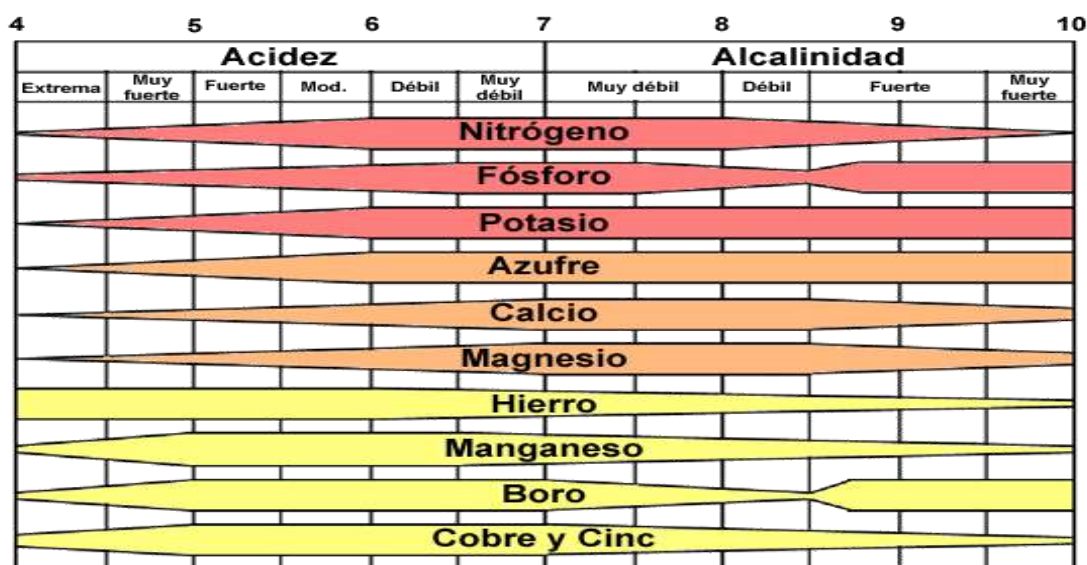
Consistencia para suelo o capas cementadas. La cementación del material del suelo indica una consistencia dura causada por sustancias cementantes diferentes a las arcillas tales como CaCO_3 , SiO_2 , u óxidos o sales de Fe y Al, llamadas también, concentraciones de pedogenéticas. La cementación es poco alterada por el humedecimiento; la dureza y friabilidad persisten en condiciones húmedas. Algunas capas cementadas con CaCO_3 se suavizan algo al humedecerse.		
Categorías		
Débilmente cementado	Fuertemente cementado	Endurecido

Cuadro 16. Tipos de plasticidad de los suelos.

Plasticidad. Es la cualidad del suelo de cambiar de forma continuamente bajo la influencia de una fuerza y mantener la forma impresa después de dejar de aplicar dicha fuerza.	
No Plástico	Suelo que no forma cordón cuando se le somete a una presión
Ligeramente plástico	Es un suelo que forma cordón cuando se le somete a una presión, pero se deforma fácilmente
Plástico	Suelo que forma cordón y solo con presión moderada se deforma
Muy plástico	Es un suelo que forma cordón cuando se le somete a presión y sólo con presión se deforma

3.1.9. Reacción del suelo o pH. Indica el grado de acidez o alcalinidad de un suelo; o la concentración de iones H^+ u OH^- en la Solución del Suelo. Es el criterio más usado para juzgar si un suelo es ácido o es alcalino. El pH de los suelos es de gran importancia para la agricultura pues: (a) afecta la solubilidad de muchos nutrientes esenciales y de sustancias tóxicas para las plantas {Cuadro 17}, (b) afecta el intercambio de cationes y aniones, y (c) influye en las actividades microbianas del suelo. El conocimiento del pH del suelo es esencial para entender la relación suelo-planta.

Cuadro 17. El pH de los suelos y su relación con los nutrimentos esenciales.



Para determinar el pH en el campo, es práctico el método colorimétrico, con cintas que indican una coloración a diferentes concentraciones de iones H^+ o iones OH^- . En un vaso de plástico o de vidrio, se pone medio puño de suelo; se agrega agua destilada hasta más o menos 4.0 cm. arriba de la superficie de la muestra, ésta se agita con un agitador de vidrio por 4 a 5 minutos. Se deja reposar la solución por 10 minutos; se remoja el papel indicador en la solución; se espera a que se seque un poco y después se compara con la escala de colores. Se anota el valor del pH y se define a qué tipo corresponde, utilizando la escala de valores. Las escalas de pH del suelo se indican en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Valores de referencia del pH del suelo y su interpretación.

Escala	Categoría	Escala	Categoría
< 3.5	Ultra-ácido	6.6 - 7.3	Neutro
3.5 - 4.4	Extremadamente ácido	7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido	7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino
5.1 - 5.5	Moderadamente ácido	8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino
5.6 - 6.0	Ligeramente ácido	> 9.0	Muy fuertemente alcalino
6.1 - 6.5	Muy ligeramente ácido		

3.1.10. Materia orgánica (M.O.). Consiste en toda clase de macro y microorganismos que habitan el suelo y cuyos restos se incorporan al mismo cuando mueren. Es de gran impacto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Su acumulación se favorece en áreas lluviosas, frías, con pastos nativos y poco drenaje. Por su importancia es útil determinar su presencia en los horizontes del perfil.

Un método para la determinación directa de la M.O., es el de su oxidación con agua oxigenada o peróxido de hidrógeno (H_2O_2). El procedimiento es el siguiente: se coloca un terroncito de suelo de cada horizonte que se desee analizar, en una cápsula de porcelana, múltiple; se agregan 2 ó 3 gotas de H_2O_2 a cada muestra, si salen burbujas, esto nos indica la presencia de M.O. La reacción es típica de la enzima catalasa presente en todos los tejidos animales y vegetales. En realidad el H_2O_2 es un oxidante y aporta grupos OH y radicales libres que pueden atacar a una gran variedad de compuestos orgánicos como lípidos y proteínas y el burbujeo es por desprendimiento de O_2 , como se indica en la siguiente reacción:



Cuadro 19. Respuesta de la materia orgánica al agua oxigenada.

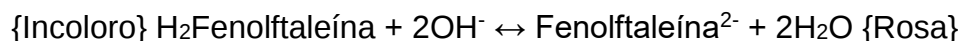
Reacción	Efervescencia	Contenido de M. O.
Ninguna	Si no hay efervescencia	No contiene M.O.
Ligera	Si observamos una leve efervescencia	pequeñas cantidades de M.O.
Fuerte	Si se observa una gran efervescencia	contiene gran cantidad de M.O.

Deben observarse y compararse las reacciones que se generan (Cuadro 19) y anotar los datos en el Cuadro 3.

En suelos muy orgánicos es necesario añadir poco a poco el H_2O_2 , pues la reacción es muy violenta y se forma abundante espuma, que produce rebosamiento del vaso, inutilizando el análisis. También puede producirse este burbujeo en ausencia de M.O. si el suelo tuviera Azufre (S), pero este caso se distingue muy bien por el olor.

3.1.11. Minerales volcánicos. En un papel filtro impregnado con fenolftaleína {disolver (1.0 ± 0.1) g de fenolftaleína en 100 ml de alcohol etílico de 70% v/v o usar una solución indicadora de fenolftaleína (0.2 g de fenolftaleína en 100 cm³ de alcohol etílico al 95%)}, se colocan partículas de suelo y 2 a 3 gotas de fluoruro de sodio (NaF , 1 mol L⁻¹), se deja reposar unos minutos y después, si hay Al^{3+} activo o sea que forma parte de los minerales alofánicos (alófanos e imogolita o geles aluminosilicatos más amorfos), se produce una reacción en la cual el NaF libera iones OH^- del alofano (intercambio de OH^- por F^- es indicativa de los componentes que contienen Al-hidroxilado) produciendo el incremento del pH mayor de 9 y la coloración roja, rosa o púrpura del papel indicador, típica de un pH básico; según la

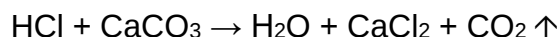
intensidad de la coloración, el suelo tiene mayor o menor influencia de materiales volcánicos.



La intensidad de la reacción cromática es dependiente de la cantidad de OH^- liberados en 2 minutos. La valoración se hace usando una escala arbitraria entre 1 (más débil) y 5 (más fuerte).

3.1.12. Fierro ferroso o férrico. Agregar 10 gotas de HCl 1:5 agitar y dejar reposar 5 minutos. Añadir 3 gotas de ferricianuro de potasio o Rojo de Prusia $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ al 5%. Si la coloración es verde es fierro ferroso, si es azul es fierro férrico.

3.1.13. Carbonatos de calcio (CaCO_3). Su presencia en el suelo y en el material madre, se determina de la siguiente forma: se coloca un terroncito de suelo de cada horizonte en la cápsula de porcelana múltiple y se agregan 2 ó 3 gotas de HCl al 10% por muestra. Para preparar la disolución de HCl, se añade el HCl sobre el agua y no al revés (si no hay HCl, se puede usar vinagre). Al producirse la reacción de los carbonatos con el HCl, se desprenderá CO_2 que forma efervescencia superficial. El grado de reacción es indicio de la cantidad de CaCO_3 presente. Se debe observar si la reacción proviene de nódulos calcáreos o bien de CO_3 distribuidos en toda la masa. El HCl, que produce efervescencia al reaccionar con el CaCO_3 , que no es otra cosa que CO_2 que se desprende según la reacción química siguiente:



De acuerdo a la cantidad de efervescencia tenemos las clases que se indican en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Principales características de suelos calcáreos.

Descripción de campo	% de CaCO_3	Efectos auditivos	Efectos visibles
No calcáreos; < de 0.5%	0.1	Ninguno	Ninguno
Muy ligeramente calcáreo (0.5 – 1.0%)	0.5	Poco audible	Ninguno
Ligeramente calcáreo (1.5%)	1.0	De poco a moderadamente audible	Ligera efervescencia localizada en granos individuales o apenas visible
Moderadamente calcáreo (1.5 – 5.0%)	2.0	De moderadamente a claramente audible (se oye desde lejos del oído)	Ligeramente mayor efervescencia, más general, visible bajo inspección cercana.
Calcáreo (5.0 – 10.0%)	5.0	Fácilmente audible	Efervescencia moderada, fácilmente visible, burbujas hasta de 3 mm de diámetro.

3.1.14. Tepetates y capas petrocálcicas. El horizonte dúrico es un horizonte

subsuperficial que presenta nódulos o concreciones débilmente cementados y endurecidos por sílice (SiO_2), presumiblemente en forma de ópalo y formas microcristalinas de sílice (durinodes). Los durinodes con frecuencia tienen revestimientos de carbonato que tienen que ser removidos con HCl antes de disgregar los durinodes con hidróxido de potasio (KOH). Al respecto, dado que los tepetates con alto contenido de CaCO_3 no se disgregan en agua y se disgregan muy poco en HCl y NaOH, son definidos como duripanes. Al contrario, los tepetates sin CaCO_3 se disgregan en agua, por lo que se definen como fragipanes.

IV. MATERIALES

Mochila pedológica equipada	Papel indicador de pH con escala
Carta de Colores Münsell	Fluoruro de sodio (NaF)
Altímetro y/o GPS	Piceta con agua destilada
Clisímetro	Martillo geológico
Brújula	Vasos desechables
Fenolftaleína	Pala recta
Frasco gotero con HCl al 10 %	Pala de cuchara
Frasco gotero con H_2O_2 al 10 %	Zapapico
Cápsula de porcelana múltiple	Regla de madera de 1.0 m
Ferricianuro de potasio o Rojo de Prusia $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	

V. CUESTIONARIO

1. ¿Cuál es la importancia de conocer el perfil del suelo?
2. ¿Qué importancia tiene la profundidad del suelo? ¿Qué problemas tienen las plantas en su desarrollo en un suelo profundo y arcilloso?
3. ¿Cómo afecta la estructura del suelo al flujo de agua y el desarrollo radical?
4. ¿Cómo influyen los abonos orgánicos en las propiedades físicas del suelo?
5. ¿Qué importancia tiene el pH en el desarrollo de las plantas?
6. ¿Cuál de los perfiles observados es más apto para uso agrícola y por qué?
7. ¿Qué relación hay entre textura del suelo y capacidad de retención de agua?

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso B., D. y Domech V., M. 1997. Prácticas de suelo y agroquímica. Editorial Pueblo y Educación. Ministerio de Educación de Cuba. La Habana, Cuba. 246 pp.
- Castellanos, J. Z., Uvalle B., J. X. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. INCAPA. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. San Miguel de Allende, Gto., México. 226 pp.
- Cuanalo de la C., H. 1981. Manual para la Descripción de Perfiles de Suelo en el Campo. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

40 pp.

- Fuentes Y., J. L. 2005. Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 159 pp.
- León A., R. 2003. Manual edafológico de campo. 2ª. Edición. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 205 pp.
- Ruiz C., J., Calderón F. E., Tamariz F., J.V. Tremois G., J., Cruz M., A., Valera P., M. A. y Handal S., A. 1999. Manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno. Textos UAP. Serie de Apoyo a la Docencia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue. 62 pp.
- Siebe, C., Jahn, R y K. Stahr. 1996. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Publicación Especial 4. Chapingo, México. 57 pp.
- Soil Survey Staff (SSS) 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2a. Ed. Agriculture Handbook N° 436. Soil Survey Staff. Washington D. C. 869 pp.
- Velasco M., Hugo A. 1998. Uso y manejo del suelo. Editorial Limusa – Noriega Editores. México, D. F. 191 pp.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE DEL SUELO EN LABORATORIO

Rogelio Álvarez Hernández
José Cruz Salazar Torres

I. INTRODUCCIÓN

Sus propiedades físicas, químicas, biológicas y microbiológicas determinan, entre otras, la productividad de los suelos. Por tanto, el conocimiento de las propiedades físicas en particular, permite efectuar mejor las actividades agrícolas fundamentales como el laboreo, la fertilización, el drenado, la irrigación, la conservación de suelo y agua y, el manejo de los residuos de las cosechas. Por ello, desde el momento en que sabemos que el suelo influye en nuestra vida en diversas formas, es importante el estudio de sus propiedades y, es claro que, un conocimiento adecuado acerca de la relación entre algunas de sus propiedades y su capacidad productiva, nos permitirá un manejo más adecuado del mismo. En consecuencia, si consideramos al suelo desde el punto de vista físico, se le puede definir como un sistema de gran complejidad, heterogéneo, disperso y trifásico; se le puede estudiar en base a todos los conceptos fundamentales de los procesos y propiedades físicas, que son importantes en el crecimiento de las plantas, el manejo del suelo y el agua y otras actividades que se llevan a cabo en el proceso agrícola.

Los valores de la densidad aparente del suelo se emplean para conocer: [1] Capas endurecidas de suelo (tienen densidades mayores a 2.0 g/cm^3 y provocan problemas para el desarrollo de las raíces de los plantas o la infiltración del agua); [2] Presencia de amorfos en Andosoles o suelos volcánicos (presentan densidades menores a 0.85 g/cm^3 por la presencia de alófanos y tienen graves problemas para la fertilización fosfórica de cultivos). [3] Grado de intemperización (se determina comparando las densidades de los horizontes superficiales con la del horizonte C). [4] Cálculo del peso de una capa de suelo (es indispensable para expresar muchos datos analíticos en kg/ha ; se obtiene con la fórmula: $P = D_{ap} \cdot E \cdot S$). [5] Espacio Poroso (es la porción del suelo no ocupada por partículas sólidas y ocupado por aire y agua; el arreglo de las partículas del suelo determina la cantidad de poros; los suelos arenosos superficiales tienen del 35 al 50% de porosidad, y los de texturas más finas tienen del 40 al 60%). [6] Lámina de riego (para determinar la lámina de agua que es necesaria para aplicar a un suelo, para mojarlo a la capacidad de campo, a cierto espesor, se usa la fórmula: $L_{(cm)} = \{(HCC - HPMP) \cdot D_{ap} \cdot E\} / \{100\}$). [7] Cálculo del contenido nutrimental en suelos.

II. OBJETIVOS

1. Comprender la importancia de algunas propiedades físicas del suelo y su relación con la productividad del mismo.
2. Determinar algunas propiedades físicas del suelo por métodos sencillos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Densidad aparente. Método de la probeta.

- a. En la probeta de 250 ml se pone una muestra de suelo cuya estructura no se haya destruido (Muestra 1) hasta la marca de 55 ml.
- b. Acomodar el suelo en la probeta dándole un mínimo de 30 golpes sobre una de las manos o sobre otra superficie blanda y suave, apretando firmemente la probeta con la otra mano, anotando el volumen total del suelo (V_t).
- c. Pesar una hoja de papel de estraza; poner en ella la muestra de suelo seco y pesarlo. Si el suelo está húmedo, primeramente debe secarse a peso constante. Anotar el peso del suelo (P_m).
- d. Una vez pesado y medido, el suelo se guarda para determinar el espacio poroso, poniéndole una marca, por ejemplo A.

3.2. Densidad aparente. Método de la parafina.

Consiste en pesar al aire un terrón de forma más o menos esférica; se le cubre con una delgada capa de parafina y se le vuelve a pesar al aire; y, finalmente, se le pesa dentro de un recipiente con agua.

- a. Se toma un terrón de suelo previamente secado a la estufa y se le ata con un hilo, procurando que quede bien sujeto.
- b. Se pesa el terrón al aire.
- c. Se sumerge rápidamente en parafina fundida a 60°C ó menos, procurando que quede totalmente cubierto con una capa delgada y uniforme.
- d. Se pesa al aire el terrón parafinado.
- e. Se pesa un recipiente con agua donde se sumergirá el terrón.
- f. Se coloca el terrón en el fondo del recipiente con agua y se pesa.
- g. Al peso del terrón parafinado, más el del agua, más el del recipiente, se resta el peso del agua, más el del recipiente.

La diferencia en peso del terrón parafinado al aire y con el agua, es el peso del agua desplazada por el terrón. Si la densidad del agua es igual a 1.0 g/ml , el peso (g) del agua desplazada, es igual al volumen del terrón, más el volumen de la parafina en mililitros (ml). El volumen de la parafina se calcula sabiendo que su densidad es 0.90 g/ml . Los cálculos se realizan según la secuencia indicada en el siguiente cuadro.

1. Peso del terrón al aire	
2. Peso del terrón parafinado al aire	
3. Peso del terrón parafinado y sumergido	
4. Volumen del terrón parafinado (3)	
5. Peso de la parafina (2 – 1)	
6. Volumen de la parafina ($5/0.90\text{ g/ml}$)	
7. Volumen del terrón (4 – 6)	
8. Densidad aparente ($1/7$)	

IV. MATERIALES

Muestras de diferentes suelos	Vasos de precipitado (250 ml y 500 ml)
Dos balanzas granatarias	Una piceta
Una báscula portátil (10 Kg. de peso)	Cinco frascos de vidrio "Gerber" chicos
Agua destilada	Un flexómetro de 2.0 m.
Agitadores (varilla o alambre)	Una vela de parafina
Probetas graduadas (250 ml y 1000 ml)	Cinco bolsas de plástico para 5.0 Kg.

V. CUESTIONARIO

1. ¿Qué importancia tienen las propiedades físicas del suelo para la agronomía?
2. ¿Cómo influyen la textura y la estructura del suelo en otras propiedades físicas y en las propiedades químicas del mismo?
3. ¿Cuál es la importancia de la materia orgánica del suelo y cómo influye en las propiedades físicas y químicas del mismo?
4. ¿Cuál es el peso de una capa de suelo de 1.5 ha. de superficie y de 35 cm de espesor, si en los primeros 20 cm de profundidad su $D_{ap} = 1.27 \text{ g/cm}^3$ y en la profundidad restante es de 1.35 g/cm^3 ?

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso B., D. y M. Domech V. 1998. Prácticas de suelo y agroquímica. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 246 pp.
- Castellanos, J. Z., Uvalle B., J. X. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. Colección INCAPA. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 226 pp.
- Grande, L. R. 1985. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Análisis considerados como de rutina para fines agropecuarios y de fertilidad. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. UASLP. 100 pp.
- Hillel, D. 1982. Introduction to soil physic. Academic Press, Inc. (London) Ltd, San Diego, California. pp. 136-137.
- Zhang, H., Raun, B., Hattey, J. Johnsn, G. & N. Basta. 1997. OSU Soil test interpretations. F-2225. OSU Extension Facts. Cooperative Extension Service. Oklahoma State University. Stillwater, OK. 8 pp.

DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS

Rogelio Álvarez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

El análisis mecánico indica la proporción de partículas primarias de los suelos, según su tamaño y es una determinación básica. Este análisis permite obtener información cualitativa y cuantitativa sobre otras propiedades físicas que influyen en el manejo del suelo y el agua, como: humedad a capacidad de campo (CC); punto de saturación (Ps); punto de marchitez permanente (PMP) y densidad aparente (Dap); o bien, en la estimación de curvas de retención de humedad. Algunos autores toman como base dicha proporción de partículas para calcular dosis de encalado y fertilización. Otro uso del análisis mecánico es la estimación de la conductividad hidráulica, la adaptación de especies, el cálculo de la infiltración o la estimación del potencial productivo. Asimismo, la determinación de la textura es importante en el estudio de la morfología, la génesis y la clasificación de los suelos.

La textura de un suelo en particular, puede determinarse por varios métodos. El método del hidrómetro consiste en colocar una muestra de suelo en una probeta graduada, dispersar las partículas de suelo y medir la capacidad de flotación del hidrómetro a diferentes períodos de tiempo para determinar la cantidad de sedimento suspendido. El método del hidrómetro se basa en la Ley de Stokes, la cual dice que: $V = kr$; donde K = constante; y , r = radio de la partícula.

Para velocidades de sedimentación, la Ley de Stokes asume que esferas rígidas y lisas, en un fluido viscoso en reposo, de velocidad y densidad, conocidos, se sedimentan. La ecuación es:

$$V = \frac{2(D_1 - D_2)gr^2}{9\eta}$$

Donde:

- V = velocidad de caída (cm s^{-1})
- g = aceleración de la gravedad (cm s^{-2})
- r = radio equivalente de la partícula (cm).
- D_1 = densidad de la partícula (g cm^{-3})
- D_2 = densidad de la solución (g cm^{-3})
- η = viscosidad de la solución ($\text{g cm}^{-1} \text{seg}^{-1}$)

La premisa básica de esta afirmación es que cuando el radio decrece, el tiempo requerido para que una partícula se sedimente, aumenta. La Ley de Stokes puede usarse para calcular el radio de las partículas que se sedimentan y el porcentaje de cada tamaño de fracción de la muestra. Para que la Ley de Stokes sea válida, se asumen varios supuestos, tales como que: (a) Las partículas se encuentran completamente dispersas en la solución. (b) Las partículas no están afectadas por el movimiento térmico de las moléculas de agua. (c) La densidad de las partículas permanece constante. (d) La suspensión es lo suficientemente diluida para

considerar de muy poca influencia la interacción entre las partículas. (e) No debe haber turbulencia en el fluido. (f) Las partículas son esféricas, rígidas y poco rugosas.

La textura también puede determinarse separando físicamente los diferentes tamaños de las fracciones, utilizando tamices y midiendo el porcentaje de cada una de ellas. Un tamiz está hecho de una malla con aberturas de diámetro conocido. Las partículas más pequeñas que la abertura de la malla, atraviesan el tamiz rápidamente, quedando las más grandes sobre la malla. Si se conoce la cantidad total de suelo, entonces puede pesarse la que es retenida por las diferentes mallas y determinarse los porcentajes.

La textura también puede determinarse a través del tacto. Este método consiste en tomar una muestra de suelo con las manos y someterla a una serie de pruebas para determinar la clase textural. Sin embargo, aunque el método permite hacer determinaciones rápidas de la textura del suelo, se requiere experiencia para que los resultados puedan ser consistentes.

II. OBJETIVO

1. Determinar cuantitativamente la textura del suelo a través del método del higrómetro de Bouyoucos.

III. METODOLOGÍA

Para establecer la textura por este método, en análisis de rutina y suelo con un bajo contenido de materia orgánica (< 5%), se realizan las siguientes acciones:

1. Si los suelos son ricos en materia orgánica deben tratarse con peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) y calentarse. Si son suelos salinos con más de 3.5% de sulfatos y/o cloruros de calcio y magnesio, deben ser lavados con agua destilada y luego decantados.
2. Se pesan 50 gramos de suelo, cernido con tamiz de 2.0 mm. y se secan al aire, siempre que no se note arenoso, en cuyo caso se pesan 100 gramos.
3. Se coloca el suelo en una copa de dispersión y se agrega agua hasta 5 o 6 cm abajo del borde. Se agregan 35 ml de solución de defloculante de calgón [hexametáfosfato de sodio (NaPO_3)₆ y carbonato de sodio (Na_2CO_3)]
4. Se coloca el suelo en el vaso de una batidora (especialmente diseñada para no moler el suelo), y se bate durante 5 minutos, si se trata de suelo arenoso o 10 a 15 minutos en suelos comunes (en suelos de difícil dispersión el periodo de agitación se prolonga hasta 20 ó 30 minutos).
5. Se transfiere la suspensión anterior a una probeta graduada de 1,000 ml, se lava el vaso con agua destilada y se completa el volumen del cilindro.
6. Vigorosamente se agita la suspensión unas 10 veces, con un émbolo de caucho y se deja reposar, tomando registro del tiempo a partir del momento en que se retire el émbolo.
7. A los 40 segundos de reposo, se hace la primera lectura con el hidrómetro en el menisco superior; anotando, además, la temperatura de la suspensión y el

tiempo en que se realizó la lectura.

8. Al terminar la primera lectura el hidrómetro se retira suavemente, se enjuaga, se seca y la suspensión se deja en reposo hasta completar 2 horas. Al cabo de éstas, se vuelve a introducir el hidrómetro y se hace la segunda lectura sin agitar la muestra; también se registra la temperatura.
9. Las lecturas del hidrómetro deben corregirse por temperatura por medio de tablas o bien agregando 0.36 por cada grado centígrado arriba de 20 grados y reduciendo la misma cifra por cada grado centígrado debajo de 20° C. Los hidrómetros están calibrados a 20° C.
10. Si se pesan 50 g, la primera lectura corregida por temperatura se multiplica por 2 y se resta de 100. Si se pesan 100 g, no se multiplica por 2 y al restar de 100, se obtiene el porcentaje de arenas.
11. La segunda lectura corregida por temperatura se multiplica por 2 (si se pesó 50 g), se resta de la primera y se obtiene el porcentaje de limo.
12. La segunda lectura corregida por temperatura y multiplicada por 2 (si se pesó 50 g) proporciona directamente el porcentaje de arcilla total.
13. Calcular los porcentajes de arenas, limo y arcillas de acuerdo con el formato adjunto.

Cuadro 1. Guía para la determinación de la textura.

Determinación de la textura (ejemplo)					
Fecha:		Muestra No.:		Hora inicial:	
Lectura 40 segundos	28.00	Temperatura °C 22.00			
Corrección	0.72			100.00	
Valor corregido	(28.72)2			57.44	
				42.56	Porcentaje de arena
Lectura 2 horas	20.00	Temperatura °C 22.00			
Corrección	0.72				
Valor corregido	(20.72)2			41.44	Porcentaje de arcilla
				16.00	Porcentaje de limo
Clase textural (se determina con el triángulo de las texturas; Figura 1):					

14. Los porcentajes obtenidos se llevan al triángulo de las texturas (Figura 1) y se determina la clase textural correspondiente a la muestra tratada (Cuadro 2).
15. El punto correspondiente al % de limo se proyecta en línea paralela al lado arcilla. El punto correspondiente al % de arcilla se proyecta en línea paralela al lado arena.
16. La clase textural se localiza en la sección del triángulo donde se interceptan dos líneas de proyección.

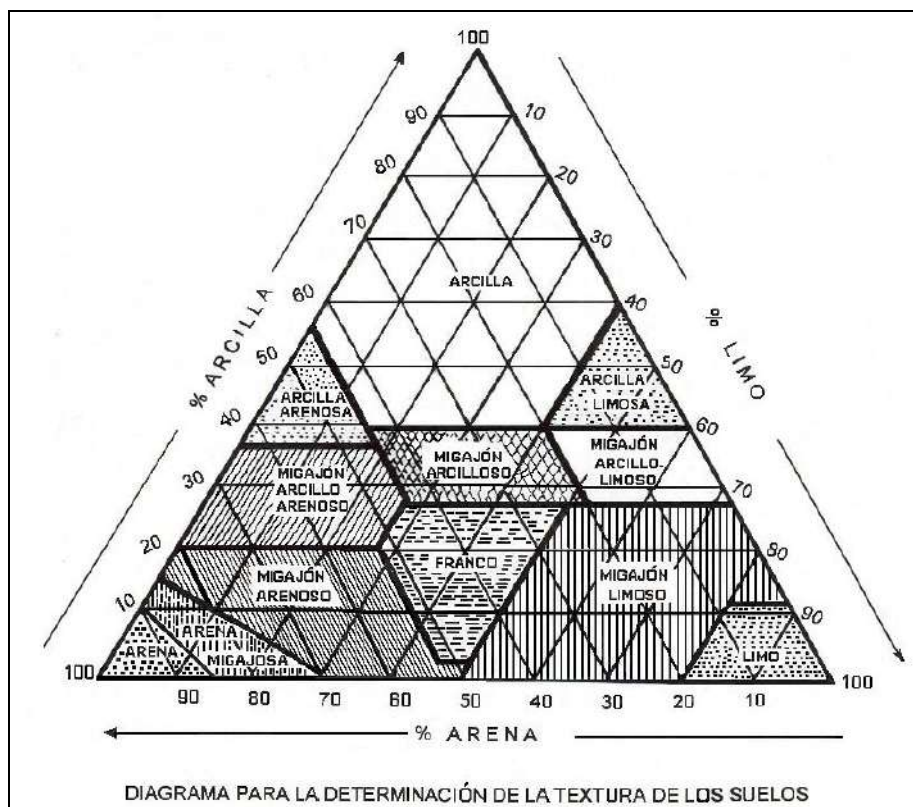


Figura 1. Triángulo de las texturas del suelo.

Cuadro 2. Clases texturales

Clase textural	Intervalo (%) en el contenido		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100 – 85	15 – 00	10 – 00
Arenosa franca	90 – 70	30 – 00	15 – 00
Franco arenosa	85 – 43	50 – 00	20 – 00
Franco	52 – 23	50 – 32	27 – 07
Franco limosa	50 – 00	87 – 50	27 – 00
Limosa	20 – 00	100 – 80	12 – 00
Franco arcillo arenosa	80 – 45	20 – 00	35 – 20
Franco arcillosa	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa	20 – 00	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa	67 – 45	20 – 00	55 – 35
Arcillo limosa	20 – 00	60 – 40	60 – 40
Arcillosa	45 – 00	40 – 00	100 – 40

La suma de los porcentajes de arenas, limos y arcillas deberá ser 100. Las lecturas del hidrómetro, corresponden a la cantidad de material sólido que se encuentra en suspensión, a la altura del centro del volumen, en g/litro; es decir, mide una densidad. Como la temperatura afecta esta densidad, el hidrómetro ha sido previamente calibrado para trabajar a la temperatura de 19.4° C; cuando esta condición de temperatura no se cumple, hay que corregir la lectura (Cuadro 3).

Cuadro 3. Factores de corrección por temperatura a las lecturas del hidrómetro calibrado a 20°C

Temperatura en °C	Corrección	Temperatura en °C
Menores de 20° C, se resta la corrección		Mayores de 20° C, se suma la corrección
20.0	-----	20.0
19.5	0.18	20.5
19.0	0.36	21.0
18.5	0.54	21.5
18.0	0.72	22.0
17.5	0.90	22.5
17.0	1.08	23.0
16.5	1.26	23.5
16.0	1.44	24.0
15.5	1.62	24.5
15.0	1.80	25.0
14.5	1.96	25.5
14.0	2.16	26.0
13.5	2.34	26.5
13.0	2.52	27.0
12.5	2.70	27.5
12.0	2.88	28.0
11.5	3.06	28.5
11.0	3.24	29.0

IV. MATERIALES

POR GRUPO	POR EQUIPO
Cubetas	Agitador de dispersión de alta velocidad
Cilindros de sedimentación	Copas de agitación
Parrilla eléctrica	Tamices (#18, #35, #60, #140, #270)
Probeta graduada de 1000 o 2000 ml	Carbonato de Sodio [Na ₂ CO ₃]
Vaso de capacidad de 250 ml	Defloculante *.
Termómetro de laboratorio	Alcohol amílico
Cronómetro	Agua oxigenada (H ₂ O ₂)
Agitador manual	Agua destilada
Hidrómetro de Bouyoucos (de 0–60 g/litro)	Kg de Hexametáfosfato de Sodio (NaPO ₃) ₆

* Pesar 54.5 gr de (NaPO₃)₆ y 12.2 gr de Na₂CO₃; disolver y llevar a 1 litro con agua destilada.

V. CUESTIONARIO

1. En un análisis de textura por el método de Bouyoucos, determinar:
 - a. La clase textural del suelo.
 - b. Los porcentajes obtenidos de la determinación anterior, aplíquelos al método que se indica en la cita bibliográfica del Dr. Calderón, para obtener otras propiedades físicas del suelo analizado.

- c. El peso de la arcilla contenida en ese suelo por hectárea a 20 cm de profundidad, con el valor promedio de la densidad aparente del suelo determinada por el método de la parafina.
2. Mediante la ecuación de la Ley de Stokes calcular la velocidad de sedimentación de una partícula de limo (0.05 mm de diámetro y 1.41 g cm^{-3} de densidad aparente) en agua (con una densidad 1.0 g cm^{-3}).

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso B., D. y Domech V., M. 1997. Prácticas de suelo y agroquímica. Ed. Pueblo y Educación. Ministerio de Educación de Cuba. La Habana, Cuba. 246 pp.
- Calderón, D. 2010. Calculador textural. Laboratorio del Dr. Calderón. [En línea] http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_Fisico_de_Suelos/Calculador%20Textural.htm (consultado el 10 de marzo de 2011).
- Fuentes Y., J. L. 2005. Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 159 pp.
- Gavande, S. A. 1976. Física de suelos. Principios y Aplicaciones. Ed. Limusa, S. A. México, D. F. 350 pp.
- Grande, L. R. 1985. Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas. Análisis considerados como de rutina para fines agropecuarios y de fertilidad. Instituto de Investigaciones de Zonas Desérticas. UASLP. 100 pp.
- León, A. R. 2001. Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos. Terra 19 (3): 219 – 224.
- López Ritas, J. y J. López Melida. 1990. El diagnóstico de suelos y plantas: métodos de campo y laboratorio. 4a ed., Madrid: Ed. Mundi-Prensa. 363 pp.
- Navarro Blaya, Simón y Navarro García, Gines. 2003. Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2da. Edición. Ed. Mundi Prensa México. México, D. F. 438 pp.
- Van Reeuwijk, L. 2002. Procedures for soil analysis. Sixth edition. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). Wageningen. The Netherlands. 120 pp.

CONSERVACIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA

Elías Jaime Matadamas Ortiz

I. INTRODUCCIÓN

Desde la misma formación de nuestro planeta, los procesos de formación y transformación de la corteza terrestre han sido muy activos. Gracias a ellos, la vida pudo desarrollarse con una constante interacción entre ésta, los elementos geológicos y atmosféricos. Este substrato pudo albergar una gran diversidad de especies de organismos, dentro de los que podemos incluir al hombre.

La génesis de los suelos involucra la intervención de factores como, las rocas (o material parental), el clima, el relieve, los organismos y el tiempo. Por procesos de intemperización física, química y bioquímica, se produce un cuerpo dinámico y tridimensional con características físicas, químicas, biológicas e hidrodinámicas al que comúnmente llamamos: suelo.

Desde un enfoque de sistemas, vemos que el suelo representa un subsistema del ecosistema y que este subsistema funciona interaccionando con los organismos (directamente con los vegetales) y la atmósfera en los Agroecosistemas, los cuales tienen como objetivo fundamental la producción de satisfactores para la sociedad.

Una de las propiedades del suelo es la de productividad de biomasa, la cual se explica como la capacidad de proporcionar las condiciones óptimas para sustentar el crecimiento de los vegetales, tanto silvestres como cultivados. Estas condiciones incluyen: (1) Actividad microbiana y evolución de la materia orgánica, (2) Difusión de gases, (3) Disposición de elementos nutritivos para las plantas, (4) Drenaje, (5) Retención de agua asequible para las plantas y organismos, (6) Regulación de la temperatura, (7) Soporte físico y al mismo tiempo substrato que permite el crecimiento de raíces, tallos subterráneos y órganos especializados, (8) Regulación de la disponibilidad de elementos esenciales para las plantas, (9) Regulación de la reacción química de la fase líquida (10) Medio reaccional que posibilita el flujo de energía y el ciclo de la materia.

La importancia del estudio del suelo y de su conservación radica en el hecho que éste representa el substrato universal para la Agricultura. Su aprovechamiento implica también su conservación y manejo. Debido a que en los agroecosistemas convencionales el objetivo es la obtención de la mayor cantidad de biomasa en menor tiempo posible y en menor cantidad de suelo; debemos tener un conocimiento pleno de los factores de degradación de este recurso y evitarlos al máximo a fin de mantener una producción sustentable, esto es; que las generaciones actuales satisfagan sus necesidades y que las futuras también lo hagan sin perder activos ni agotar recursos.

Las bases de la conservación del suelo parten de los conocimientos de los procesos de degradación y pérdida de las propiedades productivas del mismo.

En esta práctica abordaremos estas bases y analizaremos algunos conceptos necesarios, para que los estudiantes puedan comprender la importancia del suelo y del agua en la agricultura.

1.1. Desertificación. La desertificación es la disminución o destrucción del potencial biológico del suelo que puede desembocar en definitiva en condiciones de tipo desértico. Constituye un aspecto del deterioro generalizado de los ecosistemas (particularmente, los agroecosistemas) el cual reduce o limita el potencial productivo.

1.2. Desertización. La desertización es el acrecentamiento de los desiertos producido por causas naturales, principalmente por cambios climáticos a muy largo plazo. La aparición de los desiertos y su ampliación depende de cambios de los factores geológicos y atmosféricos a nivel planetario. Como ya lo mencionamos, sus causas son naturales y su desarrollo se lleva a efecto en un tiempo que comprende desde cientos a miles de años.

1.3. Erosión. La erosión se define como el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo causado por el agua y el viento. Intervienen por lo tanto en este fenómeno, un objeto pasivo; que es el suelo, colocado en determinadas condiciones de pendiente; dos agentes activos: el agua y el viento, y un intermediario: la vegetación, la cual regula sus relaciones. Podemos diferenciar dos tipos de erosión; la erosión geológica o natural y la erosión acelerada o inducida.

La erosión natural es la erosión que ocurre como consecuencia solamente de las fuerzas de la naturaleza. Este tipo de erosión actúa sin la intervención del hombre y, participa en la formación de los suelos. La velocidad e intensidad de la erosión geológica o natural depende exclusivamente de factores naturales y favorece la formación del suelo. La cantidad de suelo desplazado tiende a ser menor o igual a la cantidad formada por los procesos de intemperismo químico o físico. En tanto que la erosión inducida es la erosión que se presenta cuando a la acción de los agentes naturales se agrega la acción del hombre. Este tipo de erosión es propiciado por el mal manejo del suelo y en términos generales es más rápida que la geológica.

En México el problema de la degradación de suelos agrícolas en general y el de la erosión en lo particular, afecta a una superficie de 400 mil hectáreas cada año y que alrededor del 85 % de la superficie agrícola sufre algún grado de degradación. Lo anterior es preocupante ya que afecta de manera directa el potencial productivo de los suelos y por consecuencia pone en riesgo la producción de alimentos.

1.4. Agentes de la erosión. Los principales agentes de la erosión son: el agua de lluvia, el viento, los cambios de temperatura y los procesos biológicos, de los cuales los dos primeros son los que revisten mayor importancia.

1.4.1. El agua de lluvia. Es el agente más importante de la erosión. La erosión hídrica (erosión causada por el agua) es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse y fluir sobre la superficie del suelo.

La remoción del suelo por el agua se produce por varios fenómenos, dentro de los cuales podemos mencionar: la suspensión de las partículas orgánicas y minerales más finas que componen el suelo y su transportación por las corrientes superficiales de agua, o escorrentía. Las gotas de lluvia al impactarse con las partículas superficiales del suelo, les transfieren su energía, y estas son desplazadas de su posición inicial. El desplazamiento por impacto aunado por el arrastre por suspensión da lugar a la erosión hídrica que se manifiesta por diferentes formas de erosión, las cuales se abordarán posteriormente.

La cantidad de suelo removido depende de la cantidad, intensidad y distribución espacial de la lluvia. El agua de escorrentía es la que arrastra a su paso a las partículas de suelo en cantidad variable, según sea su volumen y velocidad, por una parte, y las resistencias que se oponen a su acción, por la otra.

La erosión por efecto del agua no es un problema en zonas planas. Tan sólo cuando la topografía de los terrenos es accidentada, las pérdidas de suelo comienzan a adquirir importancia. El tamaño y la cantidad de material que el agua puede arrastrar o llevar en suspensión depende de la velocidad con que ésta fluye, la cual, a su vez es una resultante de la longitud y grado de pendiente del terreno.

1.4.2. El viento. Es un agente físico que influye en la erosión y formación de los suelos al causar el desprendimiento, transporte, deposición y mezcla del suelo. El viento no erosiona por sí mismo las rocas, sino que es la abrasión provocada por las partículas del suelo que él transporta la causante de este desgaste.

El movimiento de las partículas del suelo en este tipo de erosión, es producido por la fuerza del viento ejercida contra la superficie del terreno. Una vez que este movimiento se ha iniciado, las partículas del suelo son transportadas por saltación, deslizamiento superficial y suspensión, dependiendo del tamaño de las partículas y la duración, velocidad y turbulencia del viento.

1.5. Las formas de la erosión. Las formas de la erosión están determinadas principalmente por los agentes activos que la provocan. La acción del agua de lluvia o del viento se encuentra con cierto grado de resistencia derivado de la presencia de vegetación y de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Algunos factores que favorece la erosión son, precisamente; un suelo desprovisto de vegetación y en ciertas condiciones de pendiente o con características de disgregación de sus partículas que lo hacen vulnerable a este proceso. De acuerdo con lo anterior, existen formas de la erosión hídrica y formas de erosión eólica.

1.5.1. Formas de erosión hídrica

1.5.1.1. Salpicamiento. Consiste en la dispersión de los agregados del suelo como resultado del impacto directo de las gotas sobre la superficie del terreno, provocando el desplazamiento de las partículas, que alcanzan alturas hasta de 0.61 m y distancias laterales de 1.52 m en terrenos planos. Además del salpicamiento por las gotas de lluvia, se provoca la suspensión de las partículas finas del suelo, lo que facilita su acarreo por las aguas de escurrimiento.

1.5.1.2. Erosión laminar. El concepto idealizado de la erosión laminar ha sido el de una remoción uniforme del suelo, en capas delgadas de los terrenos en pendiente, que resulta de la saturación del suelo y su deslizamiento superficial por la pendiente.

En estudios realizados sobre la mecánica de la erosión y por medio de fotografías de alta velocidad, se ha podido observar que esta forma de erosión raras veces ocurre como un deslizamiento uniforme de una capa de suelo, ya que casi simultáneamente con el primer salpicamiento y movimiento del suelo se forman pequeños canales. El cambio constante de posición y la tendencia a formar meandros de estos canalillos, origina un falso concepto de erosión laminar.

1.5.1.3. Erosión en canales. La acción de golpeteo repetido ejercida por las gotas de

lluvia, combinado con el flujo superficial, provoca este minúsculo canaleo inicial. Desde un punto de vista dinámico, la fuerza erosiva de las gotas de lluvia es más importante que la de los escurrimientos superficiales, ya que las gotas de lluvia adquieren velocidades de caída que varían de 2.7 a 9.5 m por segundo, mientras que el flujo superficial apenas alcanza velocidades cercanas a 1 m por segundo. Las gotas de lluvia desprenden las partículas del suelo y aumentan la cantidad de material en suspensión, lo que provoca una disminución en la infiltración, debido al sellado de los poros del suelo.

La erosión en canales es la remoción del suelo por el agua en pequeños surcos o arroyuelos cuando existe una concentración de flujo superficial. Convencionalmente se dice que ocurre la erosión por canales cuando éstos se han vuelto lo suficientemente grandes y estables para poder ser observados; sin embargo, pueden ser borrados con las labores agrícolas normales de preparación del terreno. Esta forma de erosión por canales, frecuentemente es subestimada, pero se presenta en la mayoría de los suelos.

1.5.1.4. Erosión en cárcavas. La erosión por cárcavas es una forma más avanzada de la erosión por canales, donde la profundidad alcanzada por éstos es mayor que en el caso de la forma antes discutida y no siempre pueden ser cruzadas por la maquinaria agrícola. En algunas partes de México se conoce a las cárcavas como torrenteras, arroyos, zanjones, barrancas, etc.

1.5.1.5. Erosión en pedestales. Cuando se protege a un suelo fácilmente erosionable del impacto de las gotas de lluvia, por medio de piedras o por las raíces de los vegetales, quedan “pedestales” aislados, coronados con el material retenido. Se ha demostrado que la erosión de los terrenos adyacentes a los pedestales es debida, principalmente, a las gotas de lluvia más que al flujo superficial, ya que en la base del pedestal no existe socavación o es muy reducida.

Esta forma de erosión se desarrolla lentamente a través de los años y se localiza generalmente en manchones desnudos de terrenos con vegetación aislada. Puede presentarse también en terrenos arables que hayan sufrido una erosión excesiva durante una tormenta excepcional.

1.5.1.6. Erosión en pináculos. Esta forma de erosión se asocia siempre con canales verticales profundos a los lados de las cárcavas que profundizan rápidamente hasta que se juntan y dejan al pináculo aislado. Una capa más resistente de grava o piedra, a menudo corona al pináculo, como en la erosión en pedestales.

Los pináculos son relictos de la condición natural del relieve, provocados por socavaciones del agua que fluye, y a menudo asociado con la erosión tubular.

1.5.1.7. Erosión tubular. La formación de tubos continuos y canales subterráneos, es común en los tipos de suelos sujetos a erosión por pináculos. Esta forma de erosión ocurre cuando el agua que fluye se filtra a través de la superficie del suelo y se mueve hacia abajo hasta encontrar una capa menos permeable. Esta agua tiende a moverse sobre las capas permeables hacia una salida, si es que existe; por lo tanto, es posible que el material fino del suelo sea arrastrado por el agua. Esto, a su vez, permite un flujo más rápido con un aumento en la erosión lateral y en ocasiones todo el flujo superficial penetra a un tubo vertical y continúa su recorrido bajo la tierra,

antes de reaparecer. Afortunadamente, la erosión tubular está restringida la mayoría de las veces a terrenos agrícolas de poco valor, por lo que su control es poco común.

1.5.1.8. Erosión por caída o remontante. Esta forma de erosión es un proceso geológico que se presenta en las paredes de las cárcavas, sin ninguna intervención del hombre. La caída que se forma en la orilla de la cárcava, arroja el material salpicado contra la parte baja de esta cara, la cual se erosiona, dejando la parte superior sobresaliendo; cuando el peso de la parte sobresaliente es grande, ésta se desprende dando lugar a una nueva cara vertical, comenzando de nuevo el ciclo erosivo.

1.6. Prácticas de conservación del suelo y agua

Las prácticas de conservación del suelo y del agua tienen por objetivo central el de evitar la pérdida de suelo por efecto de la acción del agua de lluvia, viento y las malas prácticas de cultivo. Así también, se trata de mantener el equilibrio ecológico al disminuir la velocidad del agua y permitir su filtración del agua en el suelo y recargar los acuíferos. Las prácticas de conservación del suelo y del agua se dividen en: vegetativas, mecánicas y agronómicas.

1.6.1. Prácticas vegetativas. Las prácticas vegetativas son aquellas que consideran el desarrollo de plantas o cultivos con la finalidad de aumentar la resistencia del suelo contra la erosión a partir de la protección de la vegetación. Entre estas prácticas tenemos: (1) Reforestación o revegetación. (2) Cortinas rompevientos. (3) Plantación de barreras vivas con especies perennes (setos vivos). (4) Plantación de especies nativas perennes en bordos de tinajas ciegas, zanjas-bordo y zanjas de infiltración tipo trinchera. (5) Plantación de barreras vivas con maguey y nopal. (6) Empastado de taludes de cárcavas. (7) Repastización de agostaderos. (8) Cultivos de cobertera. (9) Manejo de pastizales.

1.6.2. Prácticas mecánicas. Son obras civiles o estructuras que impiden que el agua tome grandes velocidades y forme escorrentías que provoquen el desplazamiento del suelo, que el suelo tienda a moverse y evitar la erosión en terrenos con pendiente: (1) Bordo de abrevadero con cortina de tierra compactada (presa de tierra o represa). (2) Presa de mampostería. (3) Presa de concreto. (4) Ollas de agua (jagüey o bordos de agua). (5) Cajas de captación (trampas de agua, estanques). (6) Bordos o canales de derivación de escurrimientos (bordos conductores). (7) Presas derivadoras o de desviación de escurrimientos (presas vertedoras o azudes). (8) Bordería interparcelaria para entarquinamiento (cuadros de inundación). (9) Galerías filtrantes (galerías subálveas). (10) Drenaje de terrenos agropecuarios o desagües. (11) Canales conductores. (12) Presa filtrante de costales. (13) Presa filtrante de gaviones. (14) Presa filtrante de piedra acomodada. (15) Presa filtrante de troncos y ramas. (16) Tinajas ciegas (zanja trinchera). (17) Terrazas de banco (bancales). (18) Terrazas de base ancha (terrazas de caballete). (19) Terrazas de base angosta. (20) Terraza individual.

1.6.3. Prácticas culturales o agronómicas. Son todas aquellas prácticas relacionadas con el manejo agronómico de los cultivos y que tienden a mantener una cubierta vegetativa sobre el suelo, mejorar sus características físicas y reducir su pulverización: (1) Rotación de cultivos. (2) Trazo de surcos a nivel o perpendicular a

la pendiente. (3) Cultivos en fajas. (4) Abonos verdes. (5) Cultivos de cobertera. (6) Distribución adecuada de los cultivos. (7) Óptima densidad de población. (8) Instalación de acolchados. (9) Utilización de semilla certificada. (10) Abonado o estercolado. (11) Labranza cero o de conservación. (12) Óptima fertilización. (13) Riego localizado a baja presión.

II. OBJETIVOS.

1. Observar los tipos de erosión, geológica e inducida y sus efectos.
2. Observar las formas de erosión hídrica y eólica.
3. Observar algunos métodos de conservación de suelo y agua.
4. Comprender la importancia ambiental y socioeconómica de la conservación de suelo y agua.

III. METODOLOGÍA

1. Se recorrerá el transecto Tequexquináhuac – Sierra de Río Frío, para observar diferentes formas y efectos de la erosión, así como las prácticas para contrarrestarla. Esta comunidad se localiza en la cuenca del Valle de México; en el extremo sur de la Altiplanicie Mexicana, hacia el paralelo 19° de Latitud Norte, al Oeste del Eje Neovolcánico. En la parte Oriental de la Cuenca de México se localiza el Municipio de Texcoco, Estado de México, entre los 98° 30' y 99° 05' de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 19° 20' y 19° 35' de Latitud Norte.
2. Se observarán distintas formas de erosión hídrica, como cárcavas, pináculos y pedestales, entre otras.
3. Se observarán técnicas de conservación de suelo y agua, como: gaviones, terrazas, bancales, reforestación y otras.
4. Se observarán las presas de captación de agua localizadas en el transecto.

IV. MATERIALES

Mochila pedológica equipada.
Cinta de 30 m de longitud.
Una pala recta.
Una pala de cuchara.

V. CUESTIONARIO.

1. ¿Qué problemas representa la erosión para la agricultura?
2. ¿Son adecuadas las obras de conservación de suelo y agua que se observaron durante el recorrido? Sí o No. ¿Por qué?

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- Ahmad, Y.F. and Kassas, M., 1987. Desertification: Financial support for the biosphere. London. Hodderand Soughton.
- Colegio de Postgraduados, 1991. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Tomos I y II. Tercera edición. Chapingo, México.
- Conference on desertification, 1977 (Nairobi). Desertification and its Control. New Delhi. Indian Council of Agricultural Research.
- Kramer, P.J., 1989. Water Relations of Plants. Acad. Press.,Inc. E.U.A
- Paylore, P., and Haney, R. A., 1976. Desertification: process, problems, perspectives. University of Arizona, Tuckson, E.U.A.
- SAGARPA-Colegio de Postgraduados. 2009. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. México.
- Suárez de Castro, F., 1982. Conservación de Suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

OBSERVACIÓN DE ALGUNOS SISTEMAS DE RIEGO

Rogelio Álvarez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

El agua representa el recurso vital y fundamental para los seres vivos, pues este fluido no sólo es esencial para la realización de las principales reacciones bioquímicas y fisiológicas de todos los organismos, sino que es el constituyente fundamental de la mayoría de ellos. El agua es no solo el elemento más limitativo para el crecimiento de las plantas, sino también para la agricultura. La producción agrícola en nuestro país es severamente restringida debido a las características orográficas y climáticas del territorio nacional, pues ello influye en las disponibilidades de suelos adecuados y agua suficiente para la realización de esta actividad productiva; por lo tanto, el riego se hace necesario en muchas partes de la geografía nacional.

El riego consiste en completar la aportación de agua de lluvia para cubrir las necesidades de agua de los cultivos y para así obtener la máxima producción minimizando las pérdidas de agua. El riego también diluye las sales del suelo, creando un ambiente más adecuado para el desarrollo de los cultivos.

II. OBJETIVOS

1. Entender el concepto de riego y valorar su importancia.
2. Conocer diferentes métodos, sistemas y técnicas de riego agrícola.
3. Comprender las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de riego.
4. Entender el funcionamiento general de los distintos sistemas de riego.

III. METODOLOGÍA

La actividad consiste en un recorrido por las instalaciones de Ingeniería de Riego del Departamento de Irrigación de la UACH, donde se pueden observar diferentes sistemas de riego. Personal comisionado por el Departamento de Irrigación, así como el profesor y el técnico académico de cada uno de los grupos explicarán la estructura y el funcionamiento de los diferentes sistemas de riego que allí se operan.

Se valorarán los sistemas de riego, destacando los siguientes aspectos:

1. Ingeniería del sistema de riego.
2. Operación y ejecución.
3. Mantenimiento.
4. Estimación económica.
5. Ventajas y desventajas.
6. Capacitación requerida.

Se entregará un informe en que se describa, esquematice y se valore cada sistema de riego descrito en el recorrido.

IV. MATERIALES

Como materiales para la realización de esta práctica se contará con los diferentes sistemas de riego establecidos en las instalaciones de Ingeniería de Riego del Departamento de Irrigación de la UACH, que a continuación se indican.

4.1. Riego por escurrimiento o gravedad (Riego superficial)

4.1.1. Riego en surcos

4.1.2. Riego por compuertas (Sistema de flujo intermitente; Sistema de ventanillas regulables o Riego por caudal intermitente)

4.1.3. Riego por inundación o “a manto”

4.1.4. Riego por corrugaciones.

4.2. Riego sin escurrimiento (Riego aéreo o Riego de aspersión)

4.2.1. Tradicional.

4.2.1.1. Sistemas fijos: Cañón fijo

4.2.1.2. Sistemas móviles: Sistema de rehilete, Sistema de riego con cañón

4.2.2. Mecanizado y semimecanizado.

4.2.2.1. Pivote central

4.2.2.2. Cañón de avance frontal (Cañón viajero o Cañón enrollador)

4.2.2.3. Sistema de avance lateral (Sistema de línea rodante, Sistema de rueda de carreta o Sistema tipo Ranger).

4.3. Riego localizado

4.3.1. Riego por goteo

4.3.2. Fertirrigación

4.3.3. Microirrigación o microaspersión

4.3.4. Riego subterráneo o subirrigación

V. CUESTIONARIO

1. Definir los siguientes conceptos: (a) Uso consuntivo. (b) Evapotranspiración. (c) Capacidad de campo. (d) Punto de marchitez permanente. (e) Agua higroscópica. (f) Agua capilar. (g) Agua gravitacional. (h) Técnica de riego. (i) Método de riego. (j) Sistema de riego.
2. Señalar las ventajas y desventajas de los sistemas de riego observados.
3. Explicar el ciclo hidrológico; cómo influye en la agricultura y cómo se modifica con la realización de esta actividad productiva.
4. Indicar con detalle los recursos hídricos con los que cuenta México.

5. Explicar de qué manera puede usarse racionalmente el agua en la agricultura.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Armoni, S. 2004. El Riego por Goteo. Estado de Israel. M. A. Centro de Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola. 100p.
- Booher, L. 1994. El Riego Superficial. Cuadernos de Fomento Agrícola. FAO. # 5. ROMA. 161 p.
- Boswell, M. J. 1998. Manual de Diseño y Manejo de sistemas de Micro-Irrigación. 2da. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 290 p.
- Fuentes Y., J. L. 1996. Técnicas de riego. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. 470 p.
- Garcia, C. I. y Briones, S. G. 1999. Sistemas de Riego por Aspersión y Goteo. 1ra. Edición. Editorial Trillas. España. México.
- Gurovich. L. 1995. Fundamentos y Diseño de Sistemas de riego. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. San José. Costa Rica. 435 p.
- James, L. G. 2006. Principles of Farm Irrigation–System design. John Wiley & Sons. Inc. USA. 453 pp.
- Levine, G. y Garcés-Restrepo, C. 1999. El desempeño de 10 sistemas de riego y sus implicaciones para la agricultura mexicana. IWMI, Serie Latinoamericanas No.1. Instituto Internacional del Manejo del Agua. México, D.F., 25 pp.
- Matta C., R. 2003. Instalación, manejo y mantención de sistemas de riego presurizado. Departamento de Riego y Drenaje. Departamento de Proyectos. Facultad de Ingeniería Agrícola. Comisión Nacional de Riego. Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 18 pp.
- Millar, A. A. 2008. Manejo de Agua y Producción Agrícola. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Oficina en Chile. 556 p.
- Rodríguez S., F. 2005. Riego por Goteo. A. G. T. Editor, S. A. México, D. F. 158 pp.
- Stewart, B. A. y Nielsen, D. R. 2000. Irrigation of Agricultural Crops. ASA, CSSA, SSSA Publishers. Monograph N° 30. Madison, Wisconsin, USA. 218 pp.
- Wiyhers, B. y Vipond, S. 2008. El riego, diseño y práctica. 18. Edición. Editorial Diana. México, D. F. 306 pp.

ABONOS, FERTILIZANTES Y CÁLCULO DE FÓRMULAS

Eleuterio E. Estrada Ramírez[†]

I. INTRODUCCIÓN.

Todo terreno sometido a cultivos sucesivos, tiende a disminuir su fertilidad y con ello, el rendimiento en cada ciclo, si no se le restituyen los nutrientes absorbidos por las plantas y extraídos por el agricultor en cada cosecha. A raíz de esto, se ha hecho necesaria la práctica de fertilización o abonado. Para su óptima nutrición, crecimiento y desarrollo, las plantas cultivadas requieren de 16 elementos, considerados esenciales. Esto quiere decir, que son sustancias imprescindibles e insustituibles por otros elementos, en sus funciones nutricionales. Los elementos esenciales se clasifican en primarios, secundarios y oligoelementos.

Se consideran elementos primarios: Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Los primeros tres, pueden ser obtenidos por las plantas del agua y del aire. En cambio los tres siguientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, las plantas los toman del suelo, y cuando hay carencia o insuficiencia de ellos, deben ser suministrados por el hombre. Estos tres elementos primarios, son requeridos por los cultivos en cantidades considerables, tanto que, a veces, rebasan las centenas de kilogramos de material técnico por hectárea y, por ello, se les llama elementos mayores.

A la vez, se llama elementos secundarios a: Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), que las plantas obtienen del suelo; y, en caso de deficiencias, se suministran a los cultivos como constituyentes de productos comerciales con que se aplican los elementos mayores, tales como sulfatos y fosfatos de calcio o, directamente, aplicando dolomita, que es rica en este último elemento y en magnesio.

Se llama elementos menores, oligoelementos o micronutrientes a: Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Boro (B) y Cloro (Cl), que son requeridos por las plantas en cantidades mínimas, hasta en partes por millón (ppm) por hectárea.

El éxito al usar abonos, depende de: la elección apropiada y correcta aplicación de los mismos, considerando las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, las necesidades del cultivo y el clima, destacando, el régimen de humedad. De lo anterior, se desprende que los abonos son sustancias con las que se fertilizan los suelos para suministrar los nutrientes esenciales a las plantas cultivadas. Los abonos pueden ser orgánicos e inorgánicos.

Los abonos orgánicos son toda una gama de sustancias, entre las que se cuentan: residuos de cosechas, excretas de animales domésticos (bovino, caprino, porcino, equino, gallinaza y pollinaza) o silvestres (guanos de murciélago y de aves marinas), desechos industriales (tortas de oleaginosas, vinazas, cachazas, cascarillas de café y de arroz, etc.) y, los llamados abonos verdes (plantas cultivadas, preferentemente leguminosas como trébol, chícharo o ebo, para incorporarlas al suelo como abono, pues son materia orgánica de fácil transformación en nutrientes asimilables por los cultivos, por el importante aporte de N₂ que fijan de la atmósfera, antes de su

incorporación al suelo). Las compostas, son depósitos de materia orgánica que son sometidas a descomposición y, posteriormente, se incorporan al suelo. En general, los abonos orgánicos son utilizados como la más rica y variada fuente de nutrientes y como mejoradores de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Sus principales características se indican a continuación: (1) Como fuente de nutrientes son muy completos (contienen una diversidad de ellos, aunque en baja concentración), pero con un poder residual de varios años. (2) Son mejoradores de las características físicas del suelo, especialmente de la estructura, haciendo menos pesadas y difíciles las labores de manejo. (3) Son mejoradores y reguladores de las propiedades y de las reacciones químicas del suelo, dado que, al descomponerse, aportan CO₂ y ácidos orgánicos que liberan y hacen asimilables, por las plantas, a ciertos elementos, que frecuentemente se encuentran adsorbidos o fijados por las partículas del suelo. Ello ayuda a bajar el pH en suelos con altos contenidos de bases. (4) Como mejoradores de las propiedades biológicas del suelo constituyen una rica fuente de alimento para los microorganismos que lo habitan y cuya función primordial es descomponer la materia orgánica y liberar los nutrientes que contiene, para que sean asimilados por las plantas. Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición media de estiércoles frescos de diferentes animales domésticos (como porcentaje de la materia seca).

Nutriente	Vacunos	Porcinos	Caprinos	Conejos	Gallinas
Materia orgánica (%)	48.90	45.30	52.80	63.90	54.10
Nitrógeno total (%)	1.27	1.36	1.55	1.94	2.38
Fósforo asimilable %P ₂ O ₅ ,)	0.81	1.98	2.92	1.82	3.86
Potasio (K ₂ O, %)	0.84	0.66	0.74	0.95	1.39
Calcio (CaO, %)	2.03	2.72	3.2	2.36	3.63
Magnesio (MgO, %)	0.51	0.65	0.57	0.45	0.77

Por su parte, los abonos minerales o inorgánicos, comúnmente llamados abonos químicos o fertilizante, son más utilizados para corregir las deficiencias nutricionales de los suelos, que se manifiestan, ya sea en los análisis químicos de los mismos, o en las plantas de los cultivos establecidos. Principalmente se caracterizan: (1) Por ser de acción rápida en la corrección de las deficiencias nutricionales. (2) Por las altas concentraciones de los nutrientes esenciales que contienen. (3) Su período de residualidad es muy corto, con relación a los orgánicos. (4) Si no se aplican en forma adecuada y necesaria, pueden causar trastornos en las plantas y en la fertilidad del suelo. (5) Las dosis aplicables dependerán de las características del suelo, de la especie y variedad de las plantas de cultivo, así como del clima.

Entre los abonos químicos, los hay simples y compuestos. Entre los primeros, hay nitrogenados, fosfatados y potásicos; y, entre los segundos, los hay completos e incompletos. Los completos, contienen a los tres elementos mayores: N, P y K, mientras que los incompletos sólo contienen a dos de ellos.

II. OBJETIVOS.

1. Identificar diferentes tipos de abonos, naturales y sintéticos.
2. Analizar las propiedades físicas y químicas de los fertilizantes naturales y

sintéticos.

3. Aprender a calcular fórmulas y mezclas de fertilización.

III METODOLOGÍA.

1. A cada equipo de alumnos se le proporcionará una muestra de cada uno de los abonos disponibles.
2. Cada equipo identificará las características físicas y químicas de las muestras que se le proporcionen y las anotará en el Cuadro 2, anexo.
3. Cada equipo preparará la dosis correspondiente a la parcela que vaya a trabajar el grupo, conociendo el cultivo y la fórmula técnica que se aplicará.

IV. MATERIALES.

1. El grupo dispondrá de 10 muestras de 200 gramos, de cada uno de los siguientes abonos sintéticos.

Sulfato de Amonio	Nitrato de Calcio
Fosfonitrato de Amonio	Cloruro de Potasio
Urea	Fosfato Diamónico
Superfosfato de Calcio Simple	Triple 17 o Triple 25
Superfosfato de Calcio Triple	Sulfato de Magnesio
Sulfato de Potasio	Quelatos
Nitrato de Potasio	Nitrato de Sodio
Fosfato Monoamónico	Nitrato de Potasio
Nitrato de Calcio	Quelato de hierro
Sulfatos de Mg, Mn, Fe, Cu, Zn	Nitrofoska

2. El número de bolsas de plástico de 25 cm x 30 cm, que el profesor indique.
3. Balanzas granatarias.
4. Papel indicador de pH.
5. Frascos de vidrio tipo gerber.
6. Un cronómetro por equipo.

V. CUESTIONARIO

1. ¿En qué consiste la higroscopicidad de los fertilizantes?
2. ¿Cuál de los abonos sintéticos es el más y cuál, el menos higroscópico?
3. ¿Cuál es la diferencia entre el Superfosfato de Calcio Simple y el Superfosfato de Calcio Triple?
4. ¿En qué consiste la mineralización de la materia orgánica?
5. Detalle las ventajas y desventajas de los abonos naturales.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, R. M., Campanioni, N., Carrión M. y E. Peña. 1996. La materia orgánica y la producción de abonos orgánicos. Seminario – Taller Regional. “La Agricultura Urbana y el Desarrollo Rural Sostenible”. La Habana. p. 49 – 56.
- Andrade, F. H., Echeverría, H. E., González, N. S. y Uhart, S. A. 2002. Requerimientos de nutrientes minerales. *In*: Andrade F, Sadras V (Eds). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. 450 pp.
- Ávila, D. J. A. 2001. El mercado de los fertilizantes en México. Situación actual y perspectivas. *En*: Problemas del desarrollo IIEc-UNAM. 32 (127): 1-19.
- Castellanos R., J. Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México. 11 PP.
- Domínguez, V. A. 1997. Tratado de Fertilización. 3ra. Edición. Mundi Prensa. Madrid, España. 613 pp.
- García, M. V. y Costilla, M. N. L 2008. Factibilidad técnico económica para la elaboración de mezclas de fertilizantes para papa y maíz en el valle de Toluca, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario UAEM, Temascaltepec. Temascaltepec, México. 79 p.
- Guerrero R, R. 2001. Fundamentos técnicos para la fertilización de cultivos. *In*: Silva, M.F., ed: Fertilidad de Suelos, diagnóstico y Control. 2ª. Ed. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 247-137 pp.
- Irañeta, J., Sánchez, L., Malumbres, Á., Torrecilla, J. y Díaz, E. 2011. Abonos minerales: tipos y uso. Agricultura fertilización y medio ambiente. Navarra Agraria. España. 10 pp.
- Kidder, G. y Espinoza L. 2000. Fertilidad de Suelos y el Uso de Fertilizantes: Un Curso Corto en Cinco Sesiones. Departamento de Suelos y Agua, Servicio de Extensión Cooperativa, Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentarias, Universidad de Florida. 22 pp.
- Linzaga E., C. y Escalante E., L. E. 1997. Fertilización Química. *En*: Tópicos Académicos Uno. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala, Guerrero. México. pp. 11-19.
- López Martínez, J. D. y Díaz Estrada, J. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra* 19(4): 293-299.
- Muñoz A. R. 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. pp. 293-304 *in* Fertilidad de suelos, diagnóstico y control (M.F. Silva, ed.). Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Santafé de Bogotá. Colombia.

Cuadro 2. Concentrado de las características de algunos fertilizantes.

Fertilizante	Concentración	Fórmula	Color	Olor	Estructura	Solubilidad	Higroscopicidad	Densidad	pH
Amoniaco Anhidro									
Urea									
Fosfonitrato de Amonio									
Sulfato de Amonio									
Superfosfato de Calcio Triple									
Superfosfato de Calcio Simple									
Cloruro de Potasio									
Sulfato de Potasio									
Nitrato de Potasio									
Nitrato de Calcio									
Nitrato de Sodio									
17-17-17									
15-15-15									
25-25-25									
18-46-00									
11-46-00									
Sulfato de Zinc									
Sulfato de Magnesio									
Sulfato de Manganese									
Sulfato de Fierro									
Sulfato de Cobre									
Quelato de Fierro									
Nitrofoska									

CALIBRACIÓN DE EQUIPO PARA LA APLICACIÓN DE PESTICIDAS

José Cruz Salazar Torres
Rogelio Álvarez Hernández

I. INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre empezó a practicar la agricultura, ha entablado una lucha constante contra las plagas, malezas y enfermedades, las cuales han sido un obstáculo para la producción y preservación de sus alimentos. Esta lucha la ha dado en forma manual, mecánica, cultural y biológica, hasta llegar al uso de sustancias químicas.

El concepto de plaguicida, en este caso, se aplica a toda sustancia empleada para combatir a los organismos considerados agentes causales de los problemas agrícolas, pecuarios o forestales, y humanos inclusive, consistentes en el abatimiento o pérdida de las cosechas y de la salud, por las enfermedades o daños que ocasionan.

El desarrollo de los equipos y métodos de aplicación de plaguicidas se originó con el uso inicial de los plaguicidas naturales para la protección de los cultivos. No obstante, con la aparición de los productos sintéticos, se tuvo la necesidad de utilizar instrumentos eficientes para la colocación de estas sustancias en el objetivo; por lo que, a través del tiempo se han ido diseñando nuevos equipos con el propósito de depositar eficazmente las sustancias activas sobre el objetivo donde tendrán su acción o desde donde se podrán mover para llevar a cabo su actividad biológica.

Antes de realizar una aplicación de plaguicidas se requiere considerar otros métodos de control de las plagas, y si se elige el uso de los productos químicos o alternativos, se debe tomar en cuenta el cultivo, la plaga y el plaguicida; de lo contrario, al no realizar una buena aplicación del plaguicida se tendrá un mal control, se incrementan los costos de producción, se reduce la producción, o se contamina el ambiente.

Antes de efectuar la aplicación de cualquier plaguicida se debe considerar lo siguiente: a) Que el producto seleccionado sea eficaz para controlar el problema que se tenga, que no cause daños a otros seres vivos y que no contamine el ambiente, b) Usar del equipo adecuado y que esté bien calibrado, con el propósito de colocar el producto en el lugar más propicio, a la dosis y cobertura suficiente para proporcionar buen control, c) La aplicación debe realizarse en las horas más apropiadas, para asegurar el mayor contacto del plaguicida sobre el objetivo, y d) Realizar la aplicación en la época y momento oportuno considerando siempre la relación beneficio-costeo de la aplicación.

II. OBJETIVOS

1. Identificar los principales problemas fitosanitarios en el cultivo donde se realizará la práctica.
2. Comprender el contenido de la etiqueta de diferentes pesticidas según el problema para el que fueron desarrollados.

3. Describir diferentes equipos para la aplicación de pesticidas.
4. Colocar la cantidad suficiente de ingrediente activo del plaguicida para que lleve a cabo su acción biológica.

III. METODOLOGÍA

1. Identificación de las principales plagas de los cultivos, mediante muestras colectadas en el sitio y otras previamente preparadas.
2. Se mostrarán algunos pesticidas para su identificación.
3. Se hará una demostración de los métodos de calibración de algunos de los implementos mencionados en la práctica.
4. Finalmente, se calibrará y aplicará un pesticida en el cultivo que se tenga establecido.

Previo a la aplicación. Antes de usar un producto se debe leer cuidadosamente la etiqueta y seguir las instrucciones allí indicadas. Ya que la etiqueta es la principal fuente de información del usuario y reúne la información técnica, instrucciones de uso y recomendaciones.

Clasificación	Color de la etiqueta
I: Extremadamente tóxico	Rojo (DL50: 5 – 50 mg/Kg)
II: Altamente tóxico	Amarillo (DL50: 50 – 500 mg/Kg)
III: Moderadamente tóxico	Azul (DL50: 500 – 5000 mg/Kg)
IV: Ligeramente tóxico	Verde (DL50: 5 – 15 g/Kg)

Nota. La DL50 se refiere a la dosis letal media, que se corresponde con la cantidad de plaguicida capaz de causar la muerte al 50% de los individuos que constituyen el lote del ensayo.

En la preparación de la mezcla se debe utilizar la dosis recomendada en la etiqueta, preparar solo la cantidad de mezcla que se utilizará y utilizar todos los elementos de protección indicados.

Antes de agregar los plaguicidas al agua que se usará en la mezcla de aspersión, debe revisarse la calidad de ésta, en algunos casos cuando sea alcalina, será necesario acidificarla; si es dura (más de 320 ppm de cationes), será conveniente agregarle ablandadores para evitar que parte del ingrediente activo sea inactivado. Posteriormente, habrá que revisar que las gotas se extiendan y formen películas, de no ser así, las gotas resbalarán y se perderán. Comúnmente la cera cuticular de las hojas de las plantas, ocasiona repelencia hacia el agua que es usada como vehículo, haciendo que las gotas conserven su forma esférica, no se extiendan y escurran. El tipo y cantidad de pelos existentes sobre la superficie de las hojas dificultan también el mojado. Los surfactantes o tensoactivos con propiedades humectantes, puede hacer que los líquidos asperjados reduzcan su tensión superficial, y con ello las gotas disminuyan su ángulo de contacto y se extiendan formando una película sobre las superficies.

Durante el proceso de la aplicación. Se debe verificar el buen funcionamiento y limpieza de todos los componentes del equipo de aplicación y su adecuada

regulación. Asimismo se deben observar las condiciones atmosféricas prevalecientes, particularmente el viento, mismo que puede ser causa de deriva de los productos, por lo que se recomienda no aplicar con vientos superiores a 6.8 Km./HR; o no aplicar ningún producto cuando se considere inminente la lluvia y se recomienda aplicar preferentemente por la mañana; también se debe verificar el buen funcionamiento del equipo de aplicación.

Posterior a la aplicación. Después de la aplicación se recomienda llevar a cabo las siguientes medidas de seguridad: respetar el tiempo de reentrada al área tratada, nunca guardar equipo con mezcla sobrante, hacer la limpieza del equipo; para este fin debe llenar el tanque con agua y adicionarle detergente, esta operación se debe realizar por lo menos dos veces, posteriormente remover los filtros y boquillas, limpiarlos y nunca soplarlos con la boca.

Los envases de los productos plaguicidas nunca deben ser utilizados para contener agua para el consumo humano o de animales o para contener alimentos para personas o ganado. Los envases deben ser sometidos a la metodología del triple lavado.

Finalmente, la higiene del personal es de vital importancia, por lo que a continuación se indican algunas medidas básicas de seguridad: (1). Lavarse las manos y cara antes de comer, beber o fumar. (2). No comer, beber ni fumar cuando se trabaja con los plaguicidas. (3). No tocarse la cara u otra zona del cuerpo con guantes o manos sucias. (4). Lavarse cuidadosamente con abundante agua y jabón inmediatamente después de finalizar el trabajo. (5). Lavar minuciosamente con abundante agua y jabón la ropa de trabajo. Esto debe realizarse necesariamente después de cada aplicación.

Los equipos para la aplicación de pesticidas son variados: aspersoras, espolvoreadoras, distribuidoras de productos granulados entre otros. A continuación se describen y reseñan las formas de calibración de algunos de éstos, así como la selección de las boquillas.

1. Aspersora de mochila manual. Es el equipo más utilizado por la mayoría de agricultores con pequeñas superficies de cultivo (1 a 10 hectáreas). Constan de un tanque de metal o plástico con capacidad de 10 a 15 L, una bomba de pistón o de diafragma, manguera con llave de paso y lanza con boquilla. Generalmente presentan una sola boquilla, pero se pueden adaptar aguilonos de dos a cuatro boquillas para lograr anchos de banda de hasta de 3 m. Las boquillas son de diferentes tipos y varían en el material de que están hechas, el espectro de gotas que forman, su gasto de líquido asperjado.
2. Aspersora de mochila motorizada. Funciona bajo el mismo principio que la aspersora manual, sólo que en este caso, la palanca manual ha sido sustituida por un motor de gasolina para mover la bomba. Con este tipo de equipo es posible tratar áreas más grandes, asperjar sobre franjas más anchas en cada pasada o alcanzar el follaje de árboles altos; además, se pueden instalar aguilonos grandes que son operados por dos personas.
3. Aspersora montada al tractor. Los componentes básicos de este tipo de equipo son: tanque para la mezcla de aspersión, bomba, sistema de agitación,

regulador de presión, manómetro, llave de paso, mangueras de conducción, aguilón y boquillas. Los tanques deben tener capacidad suficiente para el uso que se les va a dar, ser fáciles de llenar y limpiar por dentro y resistir la corrosión; los más empleados son de plástico, acero inoxidable y fibra de vidrio. Las bombas pueden ser de diafragma, pistón, rodillos o centrífugas; las dos primeras aunque son las más caras, tienen más versatilidad de usos, ya que alcanzan altas presiones e impulsan considerable flujo de aspersión; las de rodillos y centrífuga bombean suficiente caudal de líquido, sin embargo, no alcanzan altas presiones. El regulador de presión, manómetro y llave de paso, son indispensables para el buen funcionamiento y adecuada calibración del equipo.

A. Aspersora de mochila de acción manual.

1. Calibración estática. Consiste en:

- 1.1. Determinar la descarga en Lt/min de una o de varias boquillas. Para ello se requiere que el bombeo sea uniforme y disponer de un Manómetro para regular la presión.
- 1.2. Calcular la tasa de aplicación, una vez conocida la descarga. Para ello es necesario determinar la anchura de la faja de trabajo en metros y la velocidad de avance en m/min uniformizando el paso.

2. Calibración dinámica o de campo.

Primera fase.

- 1.1. Avanzar asperjando.
- 1.2. Bombear uniformemente sobre una superficie conocida.
- 1.3. Determinar el gasto aplicado en esa superficie.
- 1.4. Extrapolar el gasto para una hectárea.

Segunda fase.

- 1.5. Marcar un área de 25 m² y seguir los pasos anteriores.

B. Aspersora montada al tractor.

1. Método del minuto por boquilla.

- 1.1. Verificar el buen funcionamiento del equipo.
- 1.2. Llenar el tanque con aproximadamente 200 l. de agua.
- 1.3. Seleccionar las revoluciones por minuto (r.p.m.) que se utilizarán durante la aplicación.
- 1.4. Verificar el funcionamiento de todas las boquillas y que el abanico esté en un ángulo menor de 10° con relación al aguilón.

Verificar con un balde, una por una, las boquillas durante un minuto, y todas deben tener la misma cantidad de flujo. Aquellas cuya diferencia sea mayor de 10% deben reemplazarse.

2. Método de Campo.

- 2.1. Llenar el tanque con agua y marcar el nivel.

- 2.2. Marcar el sitio donde el tractor esté parado, tomando como base la posición de las ruedas.
- 2.3. Medir 250 m en el terreno donde se vaya a asperjar o en un terreno similar.
- 2.4. Accionar el tractor y el equipo.
- 2.5. Llenar el tanque hasta el nivel inicial y anotar el agua requerida.
- 2.6. Ajustar la altura del aguilón.
- 2.7. Verificar periódicamente la calibración.

C. Espolvoreadoras.

1. Medir una superficie de 200 m²
2. Llenar la tolva con el pesticida en polvo y ajustar el regulador de alimentación para el coeficiente de aplicación deseado.
3. Espolvorear el área medida y conducir el tractor a velocidad constante.
4. Volver a llenar la tolva con el producto en polvo previamente medido. Estimar el gasto y referirlo a la superficie previamente medida. Calcular el gasto en kg/ha.

D. Aplicadora de productos granulados.

1. Dado que la cantidad de productos granulados aplicados generalmente es baja, que oscila alrededor de 10 kg/ha, se recomienda recorrer una distancia suficiente, no menor de 50 m durante la calibración, para recoger una muestra significativa.
2. Para estimar cuánto disminuye la cantidad de producto por superficie tratada en una aplicación en bandas, respecto a la aplicación general, se hace con la siguiente ecuación:

$$\text{Kg/Ha} = \frac{\text{Ancho de banda (cm)}}{\text{Distancia entre filas (cm)}} \times \text{Kg/Ha (aplicación general)}$$

E. Pasos para la calibración.

1. Ajustar el orificio o mecanismo distribuidor según las recomendaciones del fabricante o en su defecto, tomar un punto arbitrario como referencia.
2. Recorrer una distancia determinada a la velocidad normal del trabajo.
3. Recoger de cada orificio de salida, el producto aplicado; pesar cada una de las muestras, todas las cuales deben ser iguales y juntarlas.
4. La muestra compuesta representa el gasto.
5. Calcular el área tratada con la siguiente ecuación:

$$St = Ab \times Ns \times Db$$

Donde: St = Superficie tratada en m²
 Ab = Ancho de banda en m
 Ns = Número de salidas
 Db = Distancia recorrida en m

6. Calcular el peso en kg/ha aplicado, refiriendo el gasto obtenido en la superficie de calibración, ajustándolo a una hectárea.
7. Reajustar y recalibrar hasta obtener el gasto deseado.

IV. MATERIALES

Muestras de plagas	Espolvoreadora
Dos mochilas aspersoras, manuales	Muestras de pesticidas (insecticidas, funguicidas, herbicidas, etc.) granulados, líquidos, polvos.
Mochila aspersora, de motor	
Aspersora montada al tractor	

V. CUESTIONARIO

1. Señale y explique los criterios que utilizaría usted para el control de una plaga.
2. Describa los diferentes métodos de control de plagas, la maquinaria y equipo utilizados, así como su calibración, en su región de procedencia.
3. Investigar los precios de los pesticidas más comúnmente utilizados en el combate de plagas de los cultivos más importantes del área de influencia de Chapingo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Huerta, P. R. A. 1979. Introducción a la Entomología Agrícola. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 115 pp.
- INIA. 1981. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Área de Influencia del Campo Agrícola Experimental Valle de México. CIAMEC. INIA. SARH. Chapingo, México. 135 pp.
- Metcalf, C. L. Y W. P. Flint. 1980. Insectos destructivos e Insectos útiles. Sus costumbres y su Control. 13ª. Impr. Ed. CECSA. México. 1208 pp.
- N.A.S. 1980. Manejo y control de plagas de insectos. Vol. III. Ed. Limusa. México 522 pp.
- O'Farrill, N. H. 2004. Aplique los plaguicidas correctamente: Manual para gricultores. Universidad de Puerto Rico. Colegio de Ciencias Agrícolas. Servicio de Extensión Agrícola. 66 pp.
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). 2000. Manual Técnico: Uso y Manejo Seguro de Plaguicidas en el Cultivo de Piña. Panamá. 33 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Guías sobre Buenas Prácticas para la Aplicación Terrestre de Plaguicidas. Roma, Italia. 25 pp.
- Pacheco, M. F. 1970. Plagas del Valle del Yaqui. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste. Circular CIANO No. 53. Ciudad Obregón. Sonora. México. 124 pp.
- Urzúa, S. F. 1989. Equipos y técnicas de aplicación de plaguicidas. Departamento de Parasitología Agrícola, UACH, Chapingo, México. 283 p.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE COSECHA

Eleuterio E. Estrada Ramírez[†]

I. INTRODUCCIÓN

La operación de la cosecha, consiste en recolectar o recoger del terreno, los productos de los cultivos establecidos en él, constituye el último momento del proceso de trabajo directo en el campo y, con ello, al obtener el producto, el agricultor espera ver cumplidos y premiados todos sus esfuerzos. Sin embargo, esta actividad, así como la siembra misma, si no se efectúa de manera apropiada, puede verse malograda y frustrar en el último momento, todo el proceso agrícola y el tan esperado beneficio para el productor.

Para que la cosecha sea una operación exitosa, es necesario tomar en cuenta y considerar, ciertos criterios o factores que permitan obtener la producción en el momento más oportuno y, cubrir la demanda del mercado con la calidad que exigen los consumidores. Tales criterios deben ser, por una parte, de índole biológico, inherente al grado de crecimiento y desarrollo alcanzado por el cultivo y su parte aprovechable para el consumo; y, por otra, criterios de índole, tanto técnico-operativa, como económica.

En lo que respecta a los criterios biológicos, se deben considerar el crecimiento y desarrollo alcanzados por el cultivo, que, según la especie, el objeto y destino que se le vaya a dar a la producción, será el grado de madurez que deba buscarse para efectuar la cosecha. En función de ello, se conocen la madurez comercial o Incompleta y la madurez fisiológica o completa. La primera, consiste en el grado de desarrollo alcanzado por la planta y que, por el carácter del cultivo, la demanda del mercado acepta la producción, aún sin haber concluido su ciclo biológico, y de ahí que sea Madurez Incompleta. Tal es el caso de los productos perecederos como las frutas frescas y las hortalizas. La madurez fisiológica, en cambio, es el estado de desarrollo alcanzado por las plantas en que sus frutos o semillas ya son capaces de germinar y dar origen a nuevos individuos, por ello se le denomina madurez completa. En este estado, deben cosecharse los granos y semillas como: maíz y cereales de grano pequeño, así como el frijol, la soya y otros.

La oportunidad de efectuar la cosecha, es determinante para lograr los objetivos de la empresa. Sin embargo, también hay que considerar los factores técnico-operativos; es decir, los métodos, técnicas y recursos de que disponga el agricultor para efectuar la operación, y que pueden coadyuvar, tanto en la oportunidad, como en la calidad de la producción y, repercutir, finalmente, en su economía. De acuerdo con todo ello, la operación de la cosecha puede efectuarse, tanto manual como mecánicamente, según el tipo de cultivo, el destino de la producción y la capacidad económica del productor.

II. OBJETIVOS.

1. Apreciar la madurez comercial y fisiológica con que se efectúa la cosecha.
2. Observar los métodos de cosecha empleados en los cultivos establecidos en el Campo San Ignacio.

3. Participar en la cosecha de los cultivos establecidos en el Campo San Ignacio

III. METODOLOGÍA.

1. Explicar los métodos, técnicas y objetivos de las labores de precosecha y cosecha, según el cultivo de que se trate.
2. Hacer una demostración de la forma de realizar la cosecha.
3. Explicar las prácticas de postcosecha del cultivo en cuestión.
4. Efectuar la cosecha de los cultivos que se establezcan en el Campo San Ignacio.

IV. MATERIALES.

1. En la cosecha de los cultivos que se establecen en el campo San Ignacio, el Profesor indicará oportunamente qué materiales deban utilizarse.
2. Como la práctica de cosecha también se realiza en las parcelas de los campesinos durante el Viaje de Estudios, los materiales y equipo que se utiliza son diversos. Dependerá del cultivo, del propósito del mismo, e incluso, de la disponibilidad de recursos del agricultor.

V. CUESTIONARIO

1. ¿Qué importancia tiene la labor de la cosecha desde los puntos de vista: técnico, económico y social.
2. Documentar y explicar cada uno de los parámetros o indicadores para efectuar la cosecha de los siguientes cultivos: maíz para forraje, maíz para elote, maíz para grano, frijol para ejote, frijol para grano, col, coliflor, lechuga, arroz, caña de azúcar.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Cantwell, M. 1999. Características y recomendaciones para el almacenamiento de frutas y hortalizas. University of California, Davis. (En línea). Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Storage/spana.html>. (Consultada el 12 de julio de 2011)
- FAO. 1997. Manual para el mejoramiento del manejo postcosecha de frutas y hortalizas. Parte I. Cosecha y empaque. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 96 pp.
- Gast, K. L. 1994. Harvest maturity indicators for fruit and vegetables. Cooperative Extension Service, Kansas State University, MF-1175. 7 pp.
- Hernández Estrada, M. A., Armario Aragón, D., González Díaz, L., Jacomino Fernández, L. de la Nuez Figueroa, A. y Oliva Valdés. M. 2003. Momento óptimo de cosecha en el clon de plátano "Burro Cernisa". Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Centro Agrícola Villa Clara, Santo Domingo, República Dominicana. 15 pp.
- Obrador, R. J. 1994. Cosecha de granos: trigo, maíz, frijol y soya. Serie: Tecnología Postcosecha 2. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

- Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA—Estación Experimental "La Platina". Santiago, Chile. 45 pp.
- Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. 2008. Informe final del proyecto: Diagnóstico y propuestas de acciones para hacer más eficientes las operaciones del proceso cosecha transporte abasto. SIAP-SAGARPA – CP. 77 pp.
- Pozzolo, R. O. y Ferrari, H. J. Arroz. 2008. Eficiencia de cosecha y postcosecha. Manual Técnico N° 5. INTA – EEA. Manfredi (Cba.) Argentina. 35 pp.
- Romero, F., Martínez, M. C., Madrid, M. T. 2008. Factores de precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. Departamento de Tecnología de Alimentos, CEBAS-CSIC, Murcia, España. 6 pp.
- Rondanini, D., Savin R. y Hall, A. J. 2008. Madurez fisiológica en girasol: su relación con el porcentaje de humedad del fruto. IFEVA, CONICET/Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina. 2 pp.
- SIMA. 2006. Monografías de productos agropecuarios. Sistema de Información Municipal Agropecuario. Dirección de Comercialización Agropecuaria. Subsecretaría de Comercialización. Secretaría de Desarrollo Rural. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 114 pp.
- University of California. Davis. 2009. Recomendaciones para mantener la calidad de postcosecha. Postharvest Technology. Research & Information Center. Department of Plant Science. (En línea). Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/MelonCantalo upe.shtml> (Consultada 15 de Julio de 2011).

LA COMERCIALIZACIÓN AGRÍCOLA

Eleuterio E. Estrada Ramírez[†]

I. INTRODUCCIÓN

Después de que se ha concluido el proceso técnico de la producción agrícola y se ha cosechado el producto, se realiza la comercialización del mismo. Con ello la producción agrícola en sí, cumplirá su función social y satisfará el consumo. Para ello, es preciso que se realicen las etapas de la distribución y el intercambio: la comercialización de la cosecha convertida en una mercancía, en un bien social. Para entender este proceso, es importante considerar dos de sus principios básicos: uno es el mercadeo, representado por los canales de comercialización, Cuadro 1 y el otro, lo constituyen las leyes que rigen los precios de las mercancías; es decir, las leyes de la oferta y de la demanda.

El mercadeo, que está constituido por el conjunto de operaciones por las que pasa la mercancía (cosecha), desde el productor hasta el consumidor, así como el comportamiento de la oferta y la demanda, en México está altamente distorsionado. Esto se debe a diversos factores, tanto internos como externos. Entre los primeros, se encuentran el intermediarismo, acaparamiento y coyotaje; y, entre los segundos, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) firmado por México con Estados Unidos y Canadá y en un ámbito mayor, el fenómeno conocido vulgarmente como la “globalización de la economía mundial”. Todo ello provoca incertidumbre en el comportamiento de los precios de los productos y una mayor complejidad en la comercialización.

El proceso de la comercialización se inicia desde el momento en que el productor ofrece su producción (su cosecha) y concluye cuando ésta es adquirida por los consumidores. La producción se somete a las relaciones del mercado, donde es ofrecida y adquirida a determinados precios.

Por su amplitud, los mercados se clasifican en locales, regionales, nacionales e internacionales; y por los productos o tipo de mercancías que en ellos se expende, los hay de hortalizas, de cereales, de frutas y, en fin, de muchos otros productos y de muy diversa índole. De manera general, al mercado se le define como: “el conjunto de las relaciones económicas entre un grupo de oferentes y demandantes, relaciones de intercambio, de compra y de venta”.

Por el número de vendedores y de compradores que ocurren y participan en el mercado, se pueden distinguir las formas que se expresan en el Cuadro 1.

Además de estas formas principales de mercado, se pueden imaginar muchas otras, intermedias. Y a cada forma de la oferta, se puede oponer una de las formas de la demanda.

Cuadro 1. Formas de mercado por el número de vendedores y compradores.

Oferta	Demanda
Monopolio. Cuando sólo existe un vendedor	Monopsonio. Cuando sólo existe un comprador
Oligopolio. Cuando entre pocos vendedores se distribuyen el mercado	Oligopsonio. Cuando existen pocos compradores
Polipolio. Cuando existen muchos vendedores	Polipsonio. Cuando existen muchos compradores

Sin embargo, la clasificación cuantitativa de oferentes y demandantes, no explica satisfactoriamente el grado de concurrencia, que más bien depende de la conducta de unos y otros, y no sólo de su número. Por ejemplo:

1. Un oferente actúa monopolísticamente, cuando piensa, o sabe, que sus ventas únicamente dependen del precio que él mismo fija, y de cómo reaccionan los compradores ante ese precio.
2. Un oferente actúa oligopolísticamente, cuando sabe, o supone, que sus ventas también dependen de los precios de otros oferentes, y que éstos, reaccionan ante las variaciones.
3. Finalmente, un oferente se comporta polipolísticamente, si considera que sus ventas no sólo dependen del precio por él fijado, sino también del precio de otros oferentes, pero no espera que éstos varíen sus precios cuando él mismo lo hace.

¿Pero qué son la oferta, la demanda y el precio?

La oferta, es la cantidad de productos que los diferentes oferentes están dispuestos a vender a un determinado precio; y varía, en razón directa del cambio de los precios.

La demanda, es la cantidad de productos que los diferentes demandantes están dispuestos a comprar a un determinado precio, y también está sujeta a variaciones o cambios debidos a ciertos factores.

Por último, el precio, surge de la relación económica y de las decisiones que en un mercado se den entre ambos grupos, de oferentes y demandantes; o sea, que está determinado por la oferta y la demanda. Por ello se dice que el precio es el resultado del mercado.

El movimiento de los precios, indica a los productores agrícolas qué bienes producir y en qué cantidad producirlos. A la vez, los productores responden a las altas o bajas en los precios de los productos, aumentando o disminuyendo su producción. Y los cambios en los precios, dirigen u orientan la producción agrícola hacia los productos que más demanda tienen entre los consumidores. Los precios también pueden orientar o dirigir los productos a las regiones de mayor demanda, debido a las diferencias regionales de las mismas.

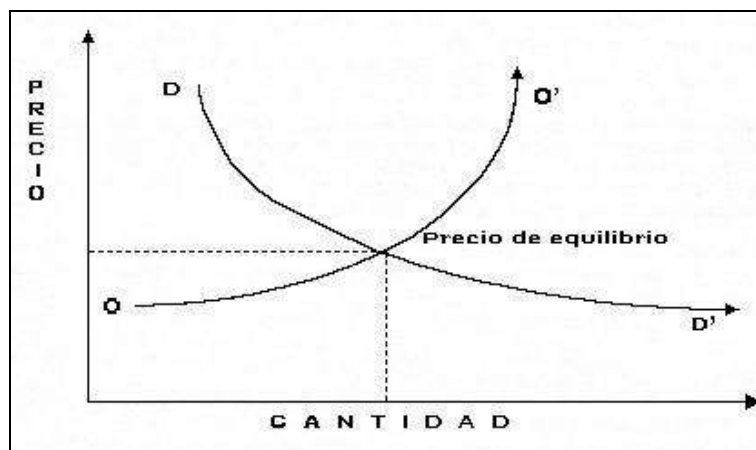


Figura 1. Curvas de oferta y demanda cuya intersección ilustra el precio de equilibrio.

Como se ve, en un sistema de coordenadas rectangulares se pueden construir, tanto la curva de la oferta, como la de la demanda. La primera corre de la parte inferior izquierda a la superior derecha (OO'), lo que significa que a medida que los precios ascienden, hay un mayor número de oferentes dispuestos a vender su mercancía. Por el contrario, la curva de la demanda se mueve de la parte superior izquierda a la inferior derecha (DD'), lo que indica que a precios bajos, siempre habrá un número mayor de demandantes dispuestos a comprar, no así cuando los precios son elevados. "Específicamente, una curva de demanda muestra las cantidades máximas de un bien (o producto) que serán compradas a un precio alternativo durante un período (determinado)". De acuerdo con esto, en el punto de intersección de ambas curvas, se hallará el Precio de equilibrio; o sea, el precio a que los oferentes están dispuestos a vender cierta cantidad de productos y los demandantes, dispuestos a pagarlos.

El comportamiento, tanto de la oferta como de la demanda, está determinado por diversos factores, que las hacen inestables o muy variables. Así, se ve que la Oferta, está determinada por:

1. El precio del bien (o producto) de que se trate y el de aquellos por los que pueda ser sustituido. A esos se les conoce como bienes sustitutivos, que son satisfactores "completamente distintos del considerado (en un momento dado), pero que cumplen el mismo fin". Por ejemplo, cuando el pan de trigo, es sustituido por tortilla de maíz o la carne por productos derivados de soya. El maíz y la soya son bienes sustitutivos, del trigo y de la carne, respectivamente.
2. El precio de los medios de producción. Las variaciones en los precios de los insumos como: tierra, semillas, fertilizantes, maquinaria, pesticidas, mano de obra, etc., provocan fluctuaciones en los precios del producto final, que es la cosecha.
3. El nivel tecnológico de la producción. El empleo de los avances genéticos, en nutrición vegetal, en técnicas fitosanitarias, mecanización, y otras innovaciones tecnológicas, reduce los costos del producto final y repercute en el precio de mercado.

4. La estructura de la producción. Ciertas medidas de organización para la producción, que las empresas adoptan en el trabajo, a la postre influyen en la eficiencia de los factores de la producción y en los costos y precios de la misma. Por ejemplo, aumenta la eficiencia de los factores de la producción con el grado de preparación, calificación o especialización de la mano de obra y si los roles o niveles de responsabilidad, son claros y definidos.

La Demanda, a su vez, está determinada por:

1. La evolución o los cambios demográficos. Los movimientos migratorios y cambios poblacionales de una región o de un país, influyen en la demanda de ciertos satisfactores, aumentándola o disminuyéndola, según sea el caso.
2. Los cambios en el ingreso per cápita. Este factor se refiere a que las fluctuaciones de las percepciones económicas de la población consumidora, ya sea por concepto de sueldos o salarios u otras percepciones económicas, provoca variaciones en la demanda, aumentándola o disminuyéndola.
3. Cambios en los gustos y preferencias de los consumidores. Esto significa que los gustos y preferencias no son constantes, permanentes e inalterables, sino que históricamente cambian, al cambiar los hábitos alimenticios de la población por estímulos de muy diversa índole, principalmente publicitarios y de mercadotecnia.
4. Cambios o evolución de los precios, tanto del producto en cuestión, como de otros, sean sustitutivos o complementarios. Como se ha dicho, “son productos o bienes sustitutivos, aquellos satisfactores completamente distintos al producto considerado en un momento dado, pero que cumplen el mismo fin”. Además, debe entenderse que “dos productos son complementarios cuando la transferencia de recursos a uno de esos productos, y un aumento de su producción, es acompañada por un incremento en la producción del otro producto”.

El proceso de comercialización agrícola, reviste características alarmantes, pues está profundamente viciado; ya que antes de que la producción llegue del productor al consumidor, pasa por una larga cadena de intermediarios y acaparadores, hecho que aumenta los precios de manera desorbitante. Según Samuelson, a este fenómeno se le llama competencia imperfecta, caracterizada por el monopolismo en el comercio.

Esta situación también puede obedecer a:

1. Que por su carácter duradero o perecedero, los productos agrícolas reciben un manejo y un tratamiento diferencial, en el mercado. Por ejemplo, los productos duraderos, entre los que se cuentan los granos básicos como el maíz, el frijol, el trigo y otros, pueden ser almacenados por un período de tiempo razonable, ya sea para sortear los precios del momento o en virtud de que permiten regular el consumo. Por el contrario, los productos perecederos, como las frutas frescas y las hortalizas, no permiten un almacenamiento prolongado sin que antes entren en descomposición, por lo cual los precios registran drásticas fluctuaciones en lapsos o períodos de tiempo muy cortos, provocando gran inestabilidad e incertidumbre entre los productores.

2. Que algunos productos hortícolas, principalmente se destinan a la exportación, reduciendo la oferta de los mismos en el mercado nacional, generando drásticas fluctuaciones en los precios, beneficiando únicamente a los acaparadores e intermediarios, en perjuicio de los productores y los consumidores.
3. Que como algunos productos agrícolas se destinan a la Agroindustria, son objeto de acaparamiento para asegurar el abasto de materia prima, afectando la oferta para el consumo directo y elevando los precios.
4. Por último, un factor que influye en la comercialización, con graves repercusiones económicas para los productores, es que los precios de algunos productos como el café, el cacao, el algodón y el azúcar, entre otros, los establecen los grandes consorcios o corporaciones que controlan el mercado internacional de los mismos, como son la Bolsa Agropecuaria de Kansas y Chicago, en Estados Unidos.

Por todo lo anterior, se puede ver que la comercialización de la producción agrícola, como culminación del proceso de producción agrícola en general, reviste gran importancia, tanto económica como social.

II. OBJETIVOS.

1. Comprender la importancia de la comercialización de la producción agrícola.
2. Entender cómo influye la comercialización en el proceso agrícola.
3. Comprender el fenómeno de intermediarismo en la comercialización.

III. METODOLOGÍA.

1. Se sugiere que esta práctica se realice en la región agrícola en que se hace el viaje de estudios.
2. Los alumnos visitarán mercados fijos y sobre ruedas o tianguis; supermercados u otro tipo de expendio.
3. Cada equipo recabará la información correspondiente a los productos agropecuarios cultivados y de recolección, así como de instrumentos, equipo e insumos agrícolas.
4. Los datos que deberán recabarse son:
 - 4.1. Fecha en que se toman los datos.
 - 4.2. Lugar y tipo de establecimiento o expendio.
 - 4.3. Nombre del producto.
 - 4.4. Precio unitario (en pesos por: pieza, kilogramo, litro, manojo, gruesa u otro).
 - 4.5. Procedencia (lugar y región en que se produce)
 - 4.6. Fuente de abastecimiento del establecimiento o expendio visitado.
5. La información obtenida se concentrará en cuadros Anexos y se elaborarán gráficas y diagramas.
6. Cada equipo de trabajo entregará un reporte que contenga: explicación, análisis y conclusiones del trabajo realizado.

IV. BIBLIOGRAFÍA

- Bishop, C. E. Y W. D. Toussaint. 1977. Introducción al análisis de economía agrícola. 5a. reimpr. 1ª ed. Ed. LIMUSA. México, D. F.
- Escalante R. y D. Talavera. 1998. La política macroeconómica en el sector agrícola. En: Torres F. (comp.). El sector agropecuario mexicano, México, IIEC-UNAM, pp. 73-100.
- FAO. 2007. El estado de los mercados de productos básicos agrícolas 2006. Roma, Italia (en línea). Disponible en: www.fao.org/publications/soco/index_es.htm. (Consultado 15 de junio de 2011).
- García, M. R. 1983. La comercialización de productos agrícolas en México. Vol. 1. Centro de Economía. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 134 pp.
- García, M. R. 1984. La comercialización de productos agrícolas en México. Vol. 2. Centro de Economía. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 285 pp.
- García, M. R. *et. al.* 1990. Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas. Centro de Economía. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 438 pp.
- Mestiza, M. de J. y R. Escalante. 2003. Exportaciones hortofrutícolas mexicanas en el TLCAN: ¿Ventaja comparativa? Cuaderno de Desarrollo Rural 50(35-62).
- OMC. 2011. Statistics Database. (En línea). Disponible en: <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx?Language=E>. (Consultado el 15 de marzo de 2011).
- Romero, J. y Puyana, A. 2004. Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo agropecuario del TLCAN. (En línea). Disponible en: http://ctr.c.sice.oas.org/geograph/westernh/NAFTA_AGRI.pdf. (Consultado el 15 de marzo de 2010).
- Rosales, G. M. 1979. Los Intermediarios agrícolas y la economía campesina. Ed. SEP - INAH. 80. Colección Científica. Antropología Social. México, D. F.
- Samuelson, P. A. 1979. Curso de economía moderna. 6ª reimpr. 17ª ed. Ed. Aguilar, S. A. Madrid, España.
- Stamer, H. 1979. Teoría del mercado agrario. Características fundamentales y tendencias evolutivas del mercado. Ed. Academia. León, España. 254 p.
- Torres T., F. 1994. Los circuitos urbanos de la tortilla: El caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Ed. Cambio XXI. Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM. México, D.F. 282 p.
- Villarreal, C. R. 1971. La Comercialización de los productos agropecuarios. En: Bienestar campesino y desarrollo económico. Comp. Ifigenia M. de Navarrete. FCE. México. p. 310 – 324.

Cuadro 2. Concentración de datos de productos agrícolas

Producto perecedero	Nombre científico	Familia	Centro de origen	Precio unitario	Procedencia
Producto duradero	Nombre científico	Familia	Centro de origen	Precio unitario	Procedencia